

Р. Х. Мансуров¹, А. В. Тарасов^{2,3}

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ЗОЛОТОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ ЮЖНОЕ (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)

¹ Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ФГУП ЦНИГРИ), Российская Федерация, 117545, Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1

² ООО НПФ ВИРГ-Рудгеофизика, Российская Федерация, 197342, Санкт-Петербург, ул. Белоостровская, 17, корп. 2

В статье рассматриваются основные черты геологического строения рудопроявления Южное (Енисейский кряж), в пределах которого выявлена серия золотоносных минерализованных зон. Комплекс поисковых исследований осуществлялся согласно экспрессной методике поисков золоторудных месторождений в сложных горно-таежных ландшафтах. Впервые в регионе установлена золотоносность углеродсодержащих терригенно-карбонатных отложений свит аладынской и карточки среднего рифея на восточном склоне Енисейского кряжа. Библиогр. 24 назв. Ил. 9.

Ключевые слова: восточный склон Енисейского кряжа, рудопроявление Южное, свиты аладынская и карточки, золотоносные минерализованные зоны.

R. Kh. Mansurov¹, A. V. Tarasov^{2,3}

FEATURES OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE AND GOLD MINERALIZATION OF YUZHNOE ORE OUTCROPPINGS (THE YENISEI RIDGE)

¹ Russian Federal Subsoil Resources Management Agency, Central Research Institute of Geological Prospecting for non-ferrous and precious metals (FSUE TsNIGRI), 129, bld. 1, Varshavskoe shosse, Moscow, 117545, Russian Federation

² ООО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика», 17, bld. 2, Beloostrovskaya str., St. Petersburg, 197342, Russian Federation

The paper deals with the main features of the geological structure of the Yuzhnoe (The Yenisei ridge) gold ore outcroppings within a series of gold mineralized zones. The complex of prospecting is realized according to a set of bedrock gold-oriented techniques and methods for exploration in the mountainous taiga environments. For the first time in the region the gold mineralization of carbonate-terrigenous carbonaceous sediments of the *kartochki* and *aladyinskaya* series of the Middle Riphean is detected on the eastern slope of the Yenisei ridge. Refs 24. Figs 9.

Keywords: the eastern slope of the Yenisei ridge, the gold occurrence Yuzhnoe, *kartochki* and *aladyinskaya* series, gold mineralized zones.

Введение

Широко известно, что подавляющее большинство золоторудных месторождений на Енисейском кряже локализуется в достаточно узком литолого-стратиграфическом интервале, представленном углеродистыми карбонатно-терригенными ранне-среднерифейскими отложениями сухопитской серии: кординской (R_1kd), горбилоской (R_2gb), удерейской (R_2ud), частично погорюйской (R_2pg) свитами, а также раннепротерозойскими кристаллосланцами пенченгинской свиты (PR_1pn) [1]. Выделяются два главных геолого-промышленных типа: золото-сульфидно-кварцевый (минерализованные зоны с жильно-прожилковыми и прожилково-вкрапленными залежами — Олимпиадинское, Ведугинское, Благодатное и др.) и золото-(малосульфидно)-кварцевый (жилы и системы жил — месторождения

© Санкт-Петербургский государственный университет, 2017

Советское, Эльдорадо, Аяхтинское, Васильевское и др.) [2–4]. В структурном плане практически все золоторудные месторождения Енисейского кряжа приурочены к полосе ССЗ простираения шириной около 40 км между Татарским (с запада) и Ишимбинским (с востока) глубинными долгоживущими рудоконтролирующими разломами [5]. Причем месторождения золото-(малосульфидно)-кварцевого типа преимущественно «тяготеют» к зоне Ишимбинского разлома, а золото-сульфидно-кварцевого — к экзоконтактам крупных гранитоидных интрузий в зоне динамического влияния Татарского разлома [3].

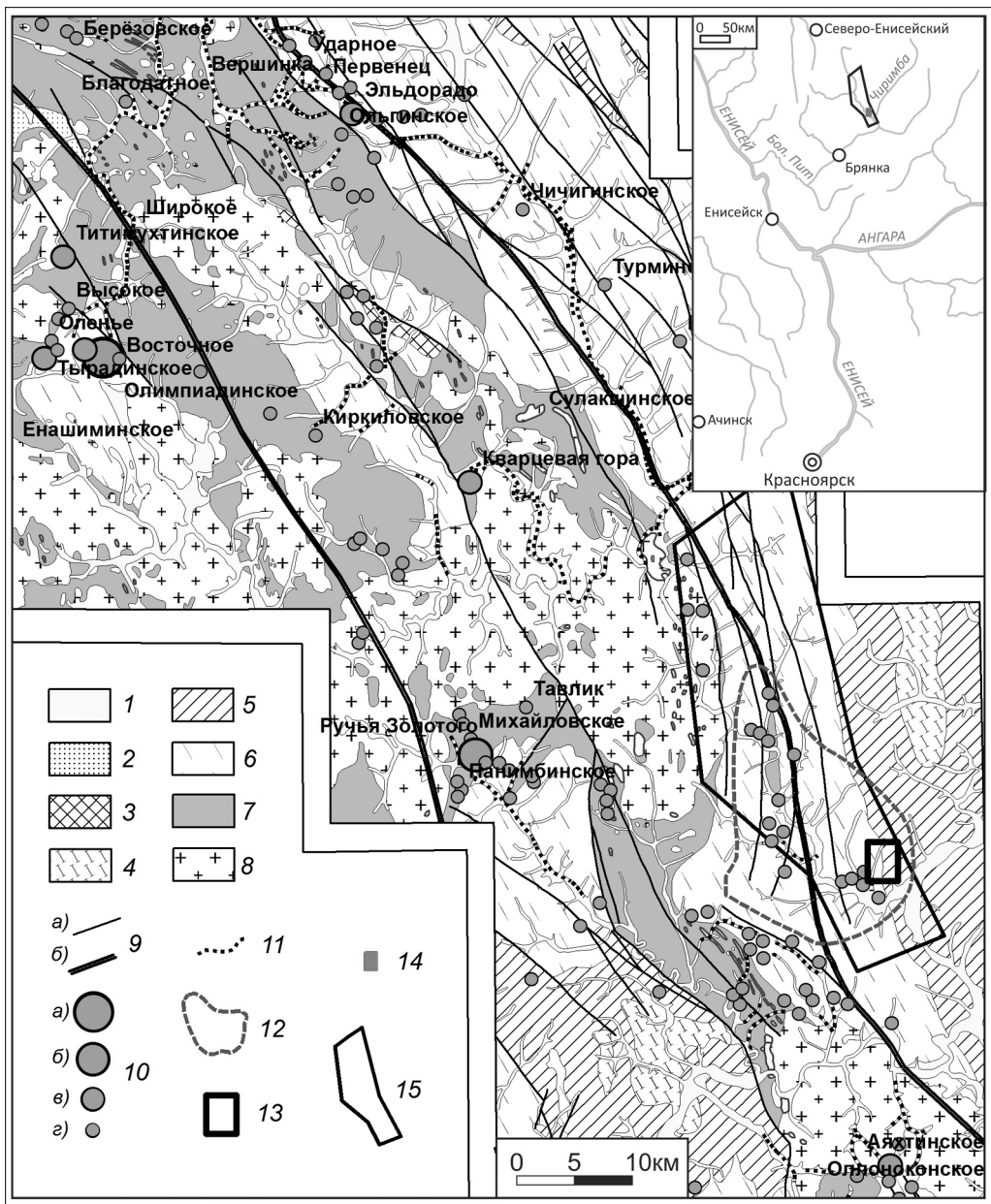
Однако результаты поисковых работ ФГУП ЦНИГРИ, проводимых в пределах Средне-Ишимбинской перспективной площади в 2013–2015 гг. в рамках госконтракта Роснедра «Поисковые работы на большеобъемное золотое оруденение, локализованное в углеродисто-терригенных комплексах в пределах Енисейской, Байкало-Патомской и Верхояно-Колымской золоторудных провинций», показали, что золотоносность Енисейского кряжа не ограничивается вышеназванным литолого-стратиграфическим уровнем [6]. Поисковые работы в пределах Средне-Ишимбинской площади, расположенной в 120 км юго-восточнее пгт. Северо-Енисейский на восточном склоне Енисейского кряжа, позволили выявить золоторудное проявление Южное, локализованное в среднерифейских терригенно-карбонатных отложениях свит аладьинской и карточки (R_{2al+kr}). Ранее данный стратиграфический уровень не рассматривался в качестве рудовмещающего. Следует отметить, что перспективы золотоносности восточного склона рассматриваемой структуры были также установлены работами В. А. Макарова, В. Г. Фисенко [7]. Однако результаты этих работ не привлекли должного внимания.

Восточный склон Енисейского кряжа представляет собой вытянутый на 700 км покровно-складчатый пояс ССЗ простираения в юго-западном обрамлении Сибирской платформы [8]. Особенностью этой части Енисейского кряжа является широкое развитие средне-верхнерифейских углеродсодержащих терригенно-карбонатных отложений.

Средне-Ишимбинская перспективная площадь (рис. 1) приурочена к восточному крылу Певунской горст-антиклинали первого порядка в осевой зоне Ишимбинского регионального разлома. В западной части площади в ядре горст-антиклинали выходят породы кристаллического дорифейского фундамента — пенченгинская свита (PR_1pn). Крылья антиклинали сложены породами сухопитской серии. Западное крыло горст-антиклинали является частью экзоконтакта крупного Нижне-Чиримбинского гранитоидного массива татарско-аяхтинского интрузивного комплекса верхнерифейского возраста. В восточном направлении происходит

Рис. 1. Схематизированная карта золотоносности центральной части Енисейской золоторудной провинции (с использованием данных ОАО «Красноярскгеолсъемка»):

1–7 — стратифицированные образования: 1 — четвертичные отложения; 2 — карбонатно-терригенный известковисто-доломито-алевритопесчаный пестроцветный комплекс (немчанская (Vnm), подъемская (Vpd), суворовская (Vsv), мошаковская (Vms), чистяковская (Vcv), алешинская (Val) свиты); 3 — карбонатно-терригенный известковисто-песчано-алеврито-сланцевый комплекс (чивидинская (R_3cv), карьерная (R_3krt), лопатинская (R_3lp) свиты); 4 — флишoidalный карбонатно-терригенный углеродсодержащий известковисто-песчано-сланцевый комплекс (сухохребтинская (R_3sh), горевская (R_3grv), морянихинская (R_3mr), дашкинская (R_3ds), нижнеангарская (R_3na), мокринская (R_3mk), рыбинская (R_3rb), бореминская (R_3br), удоронская (R_3ud) свиты); 5 — углеродсодержащий карбонатно-терригенный доломито-известковисто-филлито-песчано-сланцевый комплекс (шунтарская (R_3sn),



потоскуйская (R_{3pt}), аладьинская (R_{2al}), карточки (R_{2kr}) свиты); 6 — углеродсодержащий вулканогенно-карбонатно-терригенный туфогенно-известковисто-филлито-песчано-сланцевый комплекс (ударейская (R_{2ud}), горбилковская (R_{2gr}), кординская (R_{2kd}) свиты); 7 — карбонатно-терригенный кристаллосланцевый комплекс (пенченгинская свита (PR_{2pn})); 8 — интрузивные образования: плагиигранодиоритовый комплекс (татарско-аятинский гранодиорит-плагиигранитовый (R_{3ta}), тейский гнейсогранитовый (R_{3te})); 9 — разрывные нарушения: а) долгоживущие зоны разломов, б) оперяющие к ним разрывы; 10 — месторождения и проявления коренного золота: а) весьма крупные, б) крупные, в) средние, г) проявления; 11 — промышленные линейные россыпи золота (разведываемые, разрабатываемые, отработанные); 12 — контуры золоторудно-россыпных узлов; 13–14 — контур рудопоявления Южное: 13 — на карте, 14 — на врезке; 15 — контур Средне-Ишимбинской перспективной площади

наращивание рифейского разреза отложениями объединенных свит аладьинской и карточки (R_{2al+kr}), потоскуйской свиты (R_{3pt}), а далее к востоку высокоуглеродистой шунтарской свиты (R_{3sn}).

