

Золотое оруденение участка Чулковский Селигдарского рудного поля (Республика Саха (Якутия))

Аннотация. Рассмотрены особенности геологического строения и золоторудной минерализации рудопроявления Чулковское, относящегося к лебединскому типу. Золото-серебряное оруденение локализуется в виде залежей лебединского типа как непосредственно в доломитах, так и в силлах сиенит-порфиров, а также в субвертикальных зонах дробления в субщелочных породах.

Выявлены основные характерные признаки самородного золота: гранулометрия, морфология, внутреннее строение и состав. Полученные данные позволяют предполагать полистадийность процесса рудоотложения и его дальнейшее преобразование в результате гидротермально-метасоматических процессов. Установлено наличие крупного золота, оказывающего влияние на достоверность опробования руд традиционными методами. Показана идентичность золота из проб протолочек и из элювия.

Ключевые слова: Томмот-Эльконская зона, участок Чулковский, разрывные нарушения, оруденение, самородное золото.

СТОЛЯРЕНКО ВЛАДИМИР ВАЛЕНТИНОВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией¹, stolyarenko@tsnigri.ru

МИНАКОВ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ, заслуженный геолог, начальник центра геологических компетенций³, min.aldan@mail.ru

АЛФЕРОВА ВАЛЕРИЯ АЛЕКСЕЕВНА, младший научный сотрудник¹, alferova@tsnigri.ru

РЯБОШАПКО АЛЕКСЕЙ ГЕННАДЬЕВИЧ, руководитель проекта², shapka_88@mail.ru

МИНАЕВА СВЕТЛАНА ВИКТОРОВНА, ведущий инженер¹, minaeva@tsnigri.ru

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГБУ «ЦНИГРИ»), г. Москва

² Акционерная компания «Алроса» (публичное акционерное общество) (АК «Алроса» (ПАО)), г. Новосибирск

³ Алданское обособленное подразделение акционерного общества «Якутскгеология», г. Алдан

Gold mineralization of the Chulkovsky Site of the Seligdar Ore Field, Republic of Sakha (Yakutia)

V. V. STOLYARENKO¹, A. V. MINAKOV³, V. A. ALFEROVA¹, A. G. RYABOSHAPKO², S. V. MINAEVA¹

¹ Federal State Budgetary Institution "Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals" (FSBI "TSNIGRI"), Moscow

² Alrosa Joint Stock Company (Public Joint Stock Company) (Alrosa Corporation (PJSC)), Novosibirsk

³ Aldan branch of the JSC "Yakutskgeologiya", Aldan

Annotation. The article considers peculiarities of the geological features and gold ore mineralization of the Chulkovsky ore occurrence assigned to the Lebedinsky type. The gold-silver mineralization occurs in form of the Lebedinsky type lodes, both directly in dolomites and in sills of syenite porphyries, as well as in subvertical crush zones in subalkaline rocks. The main characteristic properties of the native gold were obtained, the granulometry, morphology, internal structure, and composition. The data obtained allow us to assume a multi-stage process of the ore deposition and its further transformation as a result of hydrothermal-metasomatic processes. The presence of coarse gold was established, which affects the reliability of the ore sampling using traditional methods. An identity of the gold obtained from both the crushed samples and eluvium is demonstrated.

Key words: Tommot-Elkon Zone, Chulkovsky Site, faults, ore mineralization, native gold.

Селигдарское рудное поле, входящее в состав Лебединского рудного узла (РУ) и включающее участок Чулковский, расположено на северном склоне позднеархейско-раннепротерозойской структуры – Алдано-Станового щита, на стыке юго-западного фланга Лебединского и Нимгерканского РУ Центрально-Алданского золоторудного района. Географически участок находится в 15 км к юго-западу от посёлка Орочен. В целом строение рассматриваемой площади Селигдарского рудного поля определяется наличием двух структурных этажей – докембрийских сложно-дислоцированных образований кристаллического фундамента и субгоризонтально залегающих на них осадочных пород платформенного чехла. Платформенный чехол подразделяется на два яруса – венд-нижнекембрийский и нижнеюрский (в микрограбенах). Венд-нижнекембрийский ярус представлен карбонатными породами и с региональным несогласием залегает на выровненной поверхности фундамента. В свою очередь, на размывтой поверхности карбонатной толщи со скрытым угловым несогласием залегают нижнеюрские терригенные отложения, слагающие верхние части осадочного разреза. Все вышеописанные образования прорваны лакколитами, штоками, пластовыми интрузивами и дайками мезозойских магматических пород, широко развитых на площади.

