

Новый тип золотого оруденения в породах фундамента Алдано-Становой золотоносной провинции

A new type of gold mineralization in the basement of the Aldan-Stanovoi gold-bearing province

Соколов Е. П., Бабкина Т. Г.,
Макогонов И. В., Линник И. А., Халгаев Е. У.,
Шматкова Л. Е., Анисимова Г. С.,
Кондратьева Л. А., Кардашевская В. Н.

Sokolov E. P., Babkina T. G.,
Makogonov I. V., Linnik I. A., Khalgaev E. U.,
Shmatkova L. E., Anisimova G. S.,
Kondrat'eva L. A., Kardashevskaya V. N.

Выявлен новый тип золотого оруденения в породах фундамента Алдано-Становой золотоносной провинции, в пределах Спокойнинского рудного узла Тыркандинского золотоносного района Южной Якутии. Разработана геологическая модель объекта золотого оруденения объёмного, нелинейного типа, связанного с элементами пликативных структур и взбросо-надвиговой тектоники во вмещающих метаморфических породах фундамента, представленной комбинацией залежеобразных тел с прожилково-вкрапленным сульфидно-(пирит)-кварцевым типом оруденения. Уточнён комплекс поисковых критериев и признаков, характеризующий данный тип оруденения, рудоносные залежи с золотокварцевой и золото-кварц-малосульфидной прожилково-вкрапленной минерализацией в породах фундамента и позднейско-раннемеловых магматических образованиях. Определена геолого-структурная позиция, морфологический тип, вещественный состав рудовмещающих пород и руд, основные параметрические характеристики. Выявлены интервалы с содержанием золота, отвечающие оценочным параметрам. Оценены прогнозные ресурсы кат. P₂.

Ключевые слова: поиски, золото, поисковые маршруты, канавы, бороздовое, штупное, литохимическое опробование, аномальное геохимическое поле, залежь, золотокварцевая, золото-кварц-малосульфидная минерализация, кварцевая жила, березиты, березитизация, ресурсы, рудопоявление, Спокойное рудное поле, Майское рудное поле, Спокойнинский рудный узел, Тыркандинский золотоносный район, Алданский район, Республика Саха (Якутия).

A new type of gold mineralization has been revealed in rocks of the basement of the Aldan-Stanovoi gold-bearing province, within the Spokoininsky ore cluster of the Tyrkandinsky gold-bearing region of southern Yakutia. A geological model has been created of an object with a bulk-minable nonlinear type gold mineralization related to elements of plicative structures and to the reverse fault type tectonics in the hosting metamorphic rocks of the basement. The modeled object is represented by a combination of lodes with veinlet-disseminated sulfide-(pyrite)-quartz mineralization. A complex has been refined of prospecting guides and criteria, that characterizes this mineralization type represented by the ore-bearing lodes with gold-quartz and gold-low-sulfide-quartz veinlet-disseminated mineralization in rocks of the basement and Late Jurassic-Early Cretaceous magmatic formations. The structural-geological position, the morphological type, the composition of the ore-hosting rocks and ores, and the principal parametric characteristics of the gold mineralization have been determined. Sampled intervals with the gold grades corresponding to the required parameters for the preliminary estimation have been distinguished in the exploration workings. Forecasted resources of the P₂ category have been assessed.

Keywords: geological exploration, gold, prospecting routes, trench, channel, lump, and lithochemical sampling, anomalous geochemical field, lode, gold-quartz, gold-low-sulfide-quartz mineralization, quartz vein, beresite, beresitization, resources, ore occurrence, Spokoinoe ore field, Maiskoe ore field, Spokoininsky ore cluster, Tyrkandinsky gold-bearing region, Aldan Region, Republic of Sakha (Yakutia).

Для цитирования: Соколов Е. П., Бабкина Т. Г., Макогонов И. В., Линник И. А., Халгаев Е. У., Шматкова Л. Е., Анисимова Г. С., Кондратьева Л. А., Кардашевская В. Н. Новый тип золотого оруденения в породах фундамента Алдано-Становой золотоносной провинции. Руды и металлы. 2022. № 2. С. 122–140. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10014.

For citation: Sokolov E. P., Babkina T. G., Makogonov I. V., Linnik I. A., Khalgaev E. U., Shmatkova L. E., Anisimova G. S., Kondrat'eva L. A., Kardashevskaya V. N. A new type of gold mineralization in the basement of the Aldan-Stanovoi gold-bearing province. Ores and metals, 2022, № 2, pp. 122–140. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10014.



В настоящее время в пределах Южной Якутии известны разведанные и разрабатываемые месторождения рудного золота куранахского, лебединского, самолазовского, угуйского, рябиновского, эльконского, пинигинского, морозкинских типов, принимаемых, как правило, в качестве аналогов при оценке вновь выявляемых в регионе золоторудных объектов.

В результате поисковых работ на рудное золото, выполненных АО «Якутскгеология» в 2018–2020 гг. в пределах площади Спокойнинского рудного узла, установлено, что ни один из перечисленных выше типов золотого оруденения как аналог для обнаруженного типа оруденения данного узла не может быть использован, и для оценки его золотоносности в окончательном отчёте авторами была предложена геолого-поисковая модель золотого оруденения нового для региона типа.

Спокойнинский рудный узел расположен в пределах муниципального объединения «Алданский район» Республики Саха (Якутия) в 180 км восточнее федеральной трассы М-56 «Лена» и Амуро-Якутской железнодорожной магистрали. Площадь рудного узла (РУ) охватывает наиболее продуктивную юго-восточную часть Тыркандинского золотоносного района, перспективы золотоносности которого известны с 1912–1914 гг., когда здесь были открыты богатые россыпи золота. За всю историю освоения в районе добыто более 20 т золота.

В геологическом отношении площадь района находится на северном склоне позднеархейско-раннепротерозойской структуры – Алдано-Станового щита. Территория характеризуется большой глубиной эрозионного среза – на всей площади обнажён архейский кристаллический фундамент, сложенный гнейсами и кристаллосланцами сутамской и кюрканской свит джелтулинской серии нижнего архея. Породы фундамента мигматизированы, вмещают согласные и секущие тела архейских и протерозойских гранитов, ультрабазитов, габбро-диоритов и габбро-диабазов. По современным представлениям, отражённым в легенде Госгеолкарт-200 Алданской серии листов, изучаемая территория размещается в

пределах Восточно-Алданского района Алданской гранулитогнейсовой области и с тектонической позиции приурочена к зоне регионального Тыркандинского разлома северо-северо-западного простирания, мощность которого до 10–15 км.

В ходе мезозойской тектоно-магматической активизации Тыркандинская зона разломов подверглась деструкции: на неё наложены северо-восточные швы протяжённого Суннагинского разлома, являющиеся отражением глобального Северо-Станового дизъюнктива, расположенного южнее и контролирующего размещение впадин и грабенов, выполненных венд-нижнекембрийскими и мезозойскими осадочными образованиями.

Положение в узле пересечения региональных разломов предопределило интенсивную разрывную тектонику и магматизм мезозойского этапа активизации. Мезозойские магматиты представлены полями даек, мелкими штоками, сложенными породами монцонитсиенитовой и щёлочно-сиенитовой формаций разнообразного состава: от диорит-порфиритов до щёлочноземельных сиенитов, монцонитов, кварцевых сиенитов и граносиенитов. Становление интрузий сопровождалось контактово-метасоматическими и гидротермально-метасоматическими процессами в виде ороговикования, хлоритизации, эпидотизации, серицитизации, окварцеванием вмещающих пород. К ареалам мезозойских магматических пород тяготеют все известные в пределах района россыпи золота (например, россыпь р. Бол. Тырканда с запасами золота более 6 т и его средними содержаниями от первых десятков мг/м³ до 72 г/м³, отрабатываемая в настоящее время ГДК «Алдан») и проявления коренного золота.

Планомерные поиски рудного золота в районе впервые начаты в 1970–1973 гг. в при геолого-съёмочных работах масштаба 1 : 50 000 (Бураков Л. Ф., Верёвкин Н. И. и др., 1974 г.). В результате была выявлена обширная «заражённость» золотом пород архейского фундамента и мезозойского интрузивного комплекса (более 500 точек минерализации и рудопроявлений). Золоторудная минерализация

в большинстве случаев устанавливается по данным спектрозолотометрии, реже пробирным анализом в развалах жильного кварца, сульфидно-кварцевых брекчий, окварцованных и сульфидизированных гнейсов, кристаллосланцев, даек ортофиоров, плагиопорфиоров. Золото в минерализованных породах самородное, свободное, размером 0,1–0,25 мм и крупнее, является источником богатых россыпей района. По данным отдельных выработок, мощность минерализованных и жильных зон 10–30 м, протяжённость от сотен метров до 3,5 км. Содержание Au преимущественно составляет доли грамма на 1 т, по отдельным рудопроявлениям достигает 10–16,8 г/т, Ag – 20–60 г/т, в некоторых пробах – 942 г/т. Большая часть рудопоявлений располагается в пределах четырёх рудных узлов: Спокойнинского, Джелтулинского, Куранахского, Иджекского.

Спокойнинский РУ приурочен к участкам мезозойской активизации Тыркандинской зоны разломов (рис. 1). В плане он имеет овальную форму, вытянут на северо-запад, тяготея к полям проявления мезозойского магматизма. В пределах узла выделены потенциальные рудные поля: Орогдакитское, Глухариное, Рыбное, Майское. И хотя в целом перспективы выявления месторождений рудного золота признавались довольно ограниченными, стоит отметить, что поисковые работы были ориентированы на обнаружение протяжённых линейных зон, а варианты с нелинейными объектами не рассматривались.

В начале 2000-х гг. старательской артелью «Тырканда» в пределах Спокойнинского рудного узла установлен ряд проявлений и пунктов минерализации рудного золота: Рыбное, Спокойный-1, Спокойный-2 с содержанием Au в кварцевых жилах по данным пробирного анализа от 1,58 до 45,8 г/т (пять проб), в среднем 14,8 г/т. Работами 2018–2020 гг. (Соколов Е. П., 2020 г.), большинство этих данных не подтвердилось (ни Спокойный-1, ни Спокойный-2).