При этом, Средне-Ишимбинская площадь находится в переходной-градиентной зоне фаций регионального метаморфизма (от зеленосланцевой фации на восточном фланге до эпидот-амфиболитовой на западном фланге). Изограда биотита тяготеет к осевой зоне Ишимбинского разлома.

Перспективы Средне-Ишимбинской площади в основном связывались с Марокским рудным полем, которое было выявлено в приадрной части Певунской горст-антиклинали и оценено в ходе предшествующих работ силами ОАО «Красноярскгеолсъемка». Марокское рудное поле представлено линейными жильно-штокверковыми зонами золото-(малосульфидно)-кварцевого типа, типичными для восточной золотоносной полосы Енисейского кряжа. Первоначально предполагалось оценить северный фланг рудного поля вдоль осевой части горст-антиклинали и выявить аналогичные рудные объекты в сходной структурной позиции. Однако эти ожидания не подтвердились; но в ходе работ было выявлено золоторудное проявление нетрадиционного типа для восточной части Енисейского кряжа, а именно рудопроявление Южное.

Методика поисковых работ

Ввиду значительной площади работ и ограниченного объема горно-буровых работ поисковые исследования были проведены не по общепринятой методике [9], а с применением нетрадиционных приемов [10].

Следует отметить, что поисковые работы на рудное золото в рассматриваемом регионе затруднены значительной закрытостью склонов и водоразделов, развитием многолетнемерзлых моховых и гумусово-торфяных слоев значительной мощности. В таких условиях традиционные методы поисков оказываются недостаточно эффективными, поскольку информативный для оценки золотоносности надкоренной малосмещенный элювиально-делювиальный слой перекрыт дальнепринесенными отложениями. Стандартное литохимическое опробование по вторичным ореолам рассеяния (ВОР) подпочвенного горизонта зачастую не позволяет выявлять аномалии золота и сопутствующих элементов. В связи с отмеченным фактом при проведении поисковых работ на Средне-Ишимбинской перспективной площади применялась «Экспрессная методика поисков золоторудных месторождений в сложных горно-таежных ландшафтах», успешно использованная ФГУП ЦНИГРИ на золоторудных объектах Байкало-Патомской и Верхояно-Колымской золоторудных провинций, Лебединского золоторудного узла (Саха-Якутия) и др. [10]. Данная методика позволяет в достаточно короткие сроки, с использованием минимального объема горно-буровых работ оценить золотоносность и ресурсный потенциал поисковых участков в ранге рудных полей. Методика основана на комплексировании известных методов и способов изучения делювиально-элювиальных отложений в целях поисков месторождений рудных полезных ископаемых: обломочном (окопирование делювиальных свалов рудных тел), копушения, минералогическом (+ минералого-геохимическом), литохимическом [12]. Поисковые работы осуществлялись в несколько последовательных этапов.

На первом этапе поисковых работ перспективная площадь была изучена серией опорных геолого-геофизических профилей с целью выявления рудоконтролирующих зон складчато-разрывных деформаций (расланцевания). Длина профилей — до 12 км, расстояние между ними — 4–5 км. Исследования включали комплекс геологических (геолого-поисковые маршруты), геохимических (литохимическое опробование по ВОР подпочвенного горизонта на глубине 0,3–0,4 м, литохимическое по ВОР и сколковое (точечное) опробование нижнего надкоренного информативного слоя элювиально-делювиальных отложений в забое шурфов глубиной 1 м, пройденных с интервалом 800 м между шурфами) и геофизических (электро-, грави-, магниторазведка) методов поисков. На этом же этапе осуществлялись геохимические поиски по потокам рассеяния (ПР) масштаба 1:50 000 [11]. Кроме того, были проанализированы материалы ранее проведенных крупномасштабных (1:25 000) аэрогеофизических работ (магниторазведка и гаммаспектрометрия).

Применение охарактеризованных выше методов поисков позволило уже на раннем этапе исследований определить наиболее перспективные поисковые участки для геологоразведочных работ (ГРР) в пределах выявленных рудоконтролирующих зон расланцевания. Перспективные участки выделялись по первичным ореолам (ПО), ВОР, наличию прожилково-вкрапленной железо-магнезиальной карбонатизации и сульфидизации, кварцевой жильно-прожилковой минерализации в элювиально-делювиальных отложениях.

Анализ аэрогеофизических материалов и наземных съемок по линиям опорных профилей позволил существенно уточнить структурно-тектонический каркас площади работ.

В составе погорюйской свиты и объединенных свит аладьинской и свиты карточки были установлены отдельные магнитные, наиболее вероятно, пирротин-содержащие горизонты. Это позволяет использовать аэромагнитные данные для решения задач картирования, а именно прослеживания геологических границ и разрывных нарушений. Так, по сопоставлению структурного рисунка магнитного поля над этими горизонтами с рельефом можно установить относительно пологое (<50°) падение пород погорюйской и аладьинской свит в восточном направлении.

В результате анализа структурных особенностей магнитного поля в южной части Средне-Ишимбинской площади были выделены зоны поперечных разрывных нарушений северо-восточного простирания. Кроме того, по структурным особенностям магнитного поля выделены участки интенсивных гидротермально-метасоматических изменений, отвечающие областям резкого ослабления интенсивности линейных магнитных аномалий и полного градиента магнитного поля — участки разрушения («распада») структуры магнитного поля [6]. Предполагается, что участки «распада» структуры магнитного поля связаны с разрушением в результате гидротермально-метасоматического преобразования осадочно-метаморфогенного магнетита (кординская и горбилокская свиты) и пирротина (удерейская, аладьинская свиты и др.).

В поле силы тяжести (локальная составляющая при радиусе осреднения 4 км) на восточном фланге площади, на контакте свит аладьинской и карточки объединенных с вышележащей потоскуйской свитой установлен глубокий линейный минимум (до 1 мГал), который четко прослеживается от профиля к профилю и хорошо проявлен на карте изолиний локальной составляющей. Минимум обрамляет

синклиналь, ядро которой сложено относительно плотными породами шунтарской свиты. Отрицательная аномалия обусловлена наличием низкоплотных пород в кровле погоруйской свиты или в подошве аладынской свиты. Минимуму отвечают низкоплотные породы ($2.55\text{--}2.6\text{ г/см}^3$), представленные кварцевыми песчаниками, кварцитами, а также известковисто-глинистыми сланцами. Низкая плотность пород позволяет предполагать, что данный стратиграфический уровень обладает повышенной пористостью и соответственно повышенной проницаемостью.

Электроразведка методом вызванной поляризации позволила выделить участки наложенной сульфидизации. Аномалии поляризуемости над зонами сульфидизации имеют умеренную интенсивность (от 2 до 4%) и тяготеют к участкам расланцевания и дробления в зоне влияния Ишимбинского разлома.

Существенно карбонатного состава породы объединенных свит аладынской и карточки закономерно выделяются в поле естественной радиоактивности (МЭД — мощность экспозиционной дозы гамма-излучения) низкими значениями от 0.5 до 1.5 мкР/ч.

В целом анализ данных аэрогаммаспектрометрической съемки показал, что для Средне-Ишимбинской площади характерна повышенная пространственная изменчивость (энтропия) надфоновых компонент урана, тория и калия, что скорее всего связано с усложнением складчато-тектонической структуры в пределах Ишимбинского разлома.

На втором этапе поисковых работ в пределах перспективных поисковых участков осуществлялись площадные литохимические поиски по ВОР, проходка линий копушей глубиной 0.8–1 м, геолого-поисковые маршруты масштаба 1 : 10 000. Литохимические поиски по ВОР велись по нестандартной сети 200×20 м, глубина опробования — 0.3–0.4 м. Проходка линий копушей глубиной 0.8–1.0 м осуществлялась по нижним бортам склонов с интервалом 20–40 м с целью шлихового и литохимического по ВОР опробования нижнего надкоренного информативного слоя элювиально-делювиальных отложений. Кроме того, производилось сколковое опробование гидротермально-измененных пород с кварцевой жильно-прожилковой, железо-магнезиально-карбонатной и сульфидной вкрапленной минерализацией. Геолого-поисковые маршруты проводились с целью изучения гидротермально-метасоматических процессов, выяснения природы потенциально рудоконтролирующих и рудолокализирующих элементов космодешифрирования, выявления и прослеживания потенциально золотоносных минерализованных зон. Поиски второго этапа позволили выявить потенциально золотоносные минерализованные зоны в пределах нескольких участков [11].

На третьем этапе поисков с целью локализации золотоносных минерализованных зон выполнялась проходка линий шурфов до коренных пород с интервалом 10–20 м и бульдозерных расчисток глубиной 1 м. Осуществлялось шлиховое и литохимическое по ВОР опробование нижнего информативного слоя элювиально-делювиальных отложений в забое шурфов на глубине 1.0–1.4 м, а также бороздочное опробование коренных пород в полотно шурфов. По результатам опробования были выделены наиболее минерализованные участки с содержанием золота более 0.1 г/т в ПО и ВОР для вскрыши бульдозерными расчистками. Поиски этого этапа позволили локализовать серию золотоносных минерализованных зон в юго-восточной части перспективной площади — рудопроявление Южное.

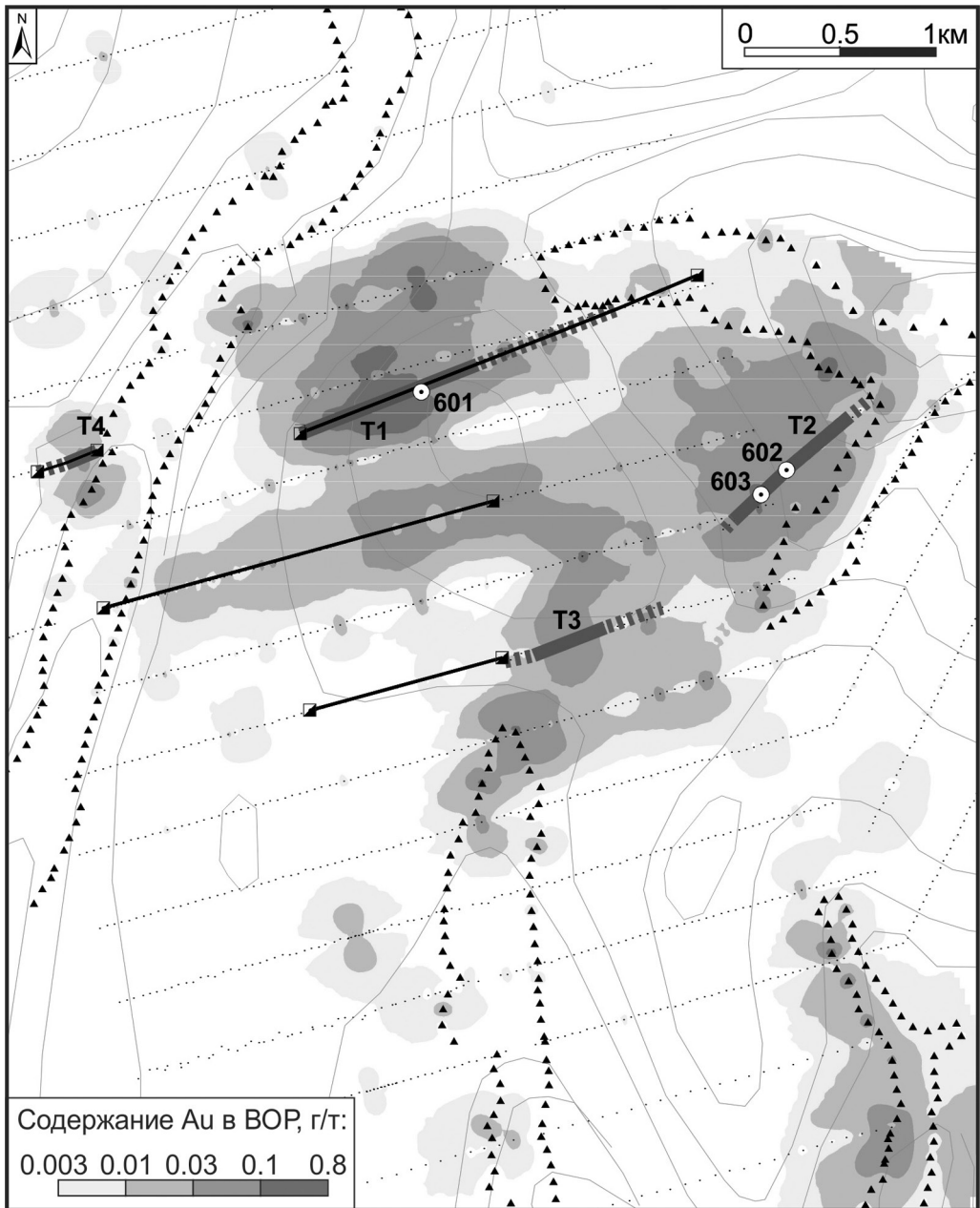


Рис. 2. Карта результатов литохимического опробования по вторичным ореолам рассеяния. Усл. об. см. рис. 3