Одним из основных факторов, влиявших на развитие золотого оруденения площади, является её нахождение в узле пересечения зон региональных дофанерозойских разломов – Томмот-Эльконской северо-восточного простирания и Юхтино-Нимгерканской северо-западного простирания (рис. 1), что определяет широкое развитие сети разрывных нарушений от субвертикальных до пологонаклонных и мелкоблоковое строение со смещением по разрывным нарушениям с амплитудами 5–10, 20–25, до 60 м с юго-запада на северо-восток и с северо-запада на юго-восток. В период мезозойской тектоно-магматической активизации формировались новые и подновлялись древние разломы, обусловившие блоковое строение района. Узел пересечения данных зон выделяется всеми исследователями Центрального Алдана как потенциально золотоносный Нимгерканский рудный узел, включающий многочисленные месторождения и проявления россыпного золота, а также проявления и пункты минерализации рудного золота [6, 9, 24].

Необходимо отметить, что Томмот-Эльконская металлогеническая зона рудоносных разломов – одна из главных металлогенических единиц Центрально-Алданского района. Система глубинных разломов северо-восточного простирания, отражением которой и является данная зона, контролирует и вмещает значительную часть месторождений и проявлений рудного золота золото-сульфидно-кварцевой формации (лебединского типа). В её пределах размещается ряд рудных полей: Колтыкон-Самодумовское, Малокуранахское, Горы Рудной, Орто-Сала-Верхнекуранахское, Селигдарское, Гранитное и другие принадлежащие к Лебединскому и Нимгерканскому узлам. Наличие в пределах Нимгерканского узла зоны пересечения региональных разломов определяет интенсивную разрывную тектонику и магматизм мезозойского этапа активизации. Именно к ареалам мезозойских магматических пород тяготеют все известные в районе россыпи золота и проявления коренного золота. Становление интрузий сопровождалось метаморфическими, контактово-метасоматическими и гидротермально-метасоматическими процессами в виде скарнирования, мраморизации карбонатных толщ, а также ороговикования, хлоритизации, эпидотизации, серицитизации, окварцеванием вмещающих пород.

Геологическое строение участка Чулковский типично для Лебединского рудного узла. Участок сложен толщей доломитов усть-юдомской свиты венда мощностью до 200–220 м, вмещающей субгоризонтально залегающие силлы роговообманковых и авгит-роговообманковых сиенит-порфилов верхнеселигдарского комплекса мощностью от 10–20 до 100 м. Толща платформенного чехла залегает субгоризонтально на пенепленизированной поверхности архей-протерозойского фундамента, вскрытого скважинами КБ, обнажающейся на поверхности в долинах водотоков. Породы фундамента и платформенного чехла прорваны штоками интрузий лебединского комплекса – меланократовых субщелочных сиенитов, кварцсодержащих сиенитов, дайками минетт, ортофиоров, бостонитов и штоком шонкинитов алданского комплекса [1, 3, 14, 15] (рис. 2).

Наиболее распространены пластовые интрузии роговообманковых щёлочноземельных сиенит-порфилов верхнеселигдарского комплекса, залегающие почти согласно с вмещающими породами (рис. 3).