В 2003 г. проведена оценка ресурсов рудной золотоносности площади кат. P₂, P₃ с учётом результатов поисково-съёмочных работ и данных россыпной золотоносности (Ветлужских, Каменцев 2003 г.). При оценке общих ре-

сурсов россыпной золотоносности в 21 т, согласно методике «амурских» геологов (*Мельников В. Д.* Аномалии золотоносности Верхнего Приамурья: специальность 04.00.11 «Геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений, металлогения»: автореф. на соискание учён. степ. д-ра геол.-минерал. наук. Владивосток, 1995. 58 с.), потенциал рудного золота следует ожидать в 3–4 раза больше, то есть не менее 70 т. Ресурсы рудной золотоносности площади кат. P₂ и P₃ оценены при содержании 3,7 г/т в 22 т. Расчёт выполнен на глубину 50 м, то есть на глубину 100 м прогнозная оценка составит 44 т.

В 2014 г. по результатам ГДП-200 апробированные прогнозные ресурсы рудного золота кат. P₃ Спокойнинского рудного узла оценены в 81 т. Перспективы связываются с золото-кварцевым (золото-малосульфидно-кварцевым) формационным типом оруденения. В качестве аналога взят Апсаканский рудный узел в Амурской области, включающий Бамское золоторудное месторождение золотокварцевой малосульфидной формации.

Другим возможным аналогом оруденения Спокойнинской площади может рассматриваться золоторудное месторождение Пинигинское, выявленное в конце 1990-х гг. в восточной части Эвотинского золотоносного района Центрально-Алданского района. Оно занимает центральную часть Верхне-Любкакайского рудного поля. На объекте были проведены поисковые и оценочные работы, по результатам которых подсчитаны запасы золота кат. C₂ – 16,3 т, прогнозные ресурсы кат. P₁ – 3,5 т, P₂ – 2,3 т, P₃ – 29,2 т.

В 2018–2020 гг. АО «Якутскгеология» в пределах Спокойнинского рудного узла провела поисковые работы масштаба 1 : 25 000 (Соколов Е. П., 2020 г.). Были уточнены границы рудных полей Спокойное (Рыбное) и Майское (рис. 2), в пределах которых по данным геохимической и геофизической съёмок (масштаб 1 : 25 000–1 : 10 000) выделены перспективные участки аномального геохимического поля (АГП) рангов «рудное месторождение» и «рудное тело», заверенные горными выработками (канавами мехпроходки), вскрывшими рудные

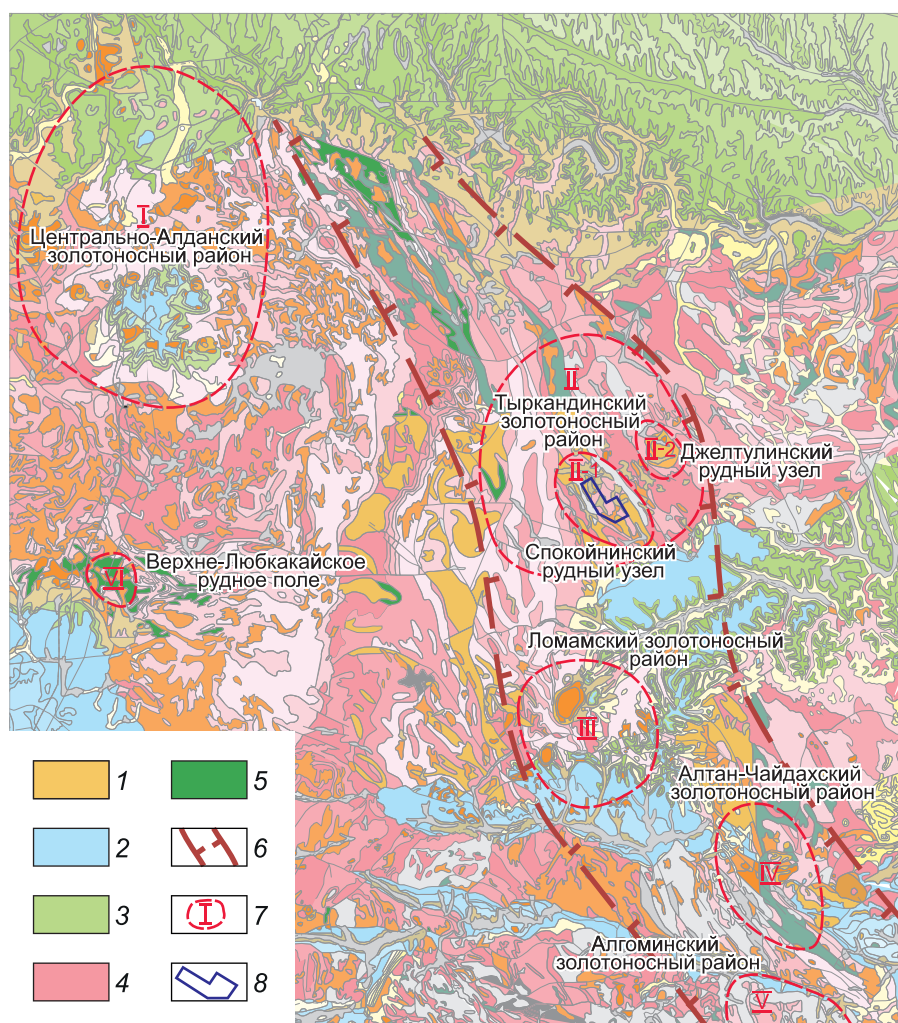
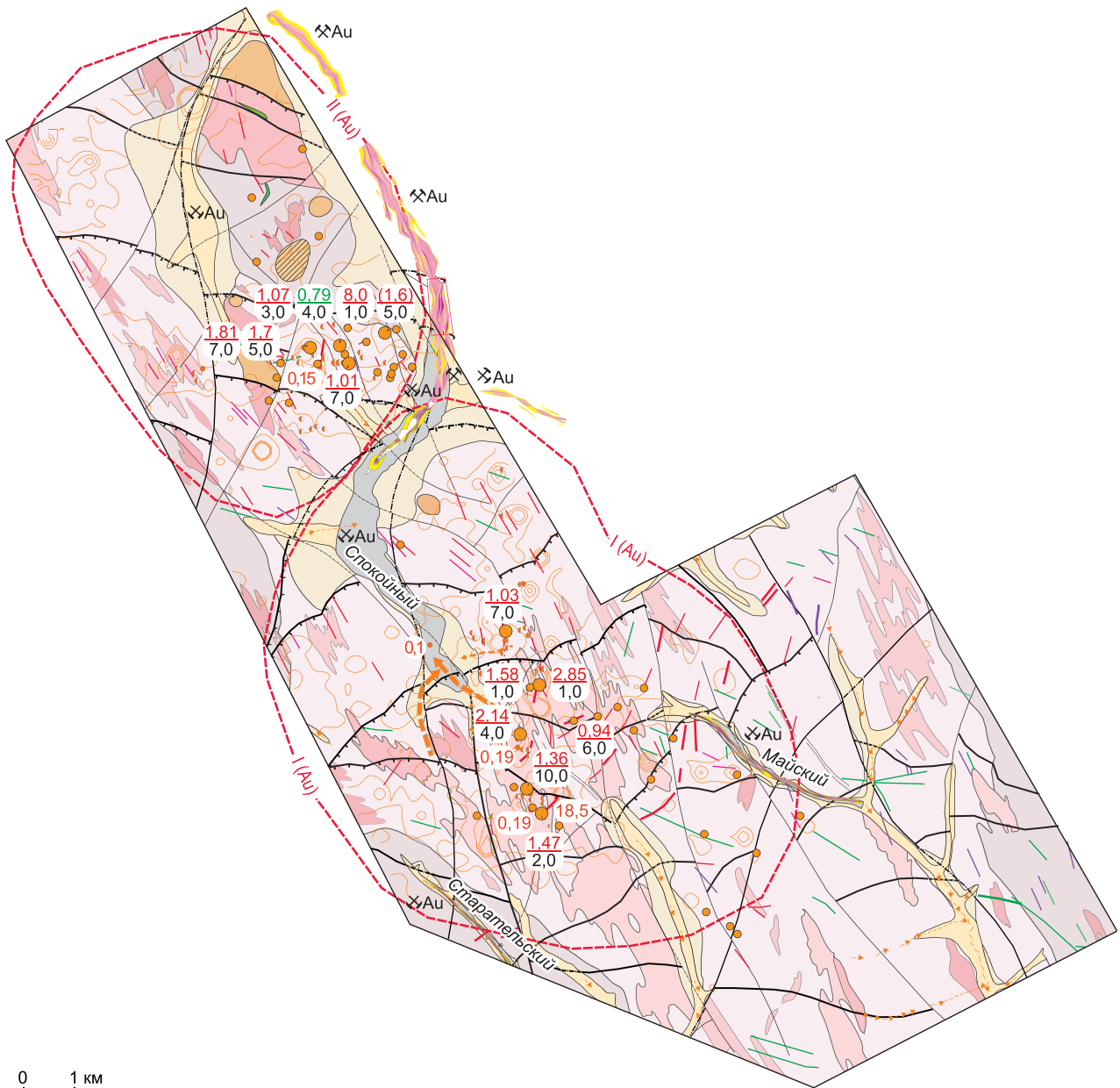


Рис. 1. Обзорная схема размещения основных золотоносных районов Алданского щита:

1 – проявления юрско-мелового сиенитового магматизма; породы осадочного чехла: *2* – юрские терригенные осадочные отложения, *3* – кембрийские карбонатные отложения; породы докембрийского фундамента: *4* – граниты, гнейсы, кристаллосланцы, *5* – метабазиты; *6* – зона Тыркандинского разлома, контролирующая известные россыпные месторождения и рудопоявления золота; *7* – золотоносные районы: I – ЦАР, II – Тыркандинский, III – Ломамский, IV – Алтан-Чайдахский, V – Алгоминский; VI – Верхне-Любкакайское рудное поле, II-1 – Спокойнинский рудный узел, II-2 – Джелтулинский рудный узел; *8* – площадь объекта

Fig. 1. Schematic map showing distribution of the principal gold-bearing areas of the Aldan shield:

1 – manifestations of the Jurassic–Cretaceous syenite magmatism; sedimentary cover: *2* – Jurassic terrigenous deposits, *3* – Cambrian carbonate deposit; Precambrian basement: *4* – granites, gneisses, crystal schists, *5* – metabasites; *6* – Tyrkandinsky fault zone controlling the known gold placers and gold ore occurrences; *7* – gold-bearing regions: I – Central (TsAR), II – Tyrkandinsky, III – Lomamsky, IV – Altan-Chaidakhsky, V – Algominsky, VI – Upper-Lyubkakaisky ore field, II-1 – Spokoininsky ore cluster, II-2 – Dzheltulinsky ore cluster; *8* – object area