Важным представляется тот факт, что результаты литохимического по ВОР опробования нижнего надкоренного информативного слоя элювиально-делювиальных отложений существенно отличаются от данных стандартного опробования на глубине 0.3–0.4 м, выявляя наиболее высокие аномальные концентрации золота в ВОР (рис. 2). Последние установлены именно по результатам литохимического

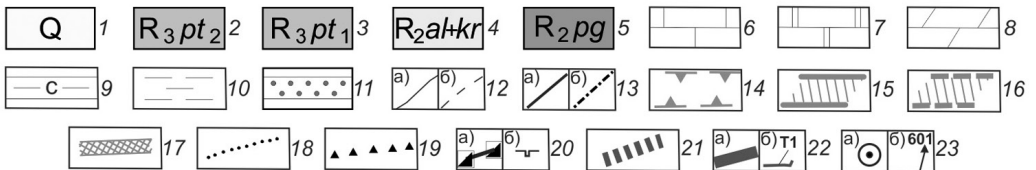
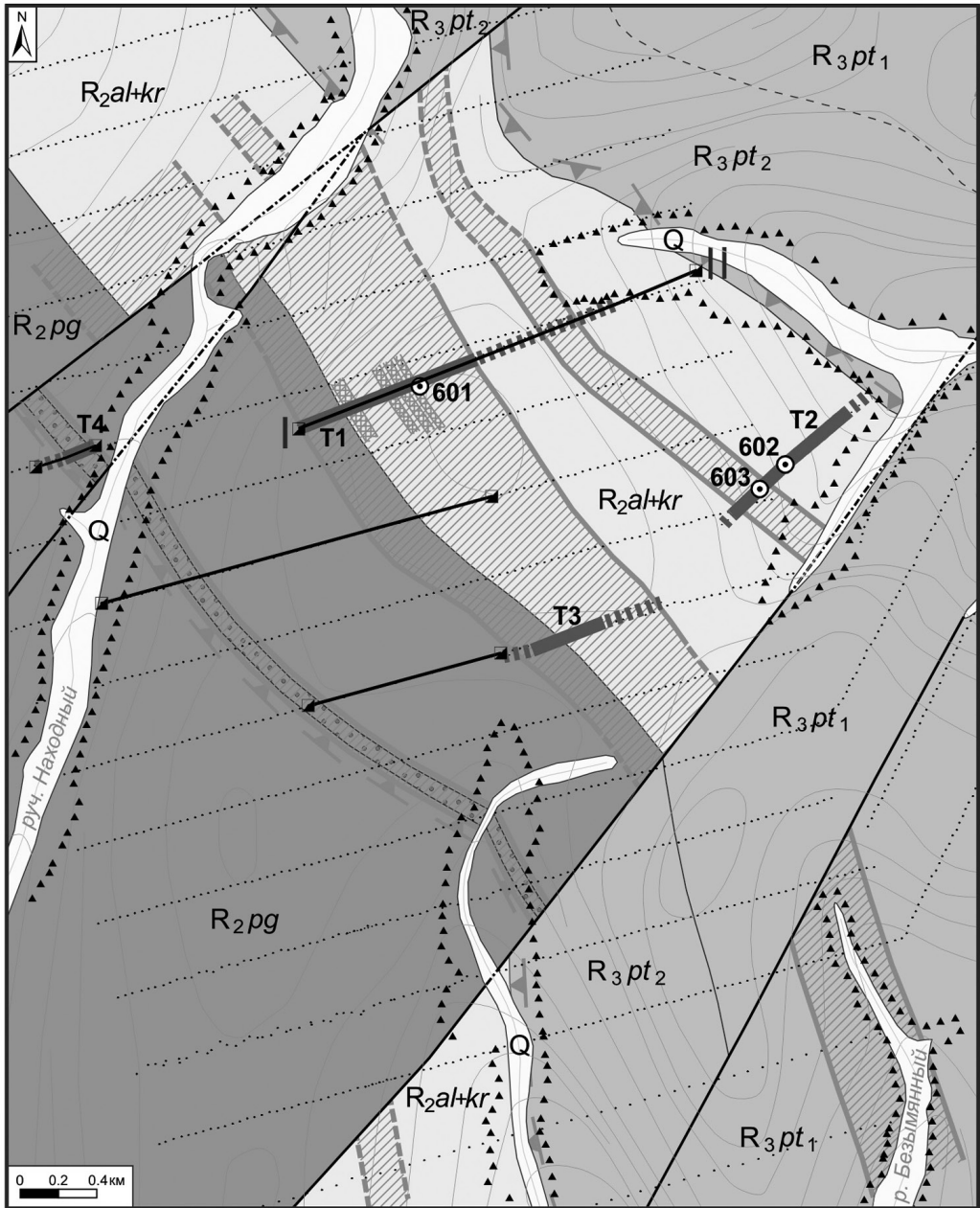
опробования по ВОР на контакте с коренными породами горных выработок. Аномалии золота в ВОР практически совпадают с повышенными содержаниями металла в ПО. Полученные данные показали, что методика литохимического опробования по ВОР нижнего информативного слоя элювиально-делювиальных отложений позволяет с высокой степенью точности определить положение золотоносных минерализованных зон и потенциально рудных зон в их пределах.

Четвертый, завершающий этап поисков — комплекс горно-буровых работ. Наиболее перспективные минерализованные участки в пределах золотоносных зон были вскрыты траншеями до коренных пород. По результатам бороздового опробования полотна траншей выявлены интервалы наиболее высоких содержаний золота (более 0.3 г/т в ПО). Последние были «подсечены» несколькими буровыми скважинами. В результате обнаружена серия потенциально рудных зон. Исследования предусматривали весьма незначительный объем бурения, в этой связи требуется постановка дополнительных поисковых работ с целью локализации промышленных золоторудных зон в пределах рудопроявления Южное.

В заключение к методической части следует отметить, что новым и наиболее эффективным направлением использованной методики является литохимическое по ВОР опробование нижнего информативного слоя элювиально-делювиальных отложений, которое дает возможность максимально точно локализовать золотоносные минерализованные зоны, непосредственно определить участки для последующих горно-буровых работ и, соответственно, минимизировать затраты на геологоразведочные работы.

Геологическое строение

Рудоконтролирующая зона складчато-разрывных деформаций (рассланцевания) рудопроявления Южное локализована в узле пересечения разрывных нарушений ССЗ направления, сонаправленного Ишимбинской системе разломов, секущими пострудными разрывами субширотной ВСВ ориентировки. Зона рассланцевания осложнена мелкой складчатостью высоких порядков, флексурными перегибами. Как уже отмечалось выше, на участке исследования рудопроявление приурочено к восточному крылу крупной антиклинальной складки и, в целом, представляет собой моноклираль ВСВ падения. Падение вмещающих пород, в среднем составляет 35–40°. В некоторых участках падение варьирует от 20 до 60°, что обусловлено осложнением складок высоких порядков (рис. 3). Вмещающие породы представлены (от древних к молодым): алеврито-глинистыми сланцами с прослоями кварцитовидных песчаников и кварцитов погорюйской свиты, известняками, мраморизованными известняками с прослоями углеродсодержащих известковисто-глинистых сланцев объединенных свит аладьинской и карточки сухопитской серии, и глинистыми сланцами потоскуйской свиты тунгусикской серии. Присутствие углеродистого вещества (УВ) установлено по данным микроскопических исследований в отложениях основной рудовмещающей толщи — терригенно-карбонатных отложениях нижней пачки объединенных карточки и аладьинской свит, а точнее в прослоях известковисто-глинистых сланцев кварц-кальцит-серицитового состава. Содержание УВ в породе незначительно и составляет не более 0.5%.



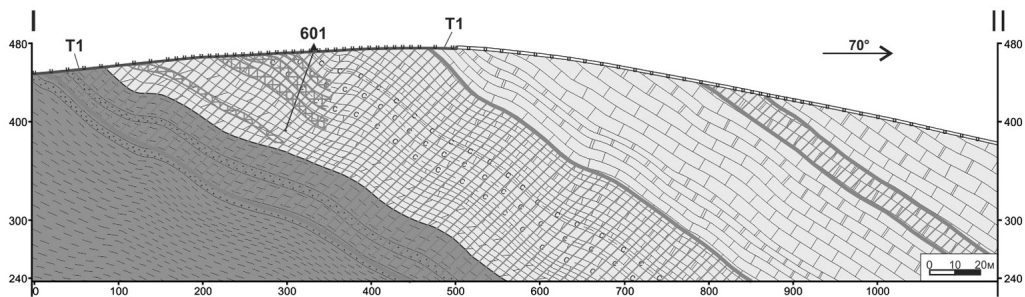


Рис. 3. Геологическая схема рудопрооявления Южное и геологический разрез по линии I–II:

1–5 — стратифицированные образования: 1 — четвертичные отложения; 2–3 — тунгусикская серия: потоскуйская свита: 2 — верхняя подсвита: сланцы глинистые хлоритоидные с прослоями известняков, 3 — нижняя подсвита: глинистые сланцы темно-серые с горизонтами светло-серых известняков; 4–5 — сухопитская серия: 4 — свиты карточки и аладинская объединенные: известняки, мраморизованные известняки, известковистые доломиты с прослоями углеродсодержащих известковисто-глинистых сланцев, 5 — погорюйская свита: алевроито-глинистые сланцы ритмично-слоистые, хлорит-серицитовые сланцы; 6–11 — литологические обозначения (на разрезе): 6 — известняки, 7 — мраморизованные известняки, 8 — известняки с прослоями доломитов, известковистые доломиты, 9 — прослои углеродсодержащих известковисто-глинистых сланцев, 10 — алевроито-глинистые сланцы ритмично-слоистые, 11 — прослои кварцитовидных песчаников и кварцитов; 12 — геологические границы: а) установленные, б) предполагаемые; 13 — разрывные нарушения: а) установленные, б) предполагаемые; 14 — рудоконтролирующая зона расланцевания (на плане); 15–16 — золотоносные минерализованные зоны: 15 — установленные, 16 — предполагаемые; 17 — потенциально рудные зоны; 18 — точки литохимического опробования по вторичным ореолам рассеяния; 19–23 — горные выработки: 19 — копуши глубиной 0,8–1,0 м, 20 — линии шурфов: а) на плане, б) на разрезе, 21 — бульдозерные расчистки глубиной 1 м, 22 — бульдозерные траншеи, пройденные до коренных пород: а) на плане, б) на разрезе, 23 — скважины колонкового бурения: а) на плане, б) на разрезе

Выявленные минерализованные зоны локализуются в приподнятом блоке, который ограничен с северо-запада и юго-востока двумя сходящимися взбросо-сдвигами северо-восточного направления. Амплитуда перемещения по разломам составляет более 100 м.

Площадь рудопрооявления является амагматичной. Однако ее расположение в 15 км восточнее зоны выходов на дневную поверхность гранитоидов татарско-аяхтинского интрузивного комплекса (Нижне-Чиримбинский массив) предполагает «влияние» в той или иной степени и пространственную связь гранитоидов с формированием золоторудной минерализации рудопрооявления.

Рудопрооявление Южное расположено в зоне развития низкотемпературных метаморфических образований — серицит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. Это может являться косвенным благоприятным фактором, свидетельствующим о проявлении регрессивной стадии метаморфизма — диафтореза хлорит-серицитового уровня. По данным ряда авторов, в процессе регрессивного диафтореза в пределах ранее образованных золотоносных зон происходит их обогащение [12–14].