По геологическим и геофизическим данным на площади участка развита сеть разрывных

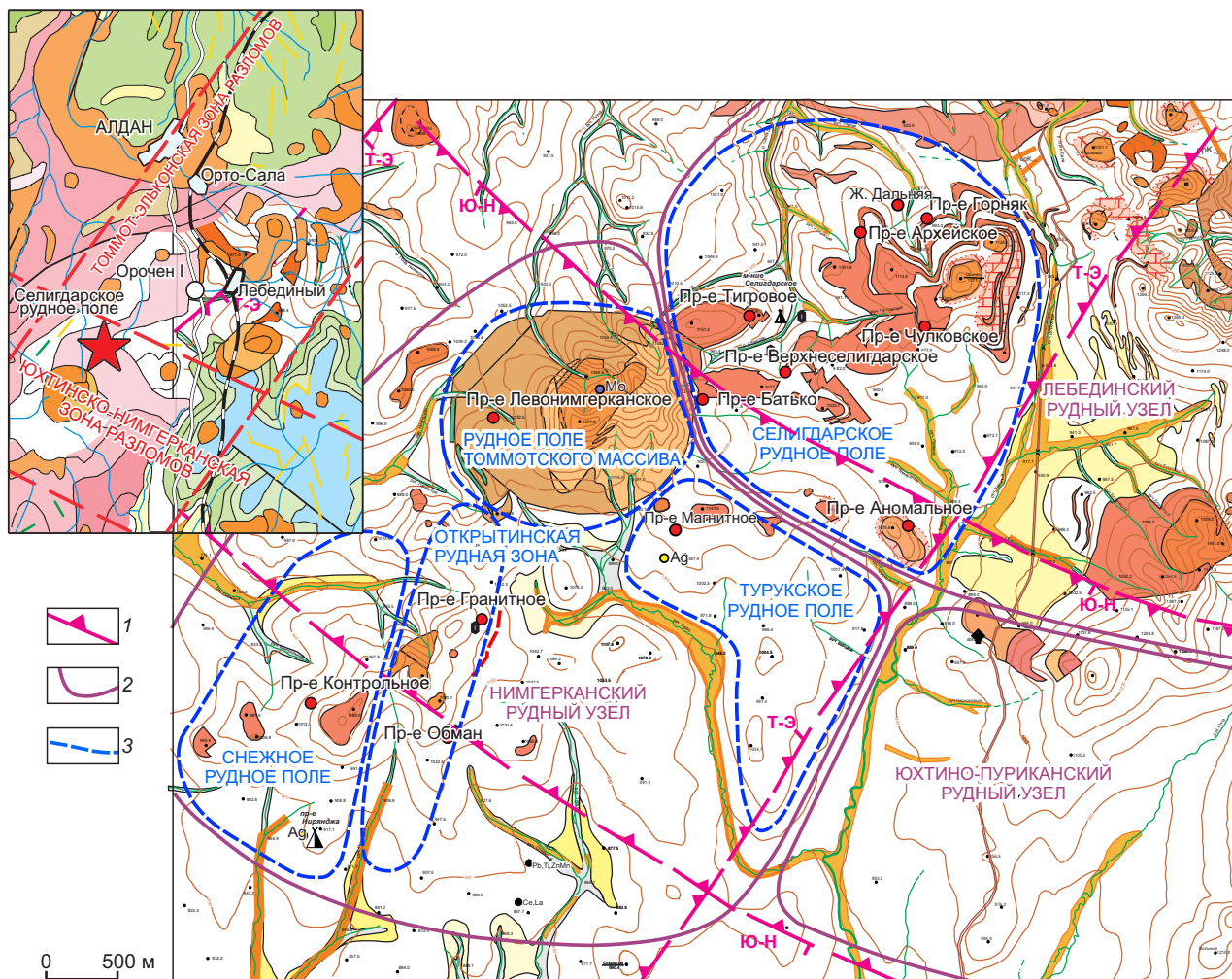


Рис. 1. Схема расположения Селигдарского рудного поля в пределах Томмот-Эльконской зоны разломов:

1 – металлогеническая зона: Т-Э – Томмот-Эльконская, Ю-Н – Юхтинско-Нимгерканская; 2 – рудный узел; 3 – рудное поле

нарушений северо-восточного, северо-западного и субмеридионального простираний Томмот-Эльконской и Юхтинско-Нимгерканской зон разломов, что привело к образованию в узлах их пересечений проницаемых для рудных растворов зон дробления. Разрывные нарушения вмещают многочисленные дайки различного состава от эпидеитовых порфиров до сиенит-порфиров и бостонитов с сопутствующей гидротермально-метасоматической минерализацией. Протяжённость даек колеблется от сотен метров до 1–2 км, мощность 3–5 м (см. рис. 2). В структуре участка важную роль играют разрывные нарушения северо-западного и северо-восточного простираний, ме-

нее выражены субмеридионального и субширотного. Разрывные нарушения контролируют локализацию интрузий различных комплексов, сопутствующих им метасоматитов и рудных образований.