0 1 км

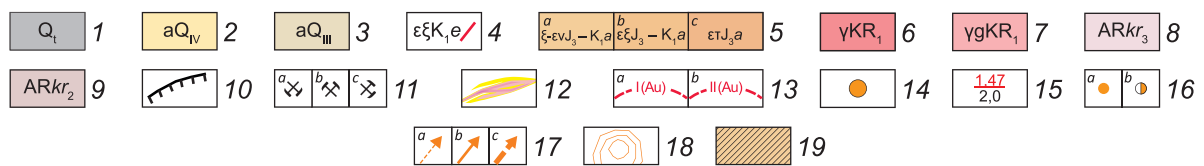


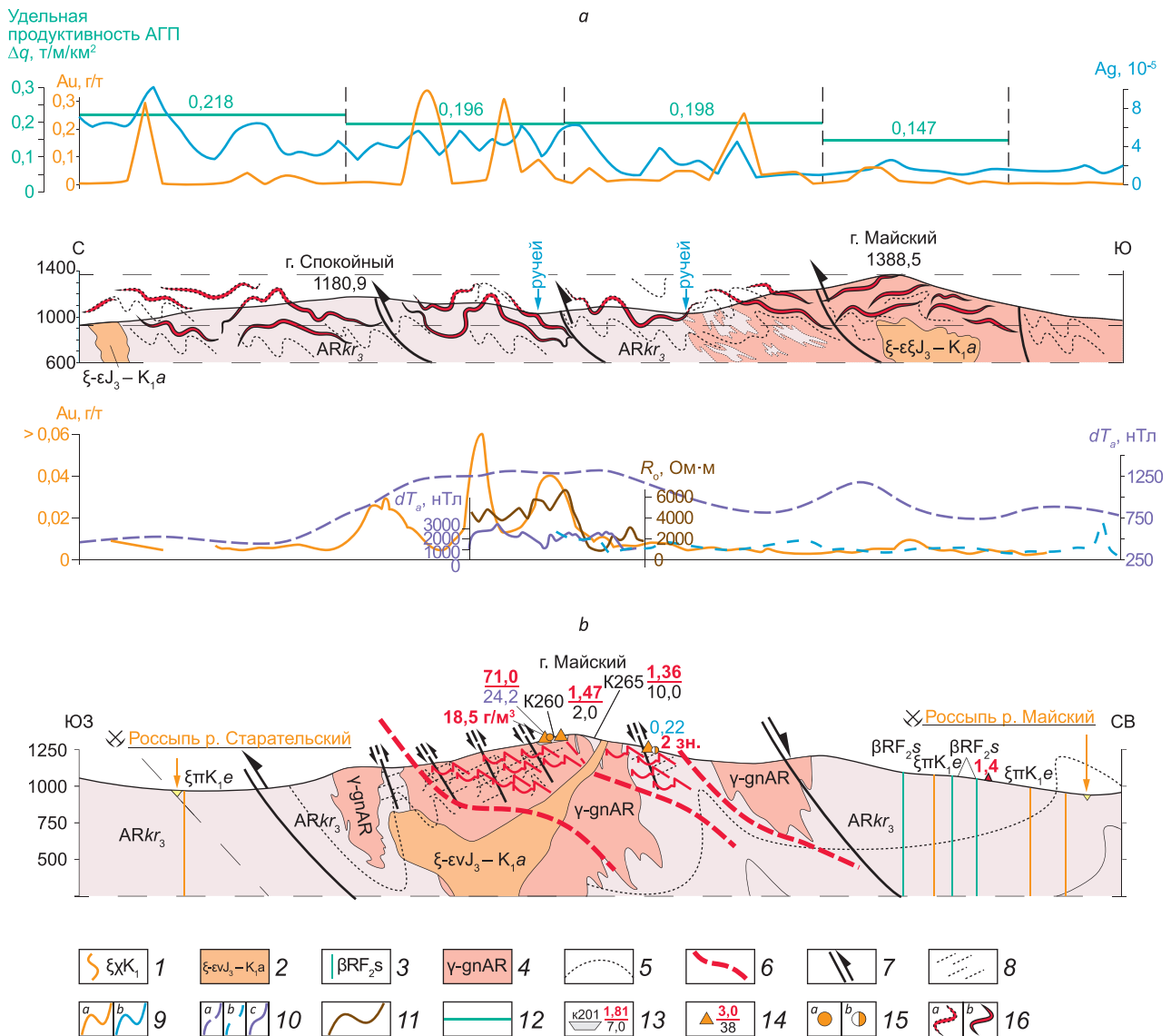


Рис. 2. Карта-схема геологического строения Спокойнинского рудного узла с данными по золотоносности:

1 – техногенные образования: перемытые отложения старательских полигонов; 2 – современные отложения: аллювий русел и низких пойм; 3 – верхнечетвертичные отложения: аллювий пойм, русел и надпойменных террас, флювиогляциальные отложения; 4 – дайки щелочных и щелочноземельных сиенитов; 5 – штоки: *a* – щелочноземельных сиенитов, *b* – пуласкитов, лаурвикитов, нордмаркитов, *c* – щелочные трахиты; 6 – граниты биотитовые, мусковитовые, гранатовые, гиперстен-амфиболовые, микроклиновые граниты, эндербиты, нерасчленённые граниты; 7 – гранитизированные породы и гранитогнейсы разной степени гибридации; кюриканская свита: 8 – верхняя подсвита (гиперстеновые, биотит-гиперстеновые гнейсы и кристаллические сланцы); 9 – средняя подсвита (биотит-гиперстеновые, двупироксеновые гнейсы и кристаллические сланцы); 10 – взбросо-надвиги, контролирующие размещение высокоперспективных АГП ранга «рудное месторождение»; 11 – промышленная освоенность россыпей: *a* – полностью отработанные, *b* – разрабатываемые, *c* – законсервированные; 12 – россыпные месторождения золота с распределением вертикального запаса по данным поисково-разведочных работ; 13 – рудные поля: *a* – Майское, *b* – Спокойное (Рыбное); 14 – рудопроявления золота; 15 – параметры золотого оруденения в рудных телах, вскрытых канавами мехпроходки в результате поисковых работ 2019–2020 гг. Числитель – средневзвешенное содержание золота в бороздовых пробах (г/т), знаменатель – вскрытый рудный интервал (м); 16 – копушные пробы с содержанием свободного золота, выявленные по результатам поисковых работ 2018–2020 гг.: *a* – весовые содержания, г/м³, *b* – знаковые; 17 – содержание золота (г/т) по потокам рассеяния масштаба 1 : 200 000: *a* – 0,003–0,005, *b* – 0,005–0,007, *c* – > 0,007; 18 – аномалии золота, выявленные по результатам опробования по вторичным ореолам рассеяния масштаба 1 : 25 000 и 1 : 10 000 поисковыми работ 2018–2020 гг.; 19 – участок максимальной продуктивности россыпи, запасы 2,02 т (32,4 %)

Fig. 2. Schematic map showing geological structure of the Spokoininsky ore cluster with the data on its gold-bearing potential:

1 – technogenous formations: rewashed deposits of artisanal polygons; 2 – recent deposits: channel and low floodplain alluvium; 3 – Upper Quaternary deposits: floodplain, channel, above-floodplain terrace alluvium, fluvio-glacial deposits; 4 – dikes of alkaline and alkaline-earth syenites; 5 – stocks: *a* – alkaline-earth syenite, *b* – pulaskites, laurvikites, and nordmarkites, *c* – alkaline trachytes; 6 – biotite, muscovite, and garnet granites, hypersthene-amphibole microcline granites, enderbites, granites undivided; 7 – variously hybridized granitized rocks and granite gneisses; Kurikan Formation: 8 – upper subformation (hypersthene and biotite-hypersthene gneisses and crystal schists); 9 – middle subformation (biotite-hypersthene and two-pyroxene gneisses and crystal schists); 10 – reverse (to thrust) faults controlling distribution of highly promising anomalous geochemical fields of the “ore deposit” rank; 11 – degree of the industrial development of gold placers: *a* – completely exhausted, *b* – under operation, *c* – conserved; 12 – gold placer deposits with distribution of the vertical reserve, based on the exploration data; 13 – ore fields: *a* – Maiskoe, *b* – Spokoinoe (Rybnoe); 14 – gold primary occurrences; 15 – parameters of gold mineralization in ore bodies exposed by machine-driven trenches in the course of the 2019–2020 early-phase exploration. Numerator, weighed average gold content in the channel samples (g/t); denominator, length of the exposed ore-grade interval (m); 16 – shallow-pit samples containing free gold, distinguished by results of the 2018–2020 early-phase exploration: *a* – weight-grade contents, g/m³; *b* – sign-grade contents; 17 – gold concentrations (g/t) along 1 : 200 000 scale dispersion flows: *a* – 0,003–0,005, *b* – 0,005–0,007, *c* – > 0,007; 18 – gold anomalies revealed by 1 : 25 000 and 1 : 10 000 scale sampling of secondary haloes in the course of the 2018–2020 geochemical survey, 19 – section of the maximum placer productivity, reserve of 2,02 t (32,4 %)



залежи, представленные березитами по гнейсам с прожилково-вкрапленной пирит-кварцевой золоторудной минерализацией. Содержание Au в бороздовых пробах 0,14–17,3 г/т, Ag 2,2–252 г/т. Прогнозная оценка рудного золота кат. P₂ в двух вариантах составила 40,4 и 24,2 т.

Предложена геологическая модель золоторуднения объёмного, нелинейного типа, связанного с элементами пликативных структур и взбросо-надвиговой тектоники во вмещающих метаморфических породах фундамента, представленного комбинацией залежеобразных тел с прожилково-вкрапленным сульфидно-(пирит)-кварцевым типом оруденения (рис. 3). Отмечено, что на момент окончания работ подобных объектов-аналогов в пределах Южно-Якутского региона не выявлено.