Гидротермально-метасоматические преобразования широко проявляются в пределах всей рудоконтролирующей зоны расланцевания рудопрооявления Южное. Они представлены, главным образом, площадной (прожилково)-вкрапленной сульфидизацией (преимущественно, пиритизацией) и железо-магнезиальной кар-

бонатизацией (бурошпатизацией). Бурошпатизации подвержены все стратифицированные образования в пределах зоны расланцевания, в особенности, рудовмещающая терригенно-карбонатная толща свит аладьинской и карточки. Кроме того, интенсивно проявлена серицитизация, мусковитизация, а также неравномерное окварцевание.

Бурошпатизация является многостадийным процессом. Наиболее ранняя бурошпатизация обозначена площадными изменениями в виде тонкой неравномерной вкрапленности, а также тонких секущих и согласных прожилков (рис. 4). В пределах золотоносных минерализованных зон, как правило, отмечается увеличение содержания вкрапленности бурого шпата, прежде всего анкерита, во вмещающих породах, достигающего 50 об. %. Причем присутствует как вкрапленность тонкого бурого шпата (до 0.5 мм) (до 40–45 об. %), так и крупные округлые выделения размером более 1–2 мм (до 10–15 об. %), возможно, метаморфогенной природы. В зонах развития кварцевой жильно-прожилковой минерализации бурошпатизация также проявлена достаточно интенсивно, в виде самостоятельных тонких (≤ 0.5 мм) секущих и маломощных (≤ 1 мм) послойных прожилков, линзовидных включений, а также вкрапленности во вмещающих породах, и совместно с кварцевыми жильно-прожилковыми образованиями, в основном, слагая их зальбандовые части. В массе кварцевых жил часто отмечаются реликты кристаллов крупнокристаллического бурого шпата — сидерита.

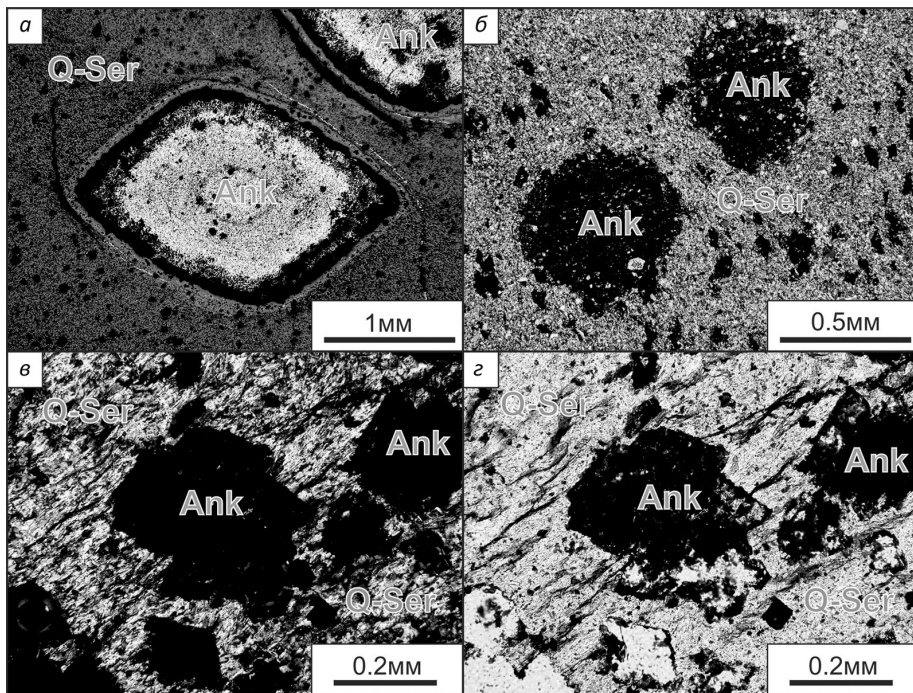


Рис. 4. Формы выделений бурого шпата:

а — порфиробласты окисленного бурого шпата (псевдоморфозы гетита по анкериту); *б* — выщелоченные порфиробласты бурого шпата в кварц-серицитовых сланцах; *в-г* — кварц-серицитовые сланцы с порфиробластами окисленного бурого шпата. Ank — анкерит, Q-Ser — кварц-серицитовый агрегат

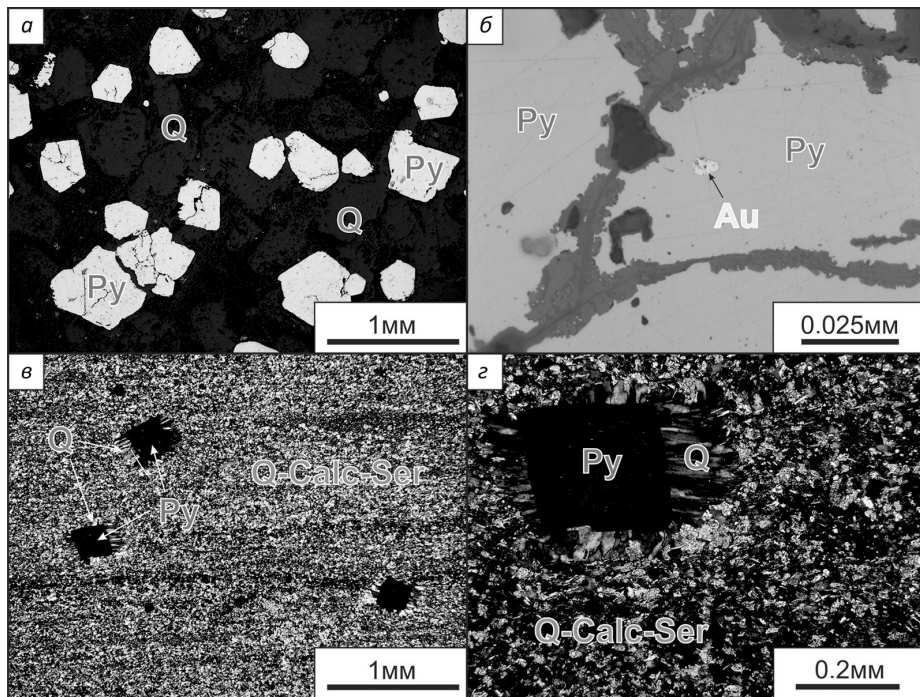


Рис. 5. Формы выделений вкрапленности пирита:
 а — формы выделений кристаллов пирита; б — субмикроскопическое выделение золота в кристалле пирита; в-г — кварц-кальцит-серицитовые сланцы с кристаллами пирита с «венчиками» кварца стельчатой структуры. Py — пирит, Q — кварц, Au — золото, Q-Ser-Cal — кварц-серицит-кальцитовый агрегат

Околорудные окварцевание и кварцево-жильно-прожилковые образования проявлены весьма неравномерно. Окварцевание с разной степенью интенсивности развито преимущественно вдоль кварцевых жил и прожилков на расстояние до первых метров, реже до первых десятков метров. Установлены четыре основные генерации кварцевой жильно-прожилковой минерализации: 1) преимущественно мощные (от 2–3 мм до 5–10 см) прожилки и жилы секущего (45–50°) светлого, в основном, молочно-белого кварца; 2) тонкие, до нитевидных разнонаправленные, часто взаимопересекающиеся прожилки (в основном, менее 2 мм) светло-серого, серого, полупрозрачного кварца, часто с бурым шпатом, секущего как вмещающие породы, так и кварцевые жилы и прожилки первой генерации; 3) редкие прожилки хрусталевидного кварца мощностью 1–5 мм; 4) наиболее поздние прожилки кварц-кальцитового состава мощностью до 1–2 см. Жилы и прожилки первой генерации наиболее интенсивно проявлены в терригенной толще погоруйской свиты, а точнее — в горизонтах кварцитовидных песчаников и кварцитов. Жильно-прожилковые образования второй, третьей и четвертой генераций распространены в основном в минерализованных зонах. Продуктивными, по-видимому, являются вторая и третья генерации.

Сульфидизация — один из наиболее интенсивно проявленных процессов в пределах зоны расланцевания. Сульфидная минерализация развита в основном в виде разноразмерной вкрапленности пирита преимущественно во вмещающих

породах (рис. 5). Выделяются две основных разновидности (стадии образования) вкрапленного пирита: 1) крупные, размером более 2–3 мм (достигают 1.5–2 см) кристаллы кубического пирита, вероятно, диагенетической природы; 2) тонкая наложенная неравномерная вкрапленность пирита размером от <0.5 мм до 1 мм кубической и осложненных форм (кубоктаэдры, октаэдры, пентагондодекаэдры). Тонкая вкрапленность в основном отмечается в кварцево-жильно-прожилковом пространстве, прослеживается на расстояние обычно до 3–5 см от жил и прожилков. По данным микроскопических исследований, вкрапленность пирита содержит тонкодисперсное золото, которое обнаруживается в пирите всех кристаллических форм продуктивной наложенной стадии.

Процессы серицитизации интенсивно развиты в пределах всей зоны расщелачивания, в основном в ассоциации с зонами кварц-буропатовых жильно-прожилковых образований, формируя ореолы по их периферии.

Средне-крупнокристаллические образования мусковита распространены преимущественно в зальбандовых частях кварц-буропатовых жил.

Минералого-геохимические особенности

По результатам площадного опробования установлено, что наиболее контрастные ореолы золота локализованы в центральной и восточной частях рудопроявления (см. рис. 2). Ореолы золота образуют практически сплошное аномальное геохимическое поле (АГХП) размером около 1.5×2.2 км, в пределах которого локализуется область максимально высоких (0.1–0.8 г/т) содержаний золота, шириной до 300 м. АГХП золота сопровождается ореолами марганца, при этом поля максимально высоких его содержаний (0.5–2%) практически совпадают с полями высокоаномальных содержаний золота. По периферии АГХП золота установлены аномальные поля серебра и цинка. По данным ICP-MS, аномальное поле золота сопровождается повышенными содержаниями в ВОР As, W, Sb, Cu, Co и др. (рис. 6).

В шлиховых ореолах рудопроявление фиксируется достаточно четко и образует широкий (более 1 км) ореол со средними содержаниями около 8–10 знаков золота на шлиховую пробу. В пределах этого ореола выделяется несколько ореолов наиболее высоких концентраций золота, пространственно отвечающих положению золотоносных минерализованных — от 10 до 19 знаков золота на шлиховую пробу. Достаточно низкие концентрации золота объясняются тонкодисперсной, до пылевидной, размерностью золотин, которые, по всей вероятности, в основной массе «уходят» при промывке шлиховых проб. Отмечено, что шлиховое золото появляется в шлиховых пробах, обогащенных окисленным пиритом. Причем кристаллические формы пирита разнообразны: пентагондодекаэдры, кубооктаэдры, а также кристаллы кубической формы [11].