В поле доломитов вблизи контактов со штоками шонкинитов и дайками ортофигов, выявлены геохимические аномалии во вторичных ореолах рассеяния Cu, Pb, As, Ag и Au на фоне обширной аномалии электропроводности.

Гидротермальные изменения в породах осадочного чехла выражаются в лимонитизации и анкеритизации, в силле сиенит-порфиров мезозойского возраста – в калишпатизации, пирит-кварцевом

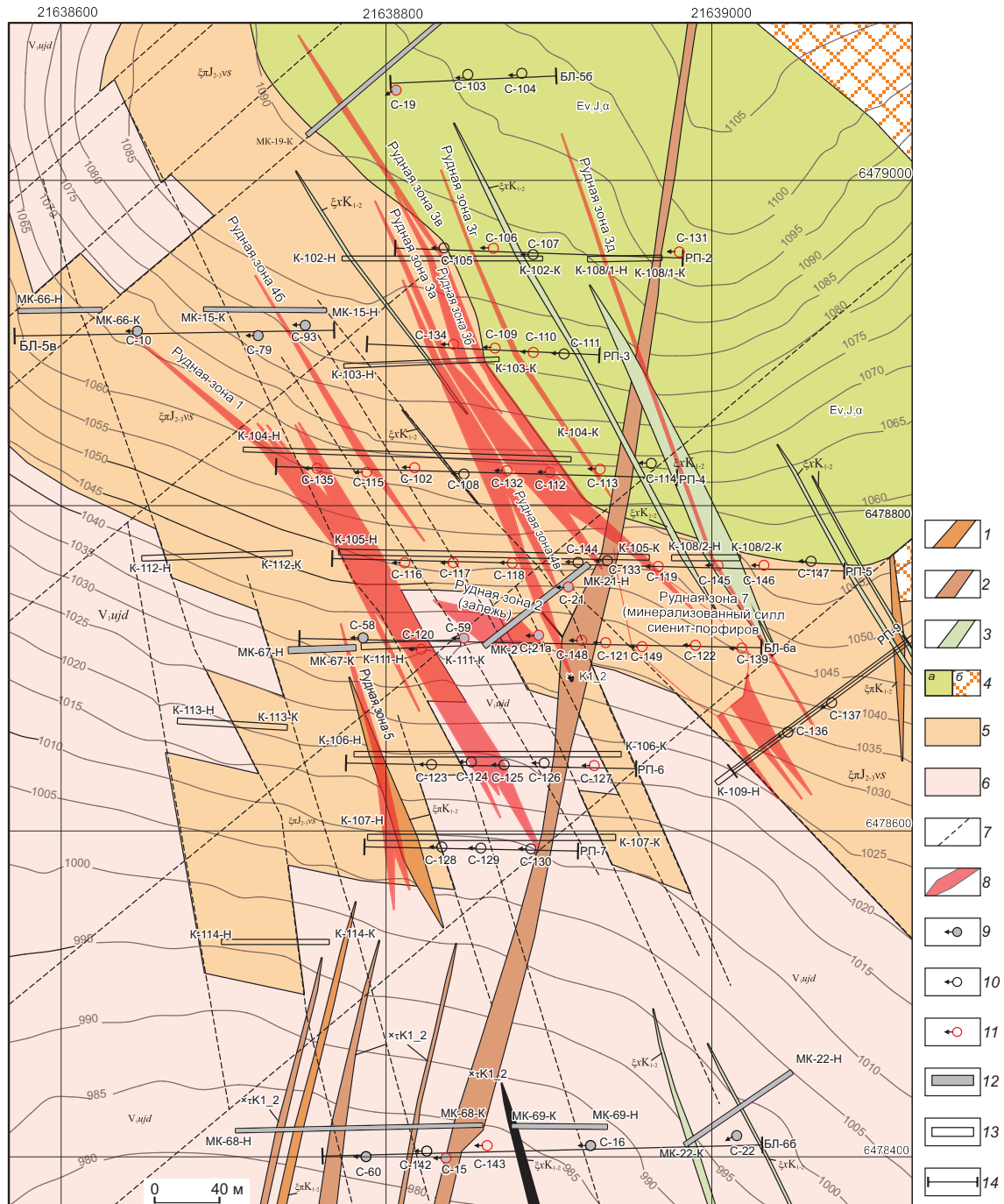


Рис. 2. Схематическая геологическая карта участка Чулковский. По данным работ АО Росгео 2017–2019 и 2021 гг.:

мезозойский вулcano-плутонический комплекс, дайки: 1 – роговообманковых сиенит-порфиров ($\xi\tau K_{1-2}$), 2 – ортофиоров (χK_{1-2}), 3 – минетт ($\xi\tau K_{1-2}$); Алданский плутонический комплекс фергусит-щёлочносиенитовый: 4 – первая фаза: а – штоки, мелкие интрузии шонкинитов, биотитовых пироксенитов, б – магнезиальных скарнов; верхнеселигдарский комплекс щёлочноземельных и умеренно-щелочных сиенит-порфиров: 5 – силлы, дайки роговообманковых и авгит-роговообманковых щёлочноземельных сиенит-порфиров ($\xi\tau J_{2-3}$ vs); Венд, Устьюдомская свита: б – доломиты, песчанистые доломиты (V_{1ujd}), 7 – тектонические разрывные нарушения; 8 – рудолокализирующие гидротермально-метасоматические минерализованные зоны; 9–10 – номер скважины, её высотная отметка и направление бурения ГРП (годы): 9 – 2018–2019, 10 – 2021–2023; 11 – скважины, вскрывшие значимые содержания Au; 12–13 – номер канавы и её высотная отметка ГРП (годы): 12 – 2018–2019, 13 – 2021–2022; 14 – буровой профиль и его номер

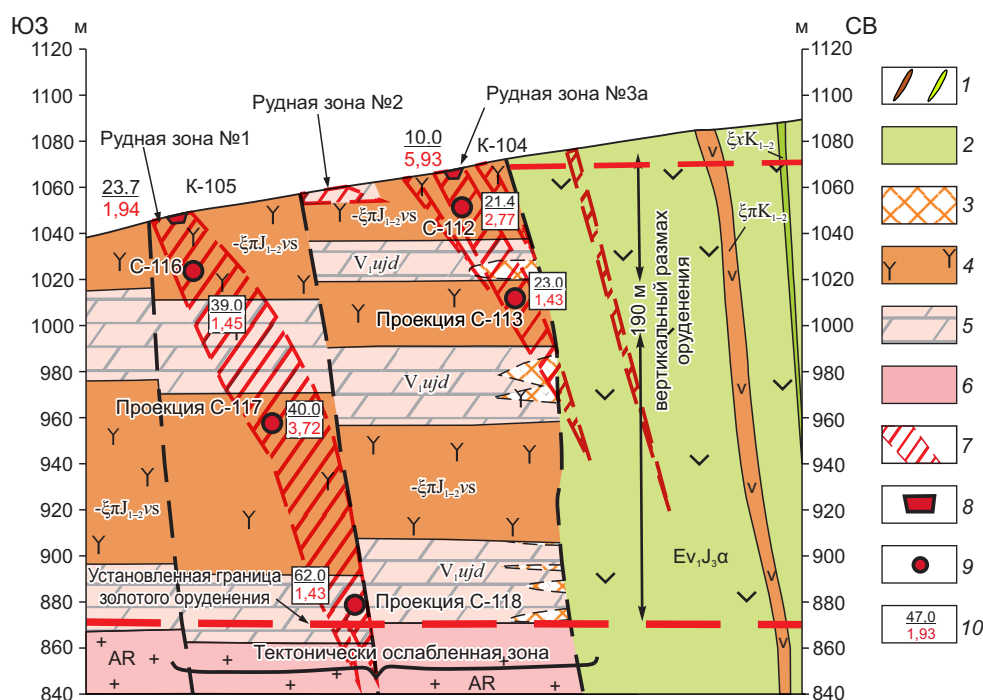


Рис. 3. Поперечный разрез и принципиальная модель рудопроявления Чулковское. На основе фактических данных 2018–2019 и 2021–2023 гг.:

мезозойский вулcano-плутонический комплекс: 1 – дайки роговообманковых ортофиоров ($\xi\pi K_{1-2}$), минетт ($\xi x K_{1-2}$); Алданский плутонический комплекс фергусит-щёлочно-сиенитовый: 2 – первая фаза, штоки, лакколлиты щелочных сиенитов: шонкинитов, микрошонкинитов ($Ev_1 J_3 \alpha$); 3 – магнизальные скарны; верхнеселигдарский комплекс щёлочноземельных и умеренно-щелочных сиенит-порфиоров: 4 – силлы, дайки роговообманковых и авгитроговообманковых щёлочноземельных сиенит-порфиоров (вогезиты?), субщелочных сиенитов ($\xi\pi J_{2-3} vs$); Венд, Устьюдомская свита: 5 – доломиты песчаные и глинистые, реже кварц-полевошпатовые песчаники ($V_1 ujd$); Архей нерасчленённый: 6 – граниты, гранито-гнейсы (AR); 7 – рудные зоны; горно-буровые выработки: 8 – каналы, пройденные в 2021–2023 гг., 9 – скважины и проекции скважин 2021–2023 гг.; 10 – параметры скважин (дробь): числитель – мощность, знаменатель – содержание золота, г/т (борт 0,5 г/т)

прожилковании и последующей лимонитизации за счёт окисления пирита.

Комплекс пород кристаллического фундамента и платформенного чехла перекрыт разнообразными рыхлыми кайнозойскими отложениями. Наиболее древние из них – реликты химических кор выветривания эоцен-олигоценного возраста. Площадные коры выветривания по гранитам, гнейсам, кристаллосланцам представлены выветрелой дресвой с сохранением текстурных особенностей изначальной породы, которая обычно окрашена лимонитом в ржаво-бурый цвет. Широко развитые площадные коры выветривания по сиенитам дресвяно-глинистые с примесью гидроксидов марганца сохраняют унаследованную текстуру. Мощность отложений 5–7 м.

Золоторудная минерализация наиболее ярко проявлена в поле мощной толщи доломитов устьюдомской свиты, вмещающей субгоризонтально залегающие силлы роговообманковых сиенит-порфиоров и плагиопорфиоров. Вся толща прорвана серией субвертикальных даек сиенит-порфиоров, ортофиоров и лампрофиоров северо-западного простирания, а также единичной протяжённой секущей дайкой сиенит-порфиоров северо-восточного простирания; на востоке расположен шток шонкинитов (см. рис. 2).

Золоторудная прожилково-вкрапленная минерализация анкерит-пирит-кварц-полевошпатового состава с золотом и серебром локализована в зонах дробления, часто вмещающих дайки различного состава, которые, в свою очередь, образуют

собственные субпараллельные золоторудные тела (зоны). Мощность зон варьирует от первых метров до 40–80 м.

На одном из участков интенсивно проявленной магматической активизации (штоки шонкинитов, силлы сиенитов и сиенит-порфиоров, лакколлиты сиенитов, многочисленные дайки) выявлена золоторудная зона северо-западного простирания – Чулковская золото-сульфидно-кварцевой формации. В её пределах золоторудная минерализация довольно широко развита в породах осадочного чехла, более локально в дайках и их экзоконтактах, максимально – в силле сиенит-порфиоров верхнеселигдарского комплекса. Максимальные содержания золота (34,4 и 122 г/т) приурочены к интервалам с интенсивно развитым пирит-кварцевым прожилкованием в метасоматически изменённых сиенит-порфирах (рудная зона-3а).

В центральной части участка были выделены две основные крутопадающие рудные зоны с серией более мелких опережающих зон и субгоризонтальные рудные тела с золотым оруденением в силле сиенит-порфиоров (рудная зона-7) и породах осадочного чехла (рудная зона-(залежь)-2) (см. рисунки 2, 3).