Участок Спокойный (Спокойное рудное поле) общей площадью 8,0 км² расположен на левобережье нижнего течения руч. Спокойный. Характеризуется сглаженным, низкорным рельефом с абсолютными отметками не более 1081,6 м. Выположенные водоразделы покрыты глыбовым элювием амфиболовых гнейсов со стланиковым редколесьем. На карте локальной составляющей поля силы тяжести Спокой-

фидно-(пирит)-кварцевым типом оруденения (рис. 3). Отмечено, что на момент окончания работ подобных объектов-аналогов в пределах Южно-Якутского региона не выявлено. Участок Спокойный (Спокойное рудное поле) общей площадью 8,0 км² расположен на левобережье нижнего течения руч. Спокойный. Характеризуется сглаженным, низкорным рельефом с абсолютными отметками не более 1081,6 м. Выположенные водоразделы покрыты глыбовым элювием амфиболовых гнейсов со стланиковым редколесьем. На карте локальной составляющей поля силы тяжести Спокой-



Рис. 3. Геологическая модель золотого оруденения Спокойнинского рудного узла, а, б – продольный и поперечный разрезы соответственно:

1 – дайки и мелкие тела сиенит-порфиров; 2 – штоки щёлочноземельных сиенитов; 3 – дайки долеритов; 4 – гранитизированные гнейсы и гранитогнейсы; 5 – складчатость; разрывные нарушения: 6 – взбросо-надвиги, контролируемые золотое оруденение, 7 – сбросо-надвиги, взбросо-надвиги; 8 – зоны расщепления; на графиках: 9 – содержание во вторичных ореолах рассеяния: а – Au (г/т), б – Ag ($n \cdot 10^{-5}$); 10 – графики аномального магнитного поля (нТл) по данным: а – аэромагнитной съёмки масштаба 1 : 50 000, б – наземной магниторазведки, 2018 г., масштаб 1 : 25 000, с – наземной магниторазведки, 2019 г., масштаб 1 : 10 000; 11 – сопротивление R_{ω} , Ом·м, наземная электроразведка, 2019 г., масштаб 1 : 10 000; 12 – удельная продуктивность АГП Δq (т/м/км²); 13 – канавы мехпроходки, номер канавы (числитель – средневзвешенное содержание Au по рудному интервалу, г/т, знаменатель – рудный интервал, м); 14 – штучная проба с указанием содержания Au (числитель) и Ag (знаменатель), г/т, при содержании Ag < 10 г/т значение не указывается; 15 – копушные пробы, содержание Au: а – > 10 знаков, весовые, г/м³, б – знаковые (1–10 знаков); 16 – залежи, представленные березитизированными гнейсами, гранитогнейсами с прожилково-вкрапленной сульфидной и кварц-сульфидной минерализацией: а – эродированные (источники россыпи руч. Спокойный), б – не подвергнутые эрозии; остальные усл. обозн. см. рис. 2

Fig. 3. Geological model of gold mineralization of the Spokoininsky ore cluster: (a) longitudinal section and (b) transverse section:

1 – dikes and small intrusive bodies of syenite porphyries; 2 – stocks of alkaline earth syenites; 3 – dolerite dikes; 4 – granitized gneisses and granite gneisses; 5 – folds; faults: 6 – reverse (to thrust) faults controlling gold mineralization, 7 – normal faults-thrust faults, reverse (to thrust) faults; 8 – shear zones; on the graphs: 9 – concentrations in the secondary dispersion haloes: a – Au (g/t), b – Ag ($n \cdot 10^{-5}$); 10 – graphs of the anomalous magnetic field (nTl) according to: a – airborne magnetic survey scale 1 : 50 000, b – ground magnetic survey, 2018, scale 1 : 25 000, c – ground magnetic survey, 2019, scale 1 : 10 000; 11 – resistance, R_{ω} , Ohm·m, 2019 ground electrical survey, scale 1 : 10 000; 12 – specific productivity of the anomalous geochemical fields, Δq (t/m/km²); 13 – mechanically driven trenches, trench number; numerator, weighed average Au content by the ore-grade interval, g/t; denominator, length of the ore-grade interval, m; 14 – lump sample; the Au and Ag contents (in g/t) are specified in the numerator and denominator, respectively (the Ag values < 10 g/t are not specified); 15 – shallow-pit samples, Au contents: a – > 10 gold particles (signs), weight-grade, g/m³, b – sign-grade (1–10 little gold particles); 16 – lodges represented by beresitized gneisses and granite gneisses with sulfide and quartz-sulfide veinlet-disseminated mineralization: a – eroded (sources of the Spokoiny stream placer), b – not eroded; see Fig. 2 for the other legend

ное рудное поле пространственно совпадает с минимумом $\Delta g_{\text{лок}}$ «b» (рис. 4). В региональном магнитном поле участок приурочен к зоне разрыва, потери корреляции высококонтрастных положительных аномалий северо-западного простирания, характеризующих Тыркандинский разлом, осложнённых наложением поперечными градиентными структурами северо-северо-восточного, северо-восточного направления, относящимися, вероятно, к структуре Суннагинского разлома. Аномальное геохимическое поле отличается контрастными аномалиями содержаний Au, Ag, Mo.

Геология участка определяется размещением его в пределах Майской синклинали структуры, сложенной архейскими метаморфическими образованиями кюриканской свиты, слабогранитизированными серыми, мелко-среднезернистыми амфиболовыми, биотит-амфиболовыми гнейсами с прослоями двупироксеновых, диопсидовых гнейсов. На территории участка Майская синклиналь представлена периклинальным замыканием, хорошо выраженным в магнитном поле масштаба 1 : 25 000–1 : 10 000. Данный фактор существенно повлиял на локализацию золотого оруденения.

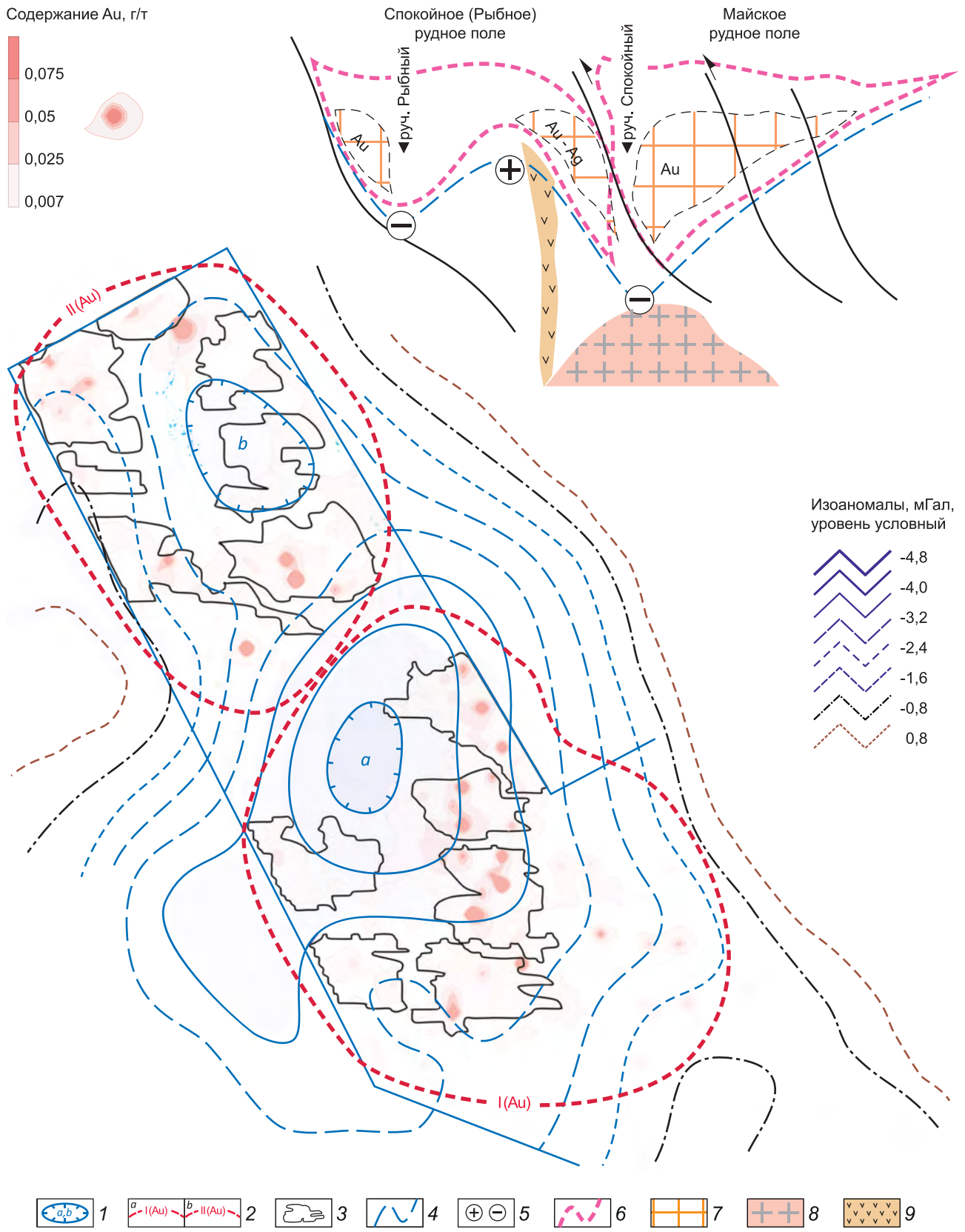




Рис. 4. Схема сопоставления геофизических и геохимических данных, на врезке – модель разреза золотого оруденения Спокойнинского рудного узла на основе обобщённого моделирования локальной составляющей поля силы тяжести:

1 – экстремальные части основных минимумов (a , b) локальной составляющей поля силы тяжести в районе Спокойнинского рудного узла (по данным гравиметрической съёмки масштаба 1 : 200 000), источники которых генерируют и контролируют размещение рудных полей, интенсивность: a – 4,8 мГал (Майское), b – 2,4 мГал (Спокойное); 2 – рудные поля: I (Au) – Майское, II (Au) – Спокойное (Рыбное); 3 – высокоперспективные АГП, выделенные в ранге месторождения по данным геохимического опробования по вторичным ореолам масштаба 1 : 25 000; 4 – график локальной составляющей поля силы тяжести (условный уровень); 5 – положительные и отрицательные аномалии; 6 – предполагаемые контуры золотого оруденения; 7 – предполагаемые рудные штокверки; 8 – купол предполагаемого аномалеобразующего объекта (минимум Δg_a); 9 – проявления мезозойского магматизма (дайки, штоки, пологие залежи щелочных и щёлочноземельных сиенитов)