Основная часть самородного золота, встреченного в шлиховых пробах, не превышает 0.15 мм и соответствует мелкому и среднему классам. На крупное (более 0.5 мм) приходится не более 10% всего выявленного самородного золота. Отмечается неокатанный и малоокатанный вид знаков золота. Кристаллы и сростки достаточно хорошо сохраняют грани, интерстициальные и цементационные формы сохраняют угловатость выделений. Самородное золото представлено несколькими

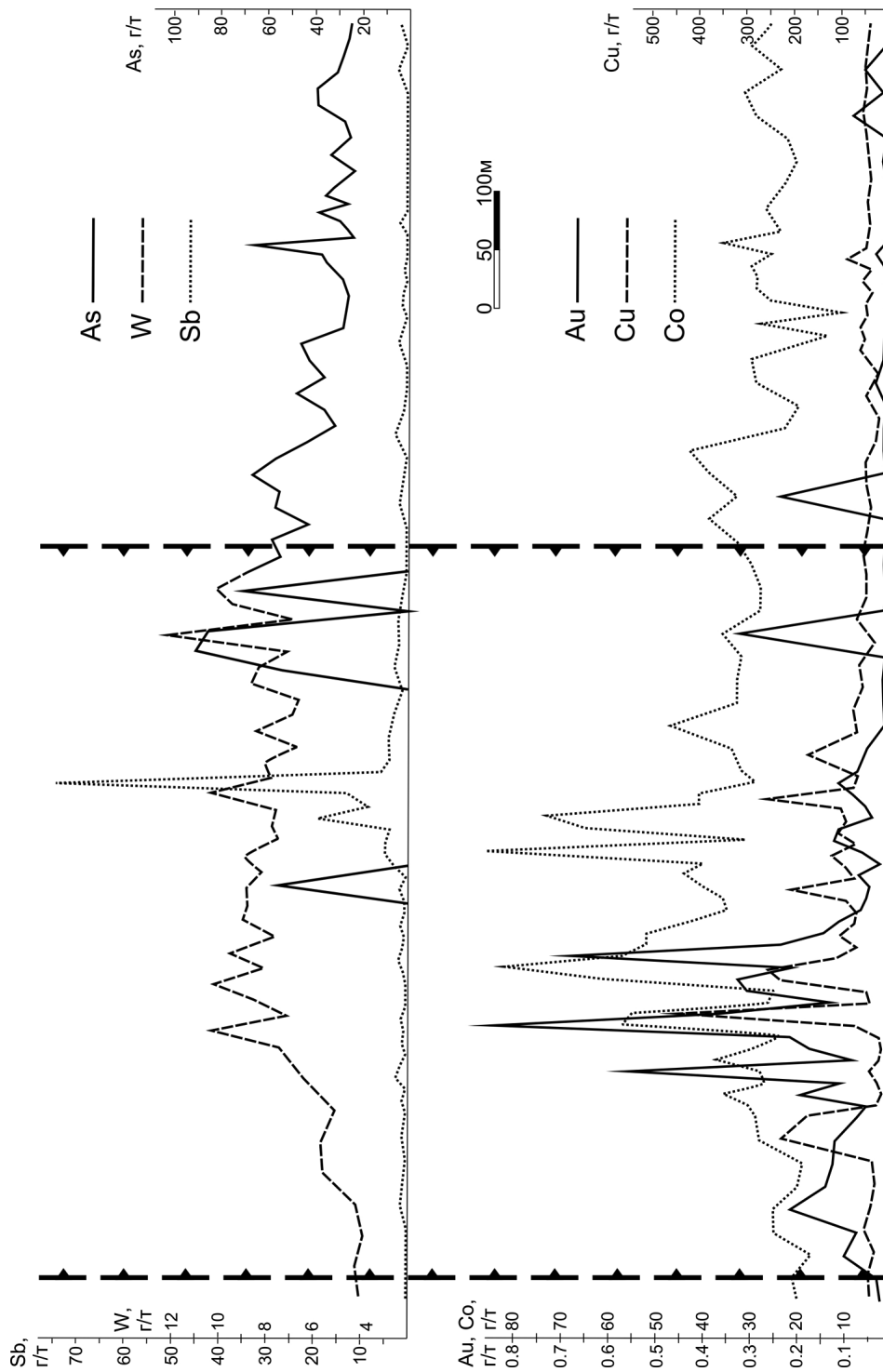


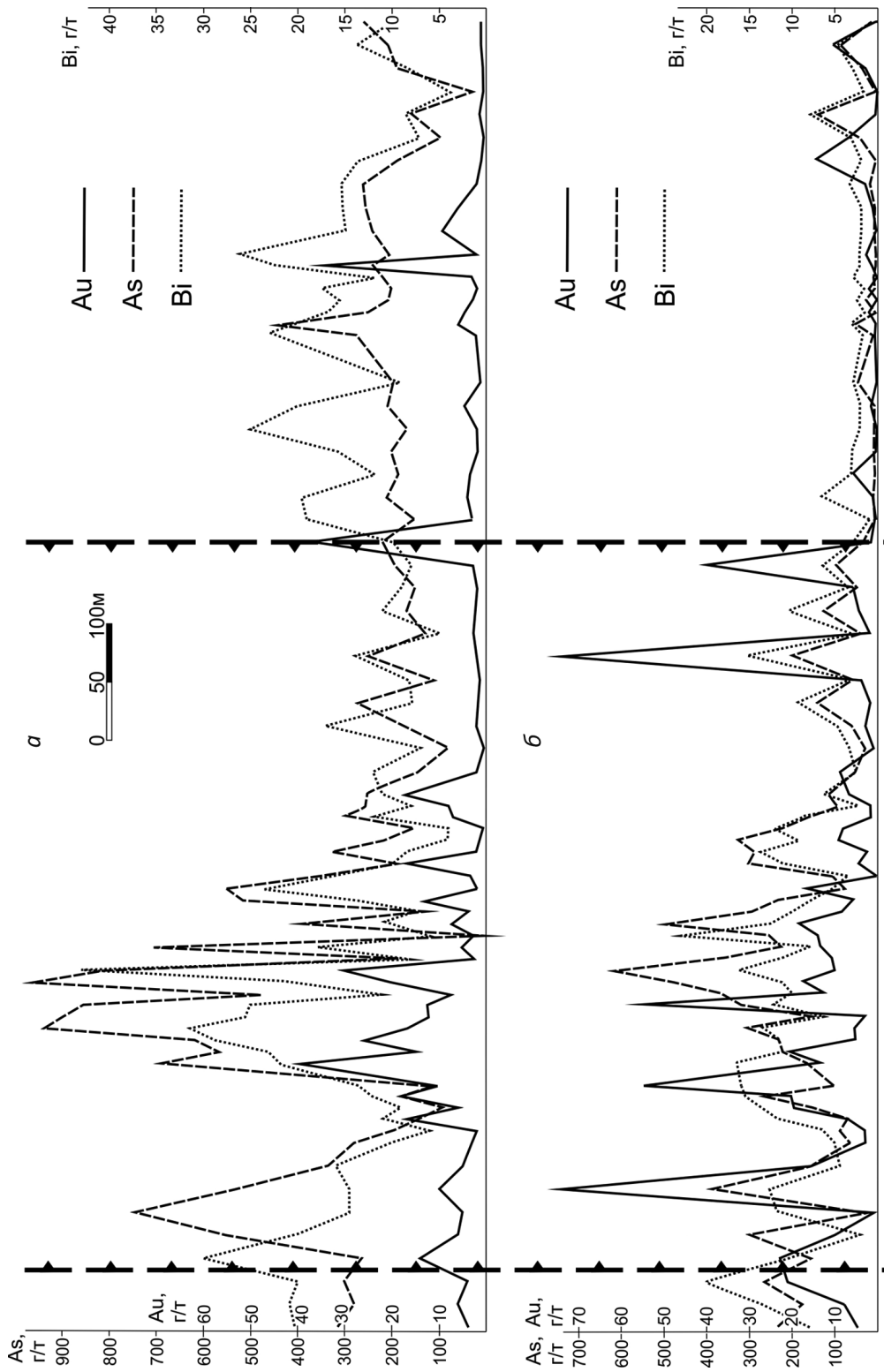
Рис. 6. Графики распределения золота и сопутствующих элементов во вторичных ореолах рассеяния Бергштрихами показано положение золотоносной минерализованной зоны

морфологическими формами: 1) цементационное золото — наиболее распространенная форма, встречается в сростках с хрусталивидным кварцем, железо-магнезильным карбонатом; 2) интерстициальное золото — редко встречающаяся форма; 3) трещинное золото — распространенная форма, встречающаяся в зонах окварцевания с большим количеством прожилков молочно-белого кварца. Встречаются монокристаллы золота, а также сростки кристаллов или цепочечные формы.

Кристаллы пирита представлены различными кристаллографическими формами, среди которых наиболее распространены кубические кристаллы (до 90 об. %). Осложненные формы пирита также весьма распространены, часто составляют до 20 % объема шлиховых проб. Среди осложненных форм преобладают кубоктаэдры; октаэдрические формы пирита достаточно редки и составляют первые проценты. Пентагондодекаэдрические формы пирита — распространенная форма выделения, но составляет не более 5 % навески, однако в отдельных пробах в пределах минерализованных зон может достигать 30 %. Особенностью этой формы пирита является уплощенный габитус кристаллов. Часто отмечается наличие в пробах значительного количества пентагондодекаэдрических кристаллов пирита и знаков самородного золота характерное для центральных частей ореолов максимальной вкрапленности пиритизации.

Специализированное шлихогеохимическое исследование шлиховых проб, при котором наиболее детально изучались электромагнитная и тяжелая немагнитная фракции, показало, что среднее содержание золота в них практически не различается, в то время как, по данным ICP-MS, концентрации As, Sb, Bi, W, Cu, Ni, Co, Pb, Zn, Mo в электромагнитной фракции в 1.6–2.7 раза выше (рис. 7). Следует отметить, что повышенные концентрации As свидетельствуют о высокой мышьяковистости пирита при отсутствии арсенопирита и других сульфидных минералов. Корреляционным анализом в обеих фракциях установлена практически идентичная структура связей с золотоносной Au—As—Bi и сопутствующей ей Cu—Ni—Co—Mn ассоциациями. Установлены также значимые положительные корреляционные связи в рядах Na—K, Ca—Mn—Sr [15].

По результатам изотопно-геохимических исследований золотоносных образований рудопроявления Южное, выполненных в лаборатории ФГУП ЦНИГРИ, установлено, что сера, входящая в состав пирита, аномально обогащена тяжелым изотопом ($\delta^{34}\text{S} = +16.0\dots+19.0\text{‰}$). По этому признаку рудная минерализация отличается от известных золоторудных объектов Енисейского кряжа. Так, золото-сульфидно-кварцевые объекты Аяхтинского рудного узла (Аяхтинское, Кондюякское месторождения) характеризуются значениями серы сульфидов $\delta^{34}\text{S} = +5.5\dots+6.5\text{‰}$. Месторождения золото-мышьяковисто-сульфидной (Олимпиадинское) и золото-сурьмяно-кварцевой (Удережской) формаций также отличаются низкими значениями ($\delta^{34}\text{S} = +3.5\dots+7.5\text{‰}$) [2, 3]. Обогащение тяжелым изотопом ($\delta^{34}\text{S} = +11.0\dots+17.0\text{‰}$) характерно для Советского, Ведугинского месторождений [16]. Зоны послынной сульфидной вкрапленности золото-сульфидного Ведугинского месторождения могут служить в качестве аналога для золотоносных минерализованных зон рассматриваемого рудопроявления. Кроме того, сходными геологическими элементами являются локализация в карбонатно-терригенных отложениях сухопитской серии, приуроченность к серицит-хлоритовой субфации зеленосланцевой фации регионального метаморфизма [5].



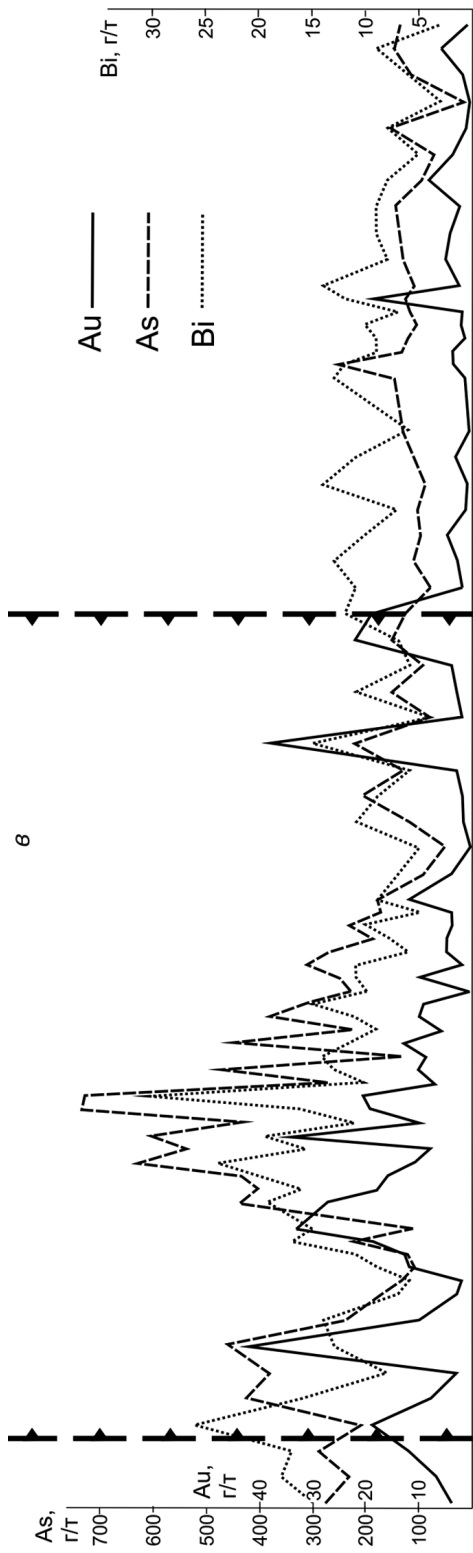


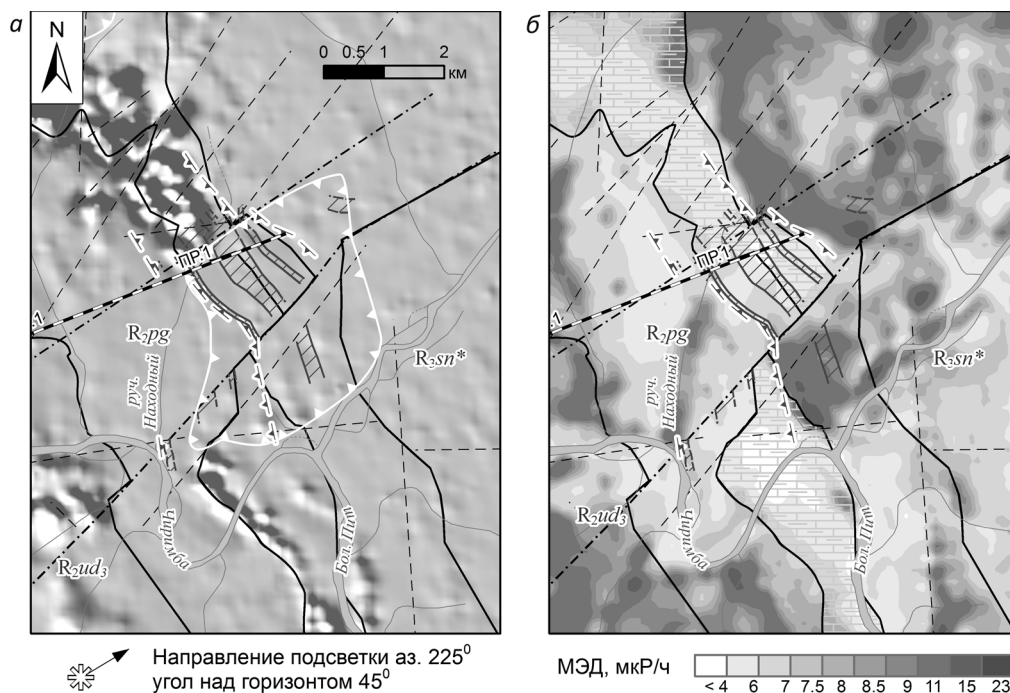
Рис. 7. Графики распределения золота и сопутствующих элементов в электромагнитной (а) и тяжелой немагнитной (б) фракциях шлиховых проб, и их усредненных значений (в)
 Берштрихами показано положение золотоносной минерализованной зоны

Примечательно, что обогащение серы сульфидов тяжелым изотопом находит связь исследуемого объекта и с месторождениями «карлинского» типа ($\delta^{34}\text{S} = \text{до } +18\text{‰}$) [17–21].

В качестве предполагаемых причин, обусловивших высокие значения $\delta^{34}\text{S}$ на рудопоявлении Южное, могут выступать удаленность объекта от гранитных интрузий и/или локализация золотой минерализации в верхней части разреза сухопитской серии (свиты погорюйская, аладьинская и карточки). Предполагаемые модели магматогенно-метаморфогенного рудообразования допускают вероятность взаимодействия расплавов и флюидов с терригенными породами и, как следствие, — повышение $\delta^{34}\text{S}$ золотоносных растворов [22]. С другой стороны, высокое содержание тяжелого изотопа серы сульфидов в целом характерно для кремнисто-карбонатных формаций. В этой связи наиболее возможным представляется локальное перераспределение серы (а также и золота) в пределах продуктивной толщи терригенно-карбонатных пород с линзами кварцитов. Для последних можно допустить вероятность гидротермально-осадочного генезиса.

Отражение в геофизических полях

В аномальном магнитном поле рудное поле рудопоявления Южное выделяется участком «выпадения» магнитных маркирующих горизонтов в составе погорюйской и аладьинской свит в результате разрушения осадочно-метаморфогенного пирротина и его преобразования в пирит. Область «размытия» структурного рисунка магнитного поля почти точно оконтуривает рудное поле (рис. 8, а) [6].



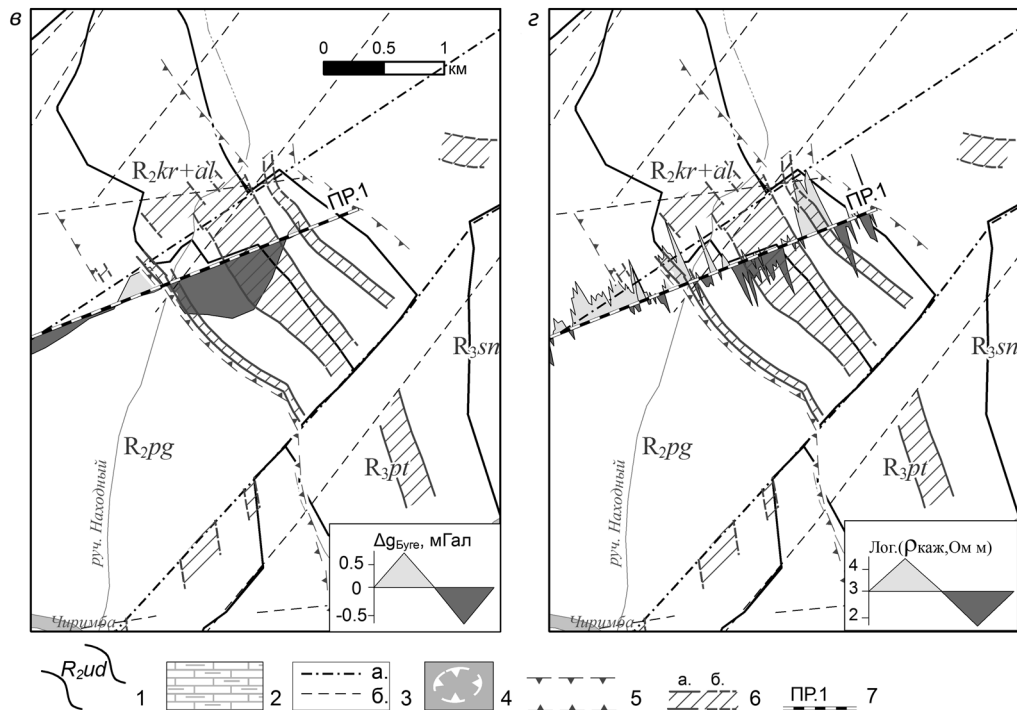


Рис. 8. Отражение рудопоявления Южное в геофизических полях: а — теневой микрорельеф аномального магнитного поля; б — естественная радиоактивность (МЭД); в — график $\Delta g_{\text{лок}}$ по опорному профилю № 1; з — график кажущегося удельного сопротивления по опорному профилю № 1.

1 — границы свит и подсвит (R_{2ud_3} — верхнеудерейская подсвита удерейской свиты, R_{2pg} — погорюйская свита, R_{2al+kr} — объединенные свиты аладьинская и карточки, R_{3pt} — потоскуйская свита, R_{3sn}^* — шунтарская свита); 2 — выходы свит аладьинской и карточки объединенных (R_{2al+kr}); 3 — разрывные нарушения: а. взбросо-сдвиги, б. секущие разрывы; 4 — область разрушения структурного рисунка магнитного поля; 5 — предполагаемая рудоконтролирующая зона расланцевания; 6 — золотоносные минерализованные зоны: а — установленные, б — предполагаемые; 7 — линия опорного профиля № 1

Центральная минерализованная зона отмечается низкой радиоактивностью (<2 мкР/ч) за счет существенно карбонатного состава вмещающих пород, а также в результате наложенной железо-магнезиальной карбонатизации. При обработке материалов аэрогаммаспектрометрической съемки было установлено, что центральная минерализованная зона тяготеет к краю области, слабо обогащенной калием и ураном (рис. 8, б). Слабое повышение урана и калия, вероятно обусловлено наложенной серицитизацией пород в результате предрудного метасоматоза.

По результатам профильных наблюдений установлено, что минерализованные зоны тяготеют к гравитационному минимуму над выходами кварцитовидных песчаников и кварцитов в составе аладьинской свиты (рис. 8, в). Последние также отчетливо выделяются аномалиями высокого кажущегося сопротивления. Однако Центральная, наиболее перспективная минерализованная зона, выделяется участком пониженного сопротивления за счет локализации зоны в слабо углеродистых известковисто-глинистых сланцах (рис. 8, з). Несмотря на обогащенность минерализованных зон пиритом, они не выделяются аномалиями поляризуемости.

Напротив, над центральной минерализованной зоной наблюдается понижение поляризуемости. Причинами этого являются повышенная мощность коры выветривания (до 100 м) над минерализованными зонами и повышенная степень окисленности сульфидов.

Строение золотоносных минерализованных зон

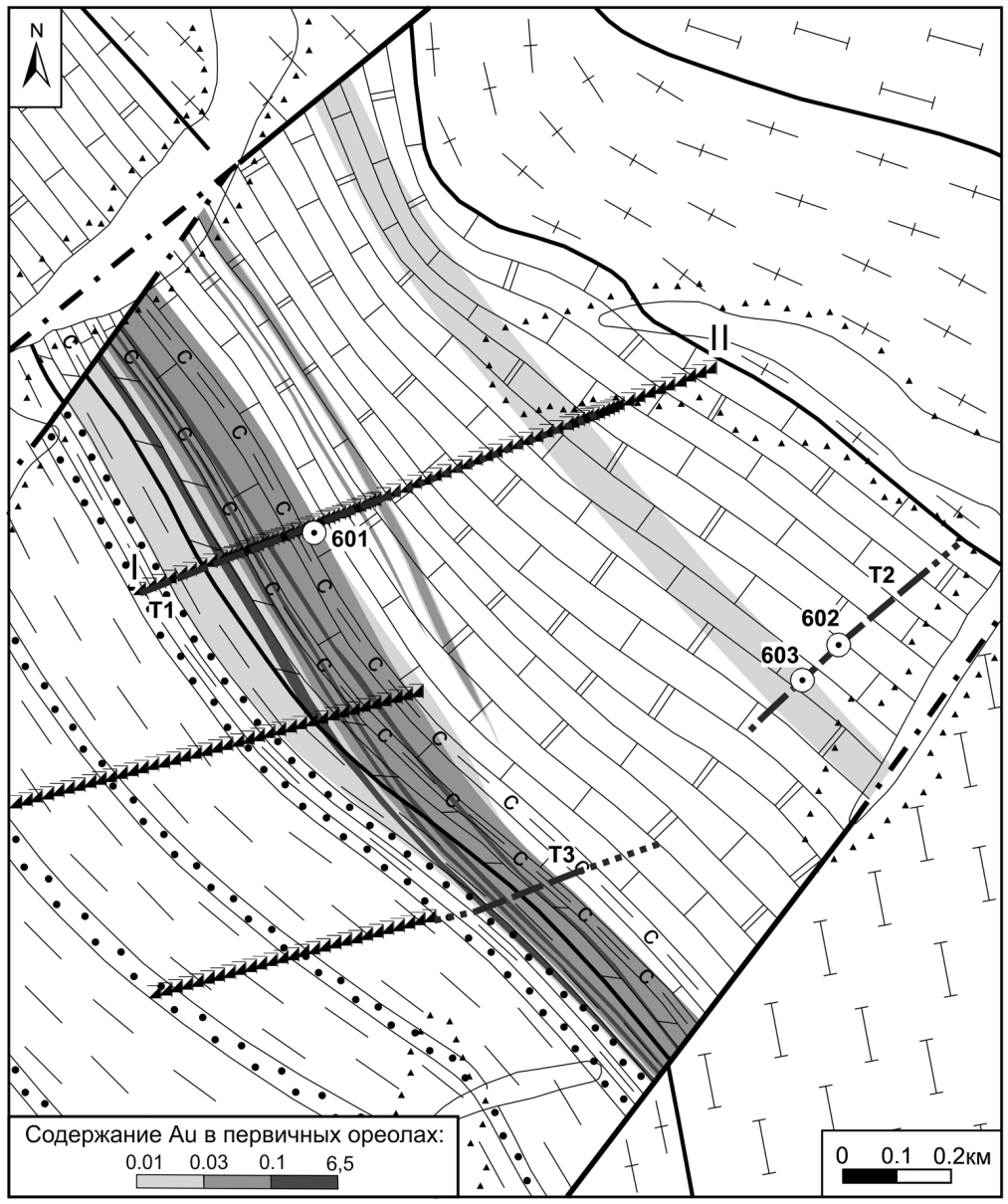
Концентрации золота и сопутствующих элементов в ПО определялись бороздовым опробованием полотна бульдозерных траншей до коренных пород и керновым опробованием скважин колонкового бурения. В результате установлено несколько ПО золота в центральной и восточной частях рудопоявления. Наиболее представительный ПО с концентрациями более 0.01 г/т выявлен в центральной части рудопоявления (см. рис. 2). В пределах последнего по данным бороздового и кернавого опробования установлены маломощные (до первых десятков метров) ореолы с наиболее высокими концентрациями золота (более 0.1 г/т).