Fig. 4. Schematic chart showing matching of the geophysical and geochemical data. In the insert, a modeled section of gold mineralization of the Spokoininsky ore cluster, based on schematic modeling of the local component of the gravity field:

1 – extreme parts of the main minima (a , b) of the local component of the gravity field in the area of the Spokoininsky ore cluster (according to the 1:200,000 scale gravimetric survey), the sources of which generate and control the placement of ore fields, the intensity: a – 4,8 mGal (Maisкое), b – 2,4 mGal (Spokoinoe); 2 – ore fields: I (Au) – Maisкое, II (Au) – Spokoinoe (Rybnoe); 3 – highly promising anomalous geochemical fields of the mineral deposit rank, distinguished based on data of the 1 : 25 000 scale geochemical sampling by secondary haloes; 4 – chart of the local component of the gravity field (conditional level); 5 – positive and negative anomalies; 6 – the alleged contours of gold mineralization; 7 – the alleged ore stockwork; 8 – the dome of the alleged anomaly-forming object (minimum Δg_a); 9 – manifestations of Mesozoic magmatism (dikes, stocks, gently dipping deposits of alkaline and alkaline-earth syenites)

Гнейсы инъецированы раннепротерозойскими гранитоидами и прорваны телами мезозойских магматитов – нордмаркитов, сиенит-порфиоров, роговообманковых и биотитовых порфиоров, минетт, спессартитов, вогезтов, формирующих штокообразные, залежные тела, дайки и линзующиеся тела с резкими раздвигами, приуроченные к осевым частям осложняющих складок.

Разрывные структуры относятся к системам Спокойнинского (Тыркандинского) разлома, сдвиги, сдвиго-взбросы северо-западного простирания – Суннагинского разлома. Сбросы, взбросы имеют северо-восточное простирание, первые представлены наиболее ярко. Менее проявлены пологие срывы широтного, субширотного простирания, характеризующиеся как взбросо-надвиги. Широтное и северо-западное направления в пределах участка хорошо выражены аномалиями золота,

отчасти серебра, образующими дискретную полосу. Наиболее контрастные аномалии золота сгруппированы на пересечении со структурами Суннагинского разлома северо-северо-восточного простирания, на водоразделе с абс. отм. 1081,6 м, во фронтальной части широтного взбросо-надвиги по руч. Банный, образуя близкие к изометрическим аномалии. Здесь последние заверены канавами, вскрытыми пологозалегающие (10–20°) зоны рассланцевания широтного, субширотного простирания, вмещающие золоторудные тела и являющиеся секущими, субсогласными к общему залеганию гнейсов. Морфологически рудные тела, вскрытые канавами, образуют пологозалегающие линзо-лентообразные залежи в зонах рассланцевания с волнистой поверхностью, кулисообразно сменяющие друг друга в широтном направлении при выклинивании по простиранию. Углы падения пологие, от

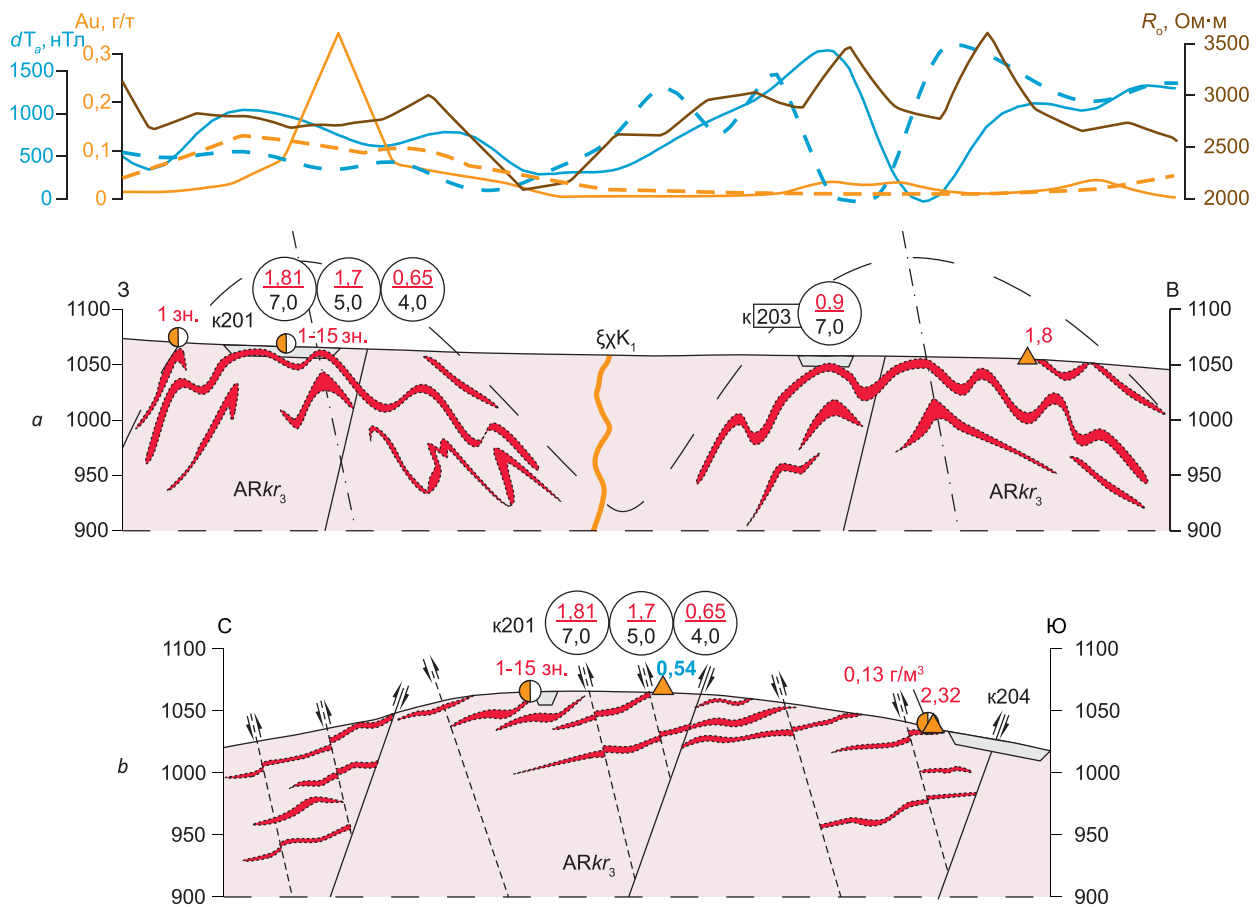


Рис. 5. Геологическая модель золотого оруденения рудного поля Спокойное (участок Спокойный):

разрезы: *a* – продольный, *b* – поперечный; усл. обозн. см. рис. 3

Fig. 5. Geological model of gold mineralization of the Spokoinoe ore field (Spokoyniy site):

sections: *a* – longitudinal, *b* – transverse; see Fig. 3 for the legend

менее 10 до 30°, реже 40°. Общий азимут падения на север. Мощность отдельных залежей, вскрытых канавами, от 0,1–0,5 до 1,6–2,5 м. Рудные интервалы выделяются опробованием, содержание Au по результатам пробирного анализа составляет 0,14–17,3 г/т, Ag – 2,2–252,0 г/т. Рудные зоны, по мнению авторов, представляют собой эшелонированную систему лестничных залежей, группирующихся в пологопогружающиеся рудные столбы во фронтальной части взбросо-надвиговой зоны (рис. 5).

Золотое оруденение относится к прожилково-вкрапленному типу золото кварцевой ма-

лосульфидной формации. Вещественный состав рудных тел – интенсивно изменённые гнейсы, преобразованные в березиты и березитизированные породы (рис. 6). Внешне березиты представлены желтоватыми, розоватыми, желтовато-рыжеватыми мелкозернистыми породами с массивной и полосчато-брекчиевой текстурой, содержащими мелкокрапленную сульфидную минерализацию и кварц-сульфидные прожилки и линзы. Сильно окисленные разности имеют вид рыжеватобурой, бурой рыхлой охристой массы, с обломками друзовидного кварца с сульфидной

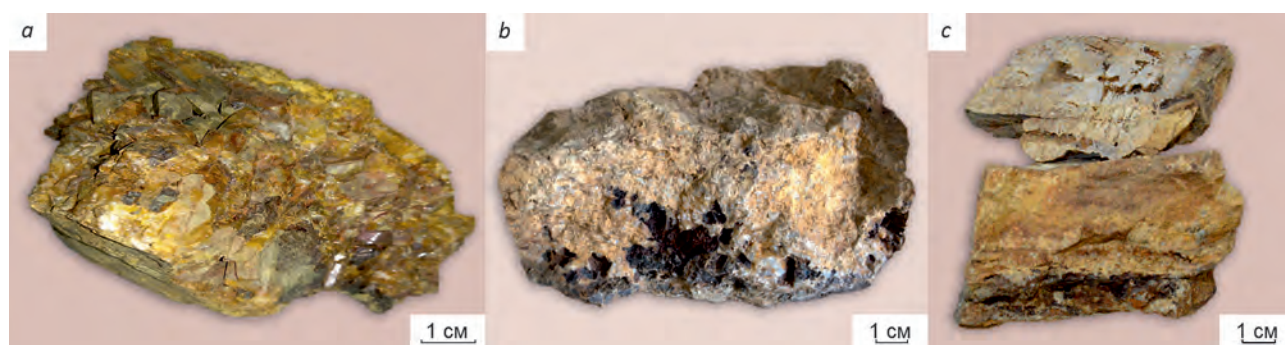


Рис. 6. Образцы рудных тел с золотом, рудное поле Спокойное (участок Спокойный):

содержание Au (г/т): *a* – 4,46, *b* – 1,5–4,22, *c* – 2,48–17,7

Fig. 6. Specimens with gold from ore bodies of the Spokoinoe ore field (Spokoinyi site):

Au contents (g/t): *a* – 4,46, *b* – 1,5–4,22, *c* – 2,48–17,7

минерализацией. Березиты состоят из серицитизированной, карбонатизированной мелкозернистой кварц-полевошпатовой массы с мелкими вкрапленниками рудных минералов, реже наблюдается хлорит.