Золотоносные минерализованные зоны рудопоявления Южное сложены в разной степени окварцованными, интенсивно железо-магнезиально-карбонатизированными, сульфидизированными, серицитизированными породами. Зоны локализованы в нижней пачке свит аладьинской и карточки объединенных, представленной известняками с прослоями мраморизованных известняков, известковистых доломитов и углеродсодержащих известковисто-глинистых сланцев. В пределах золотоносных зон отмечается увеличение концентрации тонкой пиритовой вкрапленности до 5–7 об.%. Причем, вкрапленность пирита приурочена как к зонам развития кварцевых тонких прожилков, слагая их экзоконтактные части в виде ореолов, так и вне связи с ними.

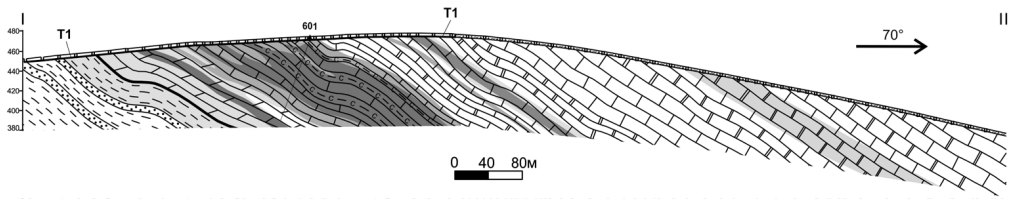
Наиболее перспективной для выявления промышленного золотого оруденения является зона Центральная, вскрытая траншеей Т1 и пересеченная скважиной 601 (рис. 9). Минерализованная зона имеет субогласную слоистости ориентировку. Ее мощность составляет около 280 м в центральной части рудопоявления, прослеженная протяженность превышает 800 м. Протяженность по падению составляет более 150 м. Морфологически зона представляет собой линейно-изометричную штокверкоподобную залежь. Зона не имеет четких границ и выделена по данным бороздового опробования (пробирно-атомно-абсорбционный анализ).

Рис. 9. Геологический план центральной части рудопоявления Южное с результатами бороздового опробования горных выработок и разрез по линии I–II:

1–2 — четвертичные отложения: 1 — на плане, 2 — на разрезе; 3–10 — стратифицированные образования: 3–4 — потоскуйская свита (R_3pt): 3 — верхняя подсвита (R_3pt_2): глинистые хлоритоидные сланцы с прослоями доломитов, известняков, 4 — нижняя подсвита (R_3pt_1): глинистые сланцы с прослоями известняков; 5–8 — свиты аладьинская и карточки объединенные (R_2al+kr): 5 — известняки, 6 — мраморизованные известняки, 7 — известняки с прослоями доломитов, известковистые доломиты, 8 — прослои углеродсодержащих известковисто-глинистых сланцев; 9–10 — погорюйская свита (R_2pg): 9 — алевритово-глинистые сланцы, 10 — прослои кварцитовидных песчаников и кварцитов; 11 — геологические границы свит; 12–13 — разрывные нарушения: 12 — установленные, 13 — предполагаемые; 14–20 — горные выработки: 14 — копуши глубиной 0.8–1.0 м, 15 — шурфы до коренных пород: а) на разрезе, б) на плане; 16 — бульдозерные расчистки глубиной 1 м, 17–18 — бульдозерные траншеи до коренных пород и их номера: 17 — на разрезе, 18 — на плане; 19–20 — скважины колонкового бурения и их номера: 19 — на разрезе, 20 — на плане



- Содержание Au в первичных ореолах:
0.01 0.03 0.1 6.5
- | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | а) б) | 15 | 16 | Т1 | 17 | 18 |
| 19 | 20 | | | | | | | | |



В пределах зоны Центральной установлены интервалы наиболее высоких содержаний золота (более 0.3 г/т), выявляемые по данным бороздового опробования — потенциально рудные зоны, отвечающие участкам увеличения концентрации кварц-железо-магнезиально-карбонатных прожилков и сульфидной вкрапленности. Содержание золота в отдельных пробах достигает 6.5 г/т. Мощность потенциально рудных зон достигает 30 м, протяженность более 300 м.

Заключение

В пределах рудопоявления Южное выявлены и локализованы золотоносные минерализованные зоны, которые предварительно следует относить к золото-(кварц)-сульфидному (прожилково)-вкрапленному типу штокверкоподобных минерализованных зон, где осевые части сложены жильно-прожилковыми зонами золото-кварцевого типа.

По результатам геофизических исследований можно сделать заключение, что наиболее информативным геофизическим признаком наложенных гидротермально-метасоматических изменений является «размытие» структурного рисунка магнитного поля. Кроме того, обращает на себя внимание пониженная плотность рудовмещающих пород, что может свидетельствовать об их высокой проницаемости для рудонесущих флюидов. При этом, рудопоявление Южное локализуется на участке пресечения поперечной системы разрывных нарушений северо-восточного направления с высокопроницаемой толщей. По сочетанию вышеперечисленных признаков можно провести прогнозирование аналогичных рудопоявлений в зоне влияния Ишимбинского разлома.

Важным научно-практическим значением выполненных исследований является факт выявления связи некоторых геологических элементов рудопоявления Южное с золоторудными месторождениями «карлинского» типа. К последним, по данным ряда исследователей, следует относить объекты, характеризующиеся известково-глинистым составом разреза рудовмещающих толщ, стратифицированным характером минерализованных зон и рудных тел, прожилково-вкрапленным и рассеянным оруденением, сульфидным составом руд с тонкодисперсными (микронными) выделениями золота в сульфидах, низким средним содержанием золота в рудах, обогащением серы сульфидов тяжелым изотопом, высокой мышьяковистостью сульфидов (пирита), низкой степенью углеродистости рудовмещающих толщ [17–22]. Многие исследователи золоторудных объектов типа «карлин» отмечают строгий стратиграфический контроль и приуроченность золоторудной минерализации к слабо углеродистым толщам глинисто-известковисто-карбонатного состава [17, 22], т. е. то, что мы наблюдаем на рудопоявлении Южное. Кроме того, слабоконтрастные ореолы последнего с достаточно низкими содержаниями знаков золота в шлиховых пробах сопоставимы с месторождениями типа «карлин», на которых размер частиц золота не позволяет фиксировать его при шлиховой съемке [22]. Полных аналогов месторождений этого типа в России не выявлено, лишь серия рудопоявлений на западном склоне Северного Урала (Пашийская перспективная площадь), а также ряд золоторудных месторождений на Северо-Востоке (Кючус, Тас-Юрях) обладают некоторыми сходными чертами с объектами типа «карлин» [23, 24].

Следует констатировать, что восточная часть Енисейского кряжа недостаточно изучена и требует проведения комплексных поисковых работ, в особенности с учетом полученных в ходе исследований данных и материалов предшествующих работ, свидетельствующих о наличии прямых признаков золотоносности территории [5, 7, 8, 11]. К последним относятся коренные и россыпные проявления золота (р. Чиримба, руч. Мароко, Яхота, Находный и др.), шлиховые, первичные ореолы и вторичные ореолы рассеяния, потоки рассеяния золота. Потенциально рудные зоны, выявленные в пределах минерализованной зоны Центральная рудопроявления Южное, рекомендуются для дальнейшего изучения для выявления промышленных золоторудных тел.

Литература

1. Сазонов А. М., Ананьев А. А., Полева Т. В., Хохлов А. Н., Власов В. С., Звягина Е. А., Федорова А. В., Тишин П. А., Леонтьев С. И. Золоторудная металлогения Енисейского кряжа: геолого-структурная позиция, структурные типы рудных полей // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2010. № 3. С. 371–395.
2. Ли Л. В. Олимпиадинское золоторудное месторождение вкрапленных золото-сульфидных руд. Красноярск, КНИИГиМС, 2003. 119 с.
3. Сердюк С. С., Коморовский Ю. Е., Зверев А. И., Оябрь В. К., Власов В. С., Бабушкин В. Е., Кириленко В. А., Землянский С. А. Модели месторождений золота Енисейской Сибири / под ред. С. С. Сердюка. Красноярск, 2010. 584 с.
4. Совмен В. К., Страгис Ю. М., Плеханов А. А., Бирик С. М., Кровякова Л. П., Савушкина С. И., Лохмаков В. А., Звездин И. Г., Логачев В. С. Геологическое строение золоторудных месторождений и опыт геологического обслуживания сырьевой базы Компании «Полюс» в Красноярском крае. Красноярск, 2009. 208 с.
5. Мкртычян А. К., Берзон Е. И., Зуев В. К., Стороженко А. А., Васильев Н. Ф., Секретарев М. Н., Лишианов А. П., Варганов А. С., Москалев В. А., Кононенко Н. Б., Динер А. Э. Прогнозно-поисковые модели основных формационных типов золоторудных месторождений Енисейского кряжа // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Центральной Сибири: материалы юбилейной научно-практической конференции. Красноярск: ОАО «Красноярскгеолсъемка», 2010. С. 46–62.
6. Мансуров Р. Х., Зеликсон Б. С., Тарасов А. В. Рудоконтролирующие зоны складчато-разрывных деформаций в средне-верхнерифейских карбонатно-терригенных комплексах Енисейской золоторудной провинции // Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений цветных и благородных металлов, алмазов — состояние и перспективы: сборник тезисов докладов научно-практической конференции. М.: ЦНИГРИ, 2016. С. 98–99.
7. Фисенко В. Г., Макаров В. А. Геохимические критерии и термодинамические условия локализации золоторудной минерализации Северо-Восточного склона Енисейского кряжа // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 930.
8. Фисенко В. Г. Предпосылки и признаки золоторудной минерализации северо-восточного склона Енисейского кряжа и перспективы промышленной золотоносности: автореф. дис. ... канд. геол.-минералог. наук. Красноярск, 2016. 18 с.
9. Каждан А. Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Производство геологоразведочных работ. М.: Недра, 1985, 288 с.
10. Иванов А. И. Экспрессный метод поисков золоторудных месторождений в сложных горно-таежных ландшафтах // Руды и металлы. 2014. № 1. С. 36–42.
11. Мансуров Р. Х., Зеликсон Б. С., Курмаев А. В. Применение экспрессной методики поисков золоторудных месторождений в горно-таежных ландшафтах на примере поисковых работ на больше-объемное золотое оруденение в пределах Средне-Ишимбинской площади // Руды и металлы. 2015. № 4. С. 39–50.
12. Иванов А. И. Золото Байкало-Патома (геология, оруденение, перспективы). М.: ФГУП ЦНИГРИ, 2014.
13. Иванов А. И. Опыт прогнозирования, поисков и оценки новых золоторудных месторождений в Бодайбинском районе // Отечественная геология. 2008. № 6. С. 11–16.

14. Буряк В. А. *Метаморфизм и рудообразование*. М.: Недра, 1982. 256 с.
15. Мансуров Р.Х., Зеликсон Б.С. Методические аспекты применения шлихогеохимического метода при поисках золота в условиях Енисейского кряжа // *Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений цветных и благородных металлов, алмазов — состояние и перспективы: сборник тезисов докладов научно-практической конференции*. М.: ЦНИГРИ, 2016. С. 40–41.
16. Сазонов А. М., Романовский А. Э., Шведов Г. И., Леонтьев С. И., Звягина Е. А. Ведугинское золото-сульфидное месторождение (Енисейский кряж) // *Руды и металлы*. 1994. № 2. С. 86–97.
17. Федорчук В. П. О генезисе золоторудных месторождений карлинского типа // *Руды и металлы*. 2000. № 1. С. 76–78.
18. Константинов М. М. Золоторудные месторождения типа карлин и критерии их выявления // *Руды и металлы*. 2000. № 1. С. 70–76.
19. Radtke A. S., Rye R. O., Dickson F. W. Geology and stable isotope studies of the Carlin gold deposit, Nevada // *Economic Geology*. 1980. Vol. 75, N 5. P. 641–672.
20. Cline J. S. Carlin-type gold deposits in Nevada: Critical geological characteristics and viable models // *Economic geology*. 2005. Vol. 100. P. 451–484.
21. Stenger D. P., Kesler S. E., Peltonen D. R., Tapper C. J. Deposition of gold in Carlin-type deposits: The role of sulfidation and decarbonation at Twin Creeks, Nevada // *Economic geology*. 1998. Vol. 93, N 2. P. 201–215.
22. Кряжев С. Г., Гриненко В. А. Изотопный состав серы золоторудных месторождений основных типов // XIX симпозиум по геохимии изотопов им. Академика Виноградова. Тезисы докладов. ГЕОХИ РАН. М.: Акварель, 2010. С. 191–193.
23. Константинов М. М. *Провинции благородных металлов*. М.: Недра, 1991. 170 с.
24. Найбородин В. И., Мерзляков В. М., Сидоров А. А. К возможности обнаружения на Северо-Востоке СССР золоторудных месторождений нового генетического типа // *Кольма*. 1972. № 7. С. 37.
- Для цитирования:** Мансуров Р.Х., Тарасов А. В. Особенности геологического строения и золотой минерализации рудопоявления Южное (Енисейский кряж) // *Вестник СПбГУ. Науки о Земле*. 2017. Т. 62. Вып. 1. С. 63–88. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2017.105.

References

- Sazonov A.M., Ananyev A.A., Poleva T.V., Khokhlov A.N., Vlasov V.S., Zvyagina E.A., Fedorova A.V., Tishin P.A., Leontyev S.I. Zolotorudnaia metallogeniia Eniseiskogo kriazha: geologo-strukturnaia pozitsiia, strukturnye tipy rudnykh polei [Gold-ore metallogeny of the Yenisey ridge: geological-structural position, structural types of ore fields]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii* [Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies], 2010, vol. 4, no. 3, pp. 371–395. (In Russian)
- Li L.V. *Olimpiadninskoe zolotorudnoe mestorozhdenie vkraplennykh zoloto-sul'fidnykh rud* [Olimpiadninskoe gold deposit of disseminated gold-sulfide ores]. Krasnoyarsk, KNIIGiMS Publ., 2003. 119 p. (In Russian)
- Serdiuk S.S., Komorovsky Yu.E., Zverev A.I., Oyaber V.K., Vlasov V.S., Babushkin V.E., Kirilenko V.A., Zemlyansky S.A. *Modeli mestorozhdenii zolota Eniseiskoi Sibiri* [Gold deposits' models of Yeniseian Siberia]. Ed. by S.S. Serdyuk. Krasnoyarsk, 2010. 584 p. (In Russian)
- Sovmen V.K., Stragis Yu.M., Plekhanov A.A., Bibik S.M., Krovyakova L.P., Savushkina S.I., Lokhmakov V.A., Zvezdin I.G., Logachev V.S. *Geologicheskoe stroenie zolotorudnykh mestorozhdenii i opyt geologicheskogo obsluzhivaniia syr'voi bazy Kompanii "Polius" v Krasnoyarskom krae* [Geological structure of gold deposits and experience of geological servicing of Polyus Company raw materials base in the Krasnoyarsk region]. Krasnoyarsk, 2009. 208 p. (In Russian)
- Mkrtchyan A.K., Berzon E.I., Zuev V.K., Storojenko A.A., Vasilyev N.F., Sekretarev M.N., Lipishanov A.P., Varganov A.S., Moskalev V.A., Kononenko N.B., Diner A.E. [Forecast-search model of the main formation types of gold deposits of the Yenisei ridge]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Tsentral'noi Sibiri*. Materialy iubileinoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Geology and mineral resources of Central Siberia. Proceedings on the jubilee scientific conference]. Krasnoyarsk, 2010, pp. 46–62. (In Russian)
- Mansurov R.Kh., Zelikson B.S., Tarasov A.V. [Ore-controlling zones of fold-discontinuous deformations in carbonate-terrigenous sediments of the Upper-Middle Riphean within the Yenisei gold province]. *Nauchno-metodicheskie osnovy prognoza, poiskov i otsenki mestorozhdenii tsvetnykh i blagorodnykh metallov,almazov — sostoianie i perspektivy*. Sbornik tezisev dokladov nauchno-prakticheskoi konferentsii

[Science and methodology bases of forecasting, prospecting and evaluation of deposits of non-ferrous and precious metals, diamonds — the state and prospects. Abstracts of the scientific-practical conference]. Moscow, TsNIGRI Publ., 2016. pp.98–99. (In Russian)

7. Fisenko V.G., Makarov V.A. Geokhimicheskie kriterii i termodinamicheskie usloviia lokalitsii zolotorudnoi mineralizatsii Severo-Vostochnogo sklona Eniseiskogo kriazha [Geochemical prerequisites and thermodynamic conditions for gold mineralization localization of the northeastern slope of the Yenisei ridge]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniia* [Actual problems of science and education], 2013, no. 6, p.930. (In Russian)

8. Fisenko V.G. *Predposylki i priznaki zolotorudnoi mineralizatsii severo-vostochnogo sklona Eniseiskogo kriazha i perspektivy promyshlennoi zolotonosnosti*. Avtoref. diss. kand. geol.-mineralog. nauk [Background and features of gold mineralization of the north-eastern slope of the Yenisei ridge and prospects of industrial gold content. Thesis of PhD diss.]. Krasnoyarsk, 2016. 18 p. (In Russian)

9. Kazhdan A.B. *Poiski i razvedka mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh. Proizvodstvo geologorazvedochnykh rabot* [Prospecting and exploration of mineral deposits. Geological survey]. Moscow, Nedra Publ., 1985. 288 p. (In Russian)

10. Ivanov A.I. Ekspressnyi metod poiskov zolotorudnykh mestorozhdenii v slozhnykh gorno-taizhnykh landshaftakh [A set of bedrock gold-oriented techniques and methods for exploration in the mountainous taiga environments]. *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2014, no. 1, pp.36–42. (In Russian)

11. Mansurov R.Kh., Zelikson B.S., Kurmaev A.V. Primenenie ekspressnoi metodiki poiskov zolotorudnykh mestorozhdenii v gorno-taizhnykh landshaftakh na primere poiskovykh rabot na bolsheob’emnoe zolotoe orudnenie v predelakh Sredne-Ishimbinskoj ploshchadi [Express method of prospecting of gold deposits in difficult mountain-taiga landscapes on the example of prospecting of lode gold mineralization within the Sredne-Ishimbinskaya area]. *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2015, no. 4, pp.39–50. (In Russian)

12. Ivanov A.I. *Zoloto Baikalo-Patoma (geologiya, orudnenie, perspektivy)* [The gold of the Baikal-Pathom (geology, ore mineralization, prospects)]. Moscow, TsNIGRI Publ., 2014. 215 p. (In Russian)

13. Ivanov A.I. Opyt prognozirovaniia, poiskov i otsenki novykh zolotorudnykh mestorozhdenii v Bodaibinskom raione [Experience of forecasting, prospecting and evaluating of new gold ore deposits in the Bodaibo region]. *Otechestvennaia geologiya* [National Geology], 2008, no. 6, pp.11–16. (In Russian)

14. Buryak V.A. *Metamorfizm i rudoobrazovanie* [Metamorphism and ore genesis]. Moscow, Nedra Publ., 1982. 256 p. (In Russian)

15. Mansurov R.Kh., Zelikson B.S. [Methodical aspects of application of schlich and geochemical methods in prospecting of gold mineralization in the Yenisei ridge conditions]. *Nauchno-metodicheskie osnovy prognoza, poiskov i otsenki mestorozhdenii tsvetnykh i blagorodnykh metallov, almazov — sostoianie i perspektivy*. Sbornik tezisov dokladov nauchno-prakticheskoi konferentsii [Science and methodology bases of forecasting, prospecting and evaluation of deposits of non-ferrous and noble metals, diamonds — the state and prospects. Abstracts of the scientific-practical conference]. Moscow, TsNIGRI Publ., 2016, pp.40–41. (In Russian)

16. Sazonov A. M., Romanovsky A. E., Shvedov G. I., Leontyev S. I., Zvyagina E. A. Veduginskoe zoloto-sulfidnoe mestorozhdenie (Eniseiskii kriazh) [Veduginskoe gold-sulphide deposit (The Yenisei ridge)]. *Rudy i metally* [Ores and Metals], 1994, no. 2, pp.86–97. (In Russian)

17. Fedorchuk V.P. O genezise zolotorudnykh mestorozhdenii karlinskogo tipa [About genesis of carlin-type gold deposits]. *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2000, no. 1, pp.76–78. (In Russian)

18. Konstantinov M.M. Zolotorudnye mestorozhdeniia tipa karlin i kriterii ikh vyiavleniia [Gold ore deposits of carlin-type and the criteria for their detecting]. *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2000, no. 1, pp.70–76. (In Russian)

19. Radtke A.S., Rye R.O., Dickson F.W. Geology and stable isotope studies of the Carlin gold deposit, Nevada. *Economic Geology*, 1980, vol. 75, pp.641–672.

20. Cline J.S. Carlin-type gold deposits in Nevada: Critical geological characteristics and viable models. *Economic geology*, 2005, vol.100, pp.451–484.

21. Stenger D.P., Kesler S.E., Peltonen D.R., Tapper C.J. Deposition of gold in Carlin-type deposits: The role of sulfidation and decarbonation at Twin Creeks, Nevada. *Economic geology*, 1998, vol.93, no.2, pp.201–215.

22. Kryazhev S.G., Grinenko V.A. [The isotopic composition of sulfur in gold ore deposits of the main types]. *XIX simpozium po geokhimii izotopov im. Akademika Vinogradova. Tezisy dokladov. GEOKHI RAN* [Academician Vinogradov’s XIX symposium of geochemistry of isotopes. Abstracts]. Moscow, GEOKHI RAN Publ., 2010, pp.191–193. (In Russian)

23. Konstantinov M. M. *Provintsiy blagorodnykh metallov* [Provinces of noble metals]. Moscow, Nedra, 1991. 170 p. (In Russian)

24. Nayborodin V. I., Merzlyakov V. M., Sidorov A. A. K vozmozhnosti obnaruzheniia na Severo-Vostoke SSSR zolotorudnykh mestorozhdenii novogo geneticheskogo tipa [To the detection of a new genetic type of gold deposits in the North-East of the USSR]. *Kolyma* [Kolyma area], 1972, no. 7, p. 37. (In Russian)

For citation: Mansurov R. Kh., Tarasov A. V. Features of the geological structure and gold mineralization of the ore occurrence Yuzhnoe (the Yenisei Ridge). *Vestnik SPbSU. Earth Sciences*, 2017, vol. 62, issue 1, pp. 63–88. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2017.105.

Статья поступила в редакцию 1 ноября 2016 г.

Статья рекомендована в печать 1 марта 2017 г.

Контактная информация

Мансуров Ринат Халитович — кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник; rinman81@bk.ru

Тарасов Андрей Вячеславович — кандидат геолого-минералогических наук, генеральный директор, доцент; avtarasov@mail.ru, a.v.tarasov@spbu.ru

Mansurov Rinat Khalitovich — PhD, Senior research scientist; rinman81@bk.ru

Tarasov Andrey Vyacheslavovich — PhD, CEO, Associated professor; avtarasov@mail.ru, a.v.tarasov@spbu.ru