Околорудные гнейсы в минерализованных зонах утрачивают текстурный рисунок, подвергаясь брекчированию, смятию, катаклазу, перекристаллизации с образованием милонитов и кварц-полевошпатовых метасоматитов. В метасоматитах интенсивно развиваются процессы замещения вторичными минералами – каолинитом, серицитом, соссюритом, эпидотом, хлоритом, кальцитом, магнетитом. Переход от рудных интервалов с березитами и березитизированными гнейсами к неизменённым гнейсам плавный, через постепенное осветление породы, но достаточно быстрый, хорошо выражен в изменении цвета от желтоватых, желтовато-рыжеватых тонов к серым.

Кварц белый, сероватый, реже медово-жёлтый, местами прозрачный, скрытокристаллический, мелкокристаллический, мелкодрозовидный, окисленный, массивный и брекчеевидный, в тонких прожилках халцедоновидный, иногда гематитизированный. Образует прожилки, линзы, жеоды, мелкие сетчатые прожилки в березитах и березитизированных гнейсах мощностью от 0,5 мм до 1,0–15,0 см. Характерны выделения друзовидного, щёточ-

ного кварца, жеод, форм с минерализацией пирита, реже халькопирита.

Главный рудный минерал – пирит – в разной степени окисленный, нередко крупный, кубический, до 1,0 см в поперечнике, нарастает на кристаллы щёток кварца. Мелкозернистый пирит, чаще окисленный, образует скопления, массивные прожилки мощностью до 0,5 см в основании кварцевых щёток и вмещающих березитах. Часто на кристаллах кварца наблюдаются пиритовая вкрапленность, сыпь. Халькопирит образует отдельные зёрна, мелкие гнёзда на контакте с пиритом и в кварце. Иногда отмечаются малахитовые оторочки. Редко в гнездовых скоплениях пирита, халькопирита и в кварце встречается единичная вкрапленность золота. Золото чаще всего неправильной морфологии, комковидное, цементационное и пластинчатое (рис. 7), образующееся в микропорах и микротрещинах милонитизированных, катаклазированных, брекчиевых метасоматитов и в березитах.

Пик пробности самородного золота участка Спокойный приходится на относительно низкопробную разность (701–800 ‰) и составляет около 60 %, на долю среднепробного золота (801–900 ‰) попадает 30 %. Низкопробные, высокопробные и весьма высокопробные золотины в сумме составляют 10 %. Типоморфные элементы-примеси в самородном золоте

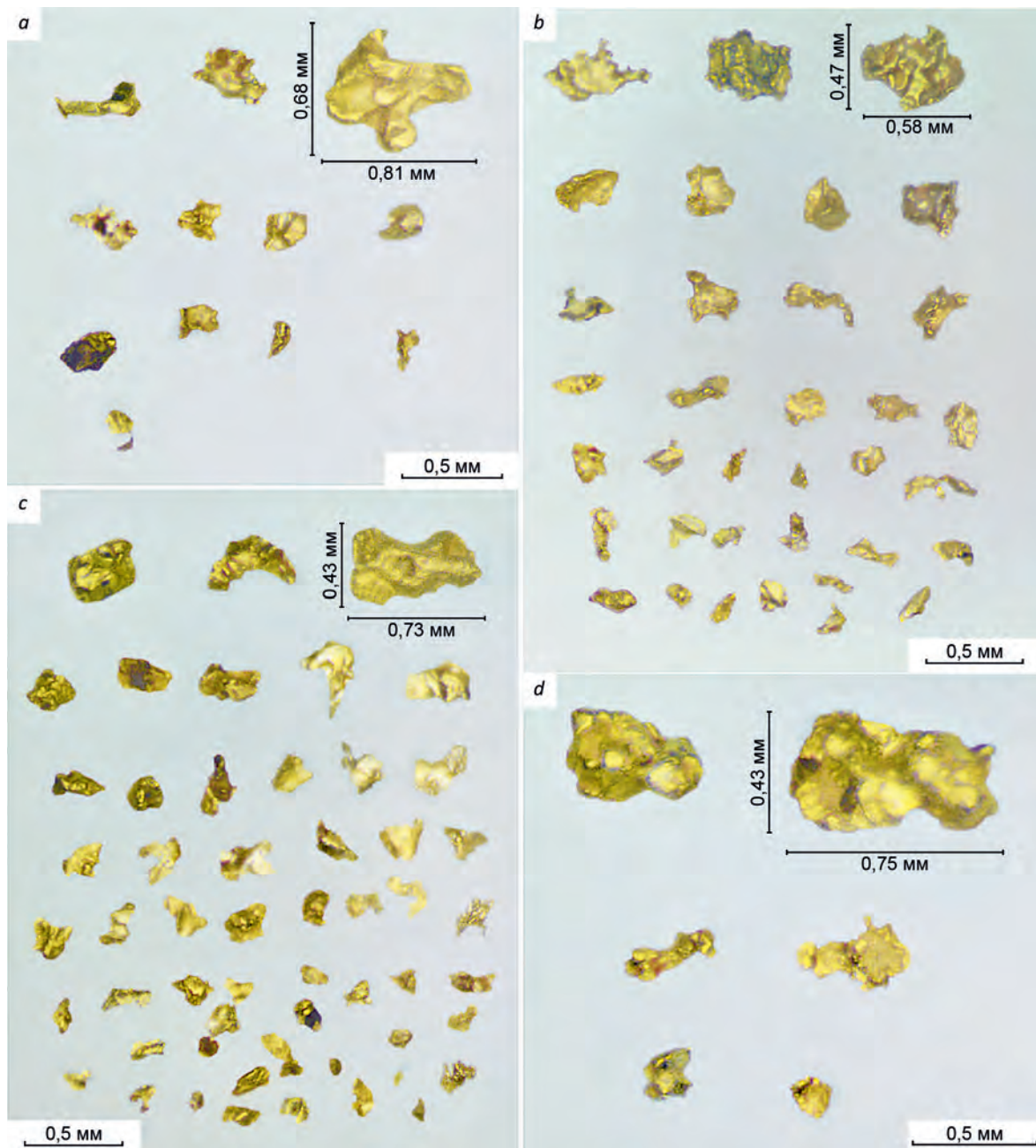


Рис. 7. Образцы самородного золота из промытых копушных проб при заверке геохимических аномалий золота, рудное поле Спокойное (участок Спокойный):

a, b, d – из делювия с обломками березитов и кварц-полевошпатовых метасоматитов, канава 204; *c* – из элювиальных развалов березитизированных гнейсов на водоразделе руч. Спокойный, канава 201

Fig. 7. Specimens of native gold from panned samples taken in shallow pits in the course of verification of geochemical gold anomalies, Spokoynoe ore field (Spokoyni site):

a, b, d – from deluvium with berezite and quartz-feldspar metasomatite fragments, Trench 204; *c* – from eluvium dumps of berezitized gneisses at the Spokoyni stream water divide, Trench 201



в рудах представлены Cu, Fe, Zn, As, Bi. Наиболее высокие содержания в золоте показывают Cu, Fe, Bi (до 0,2 %). Концентрация цинка, хотя он и встречается повсеместно, не превышает сотых долей процента. Низкопробные золотины присущи рудам поздней золото-серебро-теллуридной ассоциации, в большинстве своём находятся в виде прожилков и выделений в пирите, иногда в тесном сростании с гесситом и петцитом. Золото высокой пробы присутствует в гидроксидах железа.

В выделенных рудных интервалах, содержащих золото, отмечаются повышенные концентрации меди, свинца, серебра, редко мышьяка и висмута. Наиболее высокие концентрации характерны для Cu (500–5000 г/т), Pb (100–200 г/т), Bi (50–100 г/т) и Ag (60–200 г/т).

Участок Майский (Майское рудное поле) общей площадью 12,0 км² охватывает водораздел ручьёв Спокойный, Майский и Таборный. В целом отличается среднегорным рельефом с повышением абсолютных отметок с севера на юг от 1180,9 м (тригопункт Спокойный) до 1388,5 м (тригопункт Майский) (водораздел ручьёв Спокойный, Майский, Таборный).

На карте локальной составляющей поля силы тяжести участок Майский пространственно приурочен к минимуму ассиметричной конфигурации (а), северо-западный борт которого значительно более крутой, чем юго-восточный (см. рис. 4). Такая форма аномалии, вероятно, свидетельствует о пологом залегании юго-восточной границы гравитирующего объекта, предположительно – гранитоидного массива, локализованного в зоне Тыркандинского разлома. Конфигурация регионального магнитного поля близка к дугообразной, пространственно примерно соответствует изометрическому минимуму локальной составляющей поля силы тяжести (см. рис. 4, а).

В аномальном магнитном поле также наблюдаются элементы кольцеобразного расположения его неоднородностей, особенно заметные на схеме локальной составляющей. В пределах участка ориентировка магнитных аномалий сменяется с северо-западной на юге на субширотную на западе. В северо-западной части участка общее северо-западное направ-

ление восстанавливается и далее продолжается в северо-западном направлении система сложнопостроенных, разноориентированных аномалий. Аномальное геохимическое поле характеризуется дифференцированной структурой с обособленными аномалиями Au, образует аномальные концентрации в полосе северо-северо-восточного простирания в правом борту руч. Спокойный, дугообразно огибающая эпицентр гравитационного минимума (см. рис. 4, а) и затухая, рассеиваясь в юго-восточном направлении по мере выполаживания гравитационной воронки.

Аномалии Ag распространены и пространственно совмещены с аномалиями Au на севере участка. Примечательно, что увеличение концентрации серебра на участке происходит в области гипсометрического понижения водораздела к северу. В южной же половине участка, в наиболее возвышенной части рельефа (тригопункт г. Майский 1388,5 м), серебро практически отсутствует, золото ведёт себя обособленно, в виде полосы выделяется зона юго-восточного простирания, где золото пространственно совмещено с аномалиями W и Mo. В пространственном размещении аномалий Au отмечается довольно хорошо выраженная структура, которая весьма уверенно коррелирует со структурными неоднородностями аномальных геофизических полей. Общее аномальное поле золота разбивается на три части с увеличением числа аномалий и их концентраций к северу. Как и на участке Спокойный, группировка аномальных полей контролируется широтными и субширотными структурами типа взбросо-надвигов, обособливающих АГП ранга «рудные месторождения», внутри которых размещение и контроль оруденения обуславливаются элементами пликативных структур (приуроченность к осям складок) и срывами северо-западного и северо-восточного простирания.

Геология участка практически аналогична строению участка Спокойный. Участок расположен в пределах Майской синклинали структуры, в его строении участвуют метаморфические образования кюриканской свиты, амфиболовые, биотит-амфиболовые гнейсы с

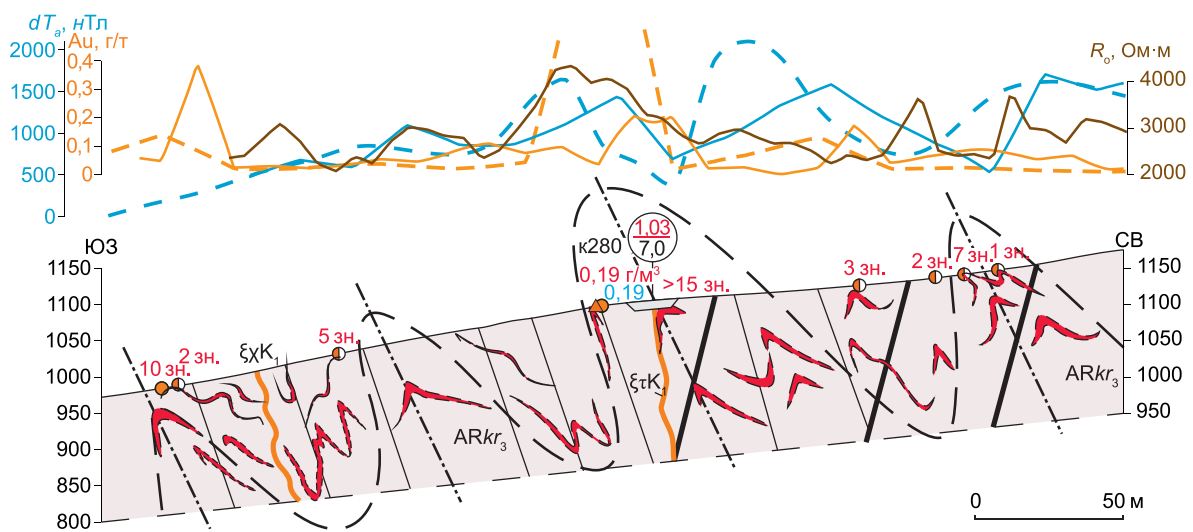


Рис. 8. Геологическая модель золотого оруденения рудного поля Майское (участок Майский):

усл. обозн. см. рис. 3

Fig. 8. Geological model of forecasted gold mineralization of the Maiskoe ore field (Maisky site):
for the legend see Fig. 3

прослоями дупироксеновых, диопсидовых гнейсов. Метаморфические породы смяты в линейные складки северо-западного простирания, элементы падения пластов варьируются от 35° на водоразделе ручьёв Майский–Спокойный до 85° на правом склоне долины руч. Майский. Основными его отличиями являются значительно более высокая степень гранитизации, особенно южной, наиболее возвышенной части, и отсутствие крупных выходов мезозойских магматитов.

Мезозойский магматизм проявлен в виде наличия частых даек, дайкообразных тел сиенит-порфиров, лампрофиров, выполняющих разрывы северо-западного, северо-восточного простирания. В северной более эродированной части рудного поля эрозионным срезом вскрыта штокообразная интрузия щёлочно-земельных сиенитов; подобные не вскрытые тела предполагаются и на юге участка (тригопункт г. Майский 1388,5 м) (см. рис. 3, а). В аномальном магнитном поле выходы мезозойских магматитов чаще всего фиксируются участками пониженных значений (ΔT_o). Маг-

матические тела, вскрытые канавами, имеют как крутое, так и пологое падение. Пологое залежеобразное залегание часто выражено и в магнитном поле.

На участке Майский хорошо проявлена корреляция мезозойских магматических образований и золоторудной минерализации, вскрытой канавами. На севере участка рудные зоны вскрыты канавами на контактах с телами сиенит-порфиров, лампрофиров, которые также слабозолотоносны. На юге выделенные геохимические аномалии золота ограничивают, трассируют высококонтрастные магнитные аномалии, дугообразно вытягивающиеся к юго-востоку и интерпретируемые как не вскрытые интрузивы. И хотя в канавах, вскрывших рудные зоны, мезозойские магматиты не найдены, при горно-подготовительных работах, при пересечении аномалии дорогой, сиенит-порфиры были обнажены.

Другой важный фактор – пликативные структуры, осложняющие Майскую синклинали. В канавах, вскрывших рудные тела, рудная минерализация локализована в зонах

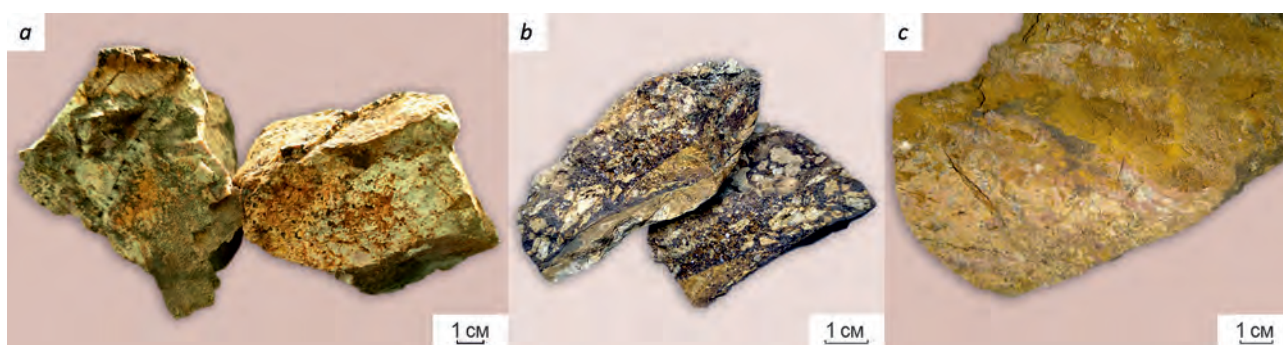


Рис. 9. Образцы рудных тел с золотом, рудное поле Майское (участок Майский):
содержание Au (г/т): *a* – 2,9, *b* – 71, *c* – 2,48

Fig. 9. Specimens with gold from ore bodies of the Maiskoe ore field (Maisky site):
Au content (g/t): *a* – 2,9, *b* – 71, *c* – 2,48

рассланцевания, кливажа, приуроченных к различным элементам складок, изгибам шарниров, поворотам крыльев, прочим осложняющим элементам (рис. 8).

Разрывные структуры относятся к системам Спокойнинского (Тыркандинского) и Суннагинского разломов. Основную рудоконтролирующую роль играют пологие структуры типа взбросо-надвигов широтного и субширотного простирания, контролирующие размещение АГП золота.

Золотое оруденение представлено прожилково-вкрапленным типом золото кварцевой малосульфидной формации. Вмещающими структурами служат зоны дробления, рассланцевания, кливажа как пологого, так и крутопадающего залегания, приуроченные к осложняющим элементам складчатых структур в гнейсах, гранитогнейсах и контролируемые диагональными срывами северо-восточного и северо-западного простирания, взбросами, сдвига-взбросами.

Морфологически рудные тела образуют полого- и крутозалегающие залежи, тела сложной формы в зонах рассланцевания с углами падения от 10–20° до 70°. На полную мощность рудные залежи в канавах пересечь не удалось, рудные интервалы с золотым оруденением выделялись опробованием и составляют 2,0–5,0, 7,0–10,0 м. Содержание золота

в бороздовых пробах по результатам пробирного анализа 0,2–4,85 г/т. По вещественному составу рудные тела представлены интенсивно измененными вмещающими породами, гнейсами и гранитогнейсами, преобразованными в березиты (рис. 9). Внешне березиты и околорудные измененные породы имеют схожий облик с описанными выше метасоматитами рудного поля Спокойное.

Сравнивая морфологию самородного золота участков Спокойный и Майский, можно отметить большую встречаемость идиоморфного золота на участке Майский (рис. 10), что свидетельствует о его формировании в условиях открытого роста, возможно, в микрогнездах среди друзовидного кварца или в брекчиях.

Пробность самородного золота участка Майский варьируется от 699 до 965 ‰. Распределение пробности так (%): 600–700 ‰ – 3,22; 701–800 ‰ – 22,58; 801–900 ‰ – 48,38; 901–950 ‰ – 20,97; 951–1000 ‰ – 4,85. При широком диапазоне изменения пробности основная масса золота (более 90 %) характеризуется пробностью от 700 до 950 ‰ с более высокой частотой встречаемости золотинок с пробностью в интервале 801–900 ‰ (среднепробное золото). Низкопробные и весьма высокопробные разности встречаются редко.

Типоморфными элементами-примесями самородного золота в рудах участка Майский

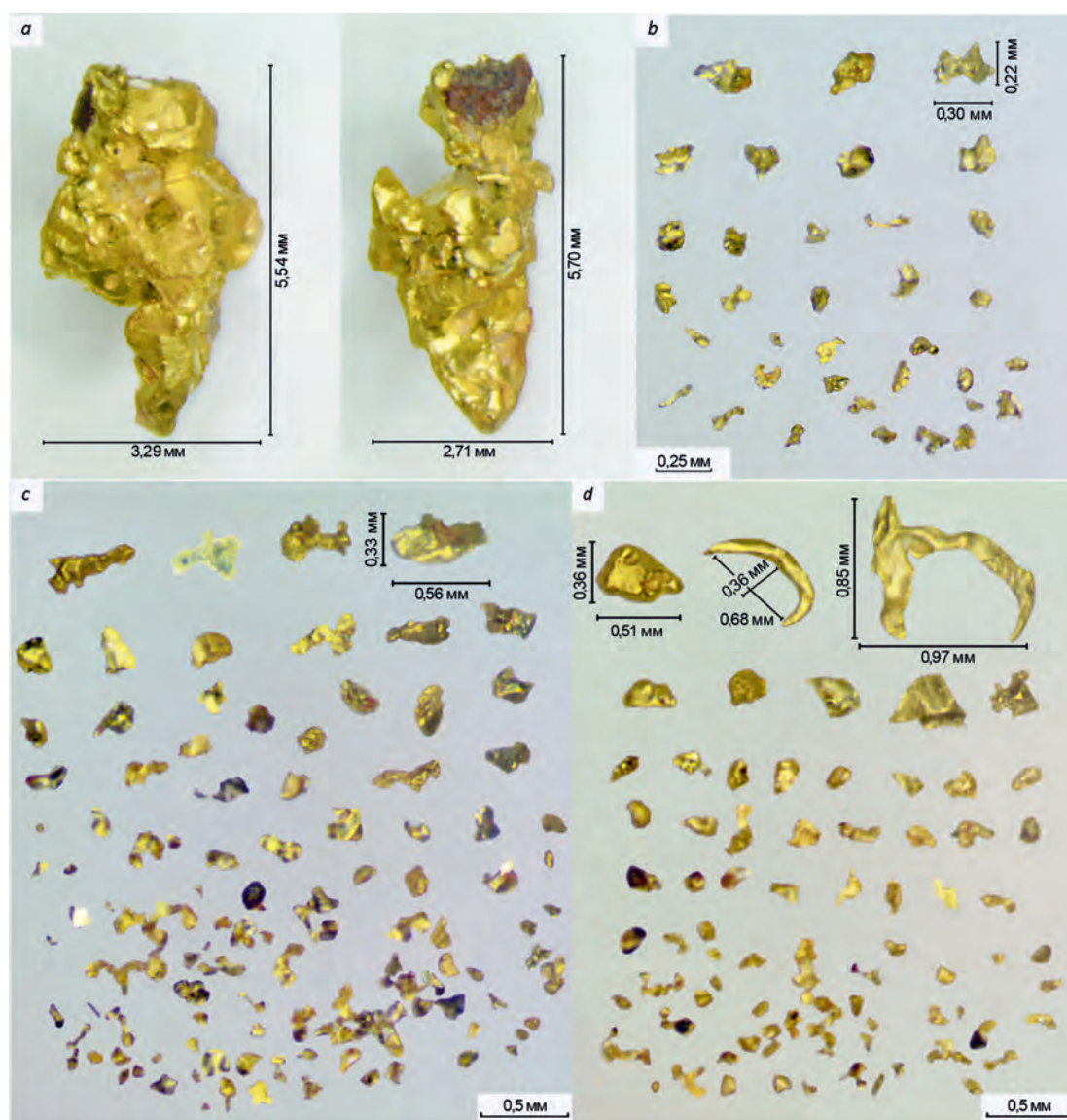


Рис. 10. Образцы самородного золота промытых протолочек при заверке геохимических аномалий золота, рудное поле Майское (участок Майский):

a – с протопочки березитизированных гранитогнейсов, канава 260 (водораздел); *b* – промывка развалов кварц-полевошпатовых метасоматитов, канава 255 (средняя часть склона); *c* – из элювиально-делювиальных отложений вблизи вершины г. Майский; *d* – промывка элювия березитизированных гранитогнейсов, канава 260

Fig. 10. Specimens of native gold from panned crushed samples taken in the course of verification of geochemical gold anomalies, Maiskoe ore field (Maisy site):

a – from a crushed sample of berezitized granite gneisses, Trench 260 (water divide); *b* – panned concentrate of a dump of quartz-feldspar metasomatites, Trench 255 (middle section of a slope); *c* – from eluvium-deluvium deposits near the peak of the Maisky mountain; *d* – panned concentrate of eluvium of berezitized granite gneisses, Trench 260



являются Cu, Fe, Zn, As и Bi. Спорадически в золоте отмечаются примеси Pb, Sb и Hg. При этом наиболее высоким содержанием (до 0,2 %) в золоте отличается Bi. Концентрация Cu, Fe, Zn, As, несмотря на высокую частоту встречаемости (особенно Cu), не превышает сотых долей процента. Присутствие примесей Cu, Fe, Zn объясняется принадлежностью руд к парагенетическим минеральным ассоциациям золота: пирит-кварцевой и полиметаллически-кварцевой. Выделенные рудные интервалы с золотом характеризуются низкими содержаниями элементов-спутников и практически отсутствием серебра по результатам атомно-абсорбционного анализа.

На основе материалов предыдущих исследований и проведенных работ были выполнены структурный и металлогенический анализы, рассмотрены различные факторы золотого оруденения, предложена геологическая модель золотого оруденения Спокойнинского рудного узла. При этом изучались различные уровни среза:

- глубинный (300–400 м), с привлечением данных гравиметрических исследований масштаба 1 : 200 000, анализом локальной составляющей гравиметрического поля, выделением локальных минимумов, контролирующих размещение рудных полей Спокойное и Майское;

- среднеглубинный (50–200 м) с привлечением аэромагниторазведки масштаба 1 : 50 000 и наземной магниторазведки масштаба 1 : 25 000, материалов геолого-съёмочных работ масштаба 1 : 200 000–1 : 50 000, выделением складчатых и взбросо-надвиговых разрывных структур, контролирующих размещение аномальных геохимических полей ранга «рудное месторождение»;

- малоглубинный (10–100 м) с привлечением данных геохимического опробования масштаба 1 : 25 000–1 : 10 000, наземных геофизических исследований (магниторазведки, электроразведки) масштаба 1 : 10 000, результатов геолого-съёмочных работ масштаба 1 : 50 000 и выделением аномальных геохимических полей ранга «рудное тело», участков, потенциально благоприятных для обнаружения рудных тел;

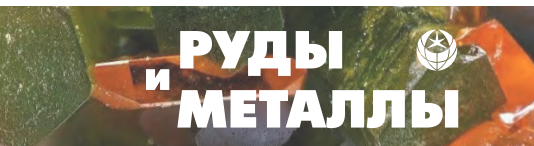
- поверхностный (0–10 м) с привлечением данных документации горных выработок (канав мехпроходки), минераграфических исследований договорных работ.

Подобный подход позволил выделить на разных уровнях факторы контроля и размещения золотого оруденения. Разработана модель золотого оруденения объёмного, нелинейного типа. Такая модель хорошо объясняет данные геохимических и геофизических исследований, логично встраивается в концепцию геологического строения Спокойнинского рудного узла по данным геолого-съёмочных работ масштаб 1 : 200 000 (Кардаш Е. А., 2014 г.), 1 : 50 000 (Бураков Л. Ф., Верёвкин Н. И. и др., 1974 г.).

Предложенная модель является идеей, требующей подтверждения. Для однозначного решения задачи необходимо проведение дальнейших поисковых горных работ с использованием канав мехпроходки, канав с применением буро-взрывных работ и профильное бурение колонковых скважин и др.

Выбранные ранее как месторождения-аналоги Пинигинское и Бамское не отвечают выявленному типу золотого оруденения в пределах Спокойнинского рудного узла, так как обнаруженное золотое оруденение локализуется в березитах по гнейсам и гранитогнейсам, непосредственно связано с мезозойскими магматитами субщелочных формаций, рудные тела представлены сложными залежами, нелинейным типом. Аналогов подобных объектов в пределах Алдано-Становой золото-рудной провинции не установлено. Ни одно из известных в пределах Алданского щита месторождений рудного золота куранахского, лебединского, самолазовского, угуйского, рябиновского, эльконского, пинигинского, морозкинского типов как аналог для выявленного в пределах Спокойнинского рудного узла типа оруденения не подходит.

На данной стадии изученности Тыркандинского золотоносного района для Спокойнинского рудного узла предлагается новая геологическая модель залежного типа золотого оруденения в гранитизированных метаморфических породах фундамента с прожилково-



вкрапленным малосульфидным золотокварцевым типом минерализации. По вещественному типу руд (березиты с пирит-кварцевыми прожилками) оно имеет сходство с оруденением месторождения Морозкинское, по морфологическому типу рудных тел (приуроченность к складчатым структурам, зонам расслан-

цевания и кливажа) – с месторождением Тарынахское в Верхнеинди-гирском районе, по совокупности обозначенных позиций является оруденением нового – спокойнинского – типа. На наш взгляд, наиболее близким объектом-аналогом является месторождение рудного золота Благодатное (Енисейский кряж).

Авторы

Соколов Евгений Павлович

начальник комплексной геолого-поисковой партии
руководитель проекта¹
Geol63@mail.ru

Бабкина Татьяна Георгиевна

кандидат геолого-минералогических наук
главный геофизик комплексной геофизической партии¹
tgbab@mail.ru

Макогонов Иван Витальевич

начальник отряда комплексной
геолого-поисковой партии¹
Ivanmak91@mail.ru

Линник Ирина Андреевна

геолог I категории комплексной
геолого-поисковой партии¹
linnikIA@rusgeology.ru

Халгаев Егор Устинович

геолог II категории комплексной
геолого-поисковой партии¹

Шматкова Людмила Егоровна

главный специалист по геолого-съёмочным
и геологоразведочным работам Геологического отдела¹
Geolog0102@mail.ru

Анисимова Галина Семеновна

кандидат геолого-минералогических наук
ведущий научный сотрудник²
gsanisimova1952@mail.ru

Кондратьева Лариса Афанасьевна

кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник²
lkon12@yandex.ru

Кардашевская Вероника Николаевна

младший научный сотрудник²
kardashevskaya92@mail.ru

¹ Центральная поисковая-съёмочная
экспедиция АО «Якутскгеология», г. Якутск, Россия

² Институт геологии алмаза
и благородных металлов СО РАН, г. Якутск, Россия

Authors

Evgenii P. Sokolov

Head of the integrated geological search party¹
Project Manager
Geol63@mail.ru

Tatiana G. Babkina

PhD
Chief geophysicist of the integrated geophysical party¹
tgbab@mail.ru

Ivan V. Makogonov

Head of the unit of the integrated
geological search party¹
Ivanmak91@mail.ru

Irina A. Linnik

Geologist of the I category of the complex
geological search party¹
linnikIA@rusgeology.ru

Egor U. Khalgaev

Geologist of the II category of the complex
geological search party¹

Lyudmila E. Shmatkova

Chief Specialist in geological survey and geological
exploration of the Geological Department¹
Geolog0102@mail.ru

Galina S. Anisimova

PhD
Leading Researcher²
gsanisimova1952@mail.ru

Larisa A. Kondrat'eva

PhD
Senior Researcher²
lkon12@yandex.ru

Veronika N. Kardashevskaya

Junior Research Assistant²
kardashevskaya92@mail.ru

¹ Central search and filming
Expedition "Yakutskgeologiya", Yakutsk, Russia

² Diamond and Precious Metal Geology Institute,
SB RAS, Yakutsk, Russia