В ряде канав, вскрывающих рудные зоны золото-сульфидно-кварцевой формации различных структурно-морфологических типов (залежей, субвертикальных минерализованных зон, даек и др.) с характерным окварцеванием, сульфидизацией, анкеритизацией и интенсивной лимонитизацией, проведено опробование предполагаемого элювия в стенке канавы, а также параллельное бороздовое опробование оруденелых пород, вскрывающихся в полотне канавы и являющихся продуцентами россыпного золота на этой площади.

Методика исследования. Шлихоминералогические пробы из элювия объёмом 0,02 м³ отмывались на лотке. Протолочные бороздовые пробы массой 10–12 кг отбирались на аналогичных интервалах канавы с последующим дроблением до 1 мм и промывкой. При промывке все пробы домывались до «серого шлиха». После просушки шлихи проходили пробоподготовку по единой схеме, включающей: 1) выделение магнитной фракции, 2) электромагнитную сепарацию, 3) домывку в чашках до «чёрного шлиха» с предварительной расситовкой материала немагнитной фракции на сите 2 мм, выделением золотого концентрата и оперативным подсчётом количества золотин. При изучении золотого оруденения сопостав-

лялись особенности самородного золота (морфологические и гранулометрические характеристики, оценка степени окатанности, наличие сростков), полученного при шлихоминералогическом опробовании разборного плотика элювия, с золотом протолочных проб, которые были отобраны из оруденелых пород, вскрывающихся в канаве и являющихся продуцентами россыпного золота на участке Чулковский. При просмотре шлихов из бороздовых проб установлено, что количество выделенных знаков самородного золота отличается в исследованных пробах на порядок и варьирует в пределах от десяти до сотни знаков. В шлихах из элювия количество выделенных знаков самородного золота, как правило, больше и колеблется в пределах от нескольких десятков до сотен знаков золота, что объясняется обогащением в процессе формирования физической коры выветривания. По цвету выделенные знаки золота во всех пробах близки между собой с незначительными вариациями и смещением оттенка в сторону светло-жёлтого. Пробность золота в основном 700–900 ‰. При этом существенно отличаются их гранулометрические и морфологические характеристики.

Типоморфные признаки золота изучались по его монофракциям, отобраным как из протолочных проб по сечениям рудных зон участка Чулковский, так и из элювия над этими зонами.

К основным характеризующим признакам самородного золота относятся: состав золотоносных минеральных ассоциаций, цвет, размеры частиц, форма выделений, состав (пробность, элементы-примеси) и внутреннее строение золотин. По перечисленным признакам (кроме внутреннего строения) и проводилось изучение самородного золота. Гранулометрический состав изучался путём разделения совокупности зёрен на классы крупности и по соотношению различных классов визуально (полуколичественно) с дальнейшим расчётом среднего размера с учётом определённого соотношения (среднемассовый размер).

Форма золотин служит показателем характера среды, в которой они отлагались, состава и фазового состояния растворов и условий кристаллизации. Формы и рельеф поверхности обособлений самородного золота изучались при помощи сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и под бинокулярной лупой. Описание проведено в соответствии с морфогенетической систематикой выделений самородного золота, составленной

Н. В. Петровской [19]. Соотношение различных форм самородного золота определялось полуколичественно для следующих основных морфологических типов: комковидное, губчатое, интерстициальное, трещинное, кристаллическое, дендриты и дендритоиды. Для трещинного золота отдельно оценивалась доля пластинчатого и каркасного (цементационного) самородного золота, для кристаллического – доля изометричных, уплощённых и удлинённых кристаллов. Гемиидиоморфные (комбинированные) формы самородного золота учитывались по соотношению простых форм с отнесением их к собственным морфологическим типам. Кроме того, определялось соотношение простых и смешанных (гемиидиоморфных) форм. Поверхность частиц самородного золота исследовалась под бинокулярным микроскопом по категориям: гладкая (блестящая), шагреновая, мелкопористая, пористая, крупнопористая с параллельной оценкой наличия поверхностных образований. Также оценивался характер краёв частиц золота по категориям: ровные, неровные, неровные острые.

Оцениваемые параметры обуславливаются совокупностью различных факторов – формационной принадлежностью объекта, морфологическим типом оруденения, минеральным составом и структурой вмещающего агрегата, степенью обогащённости золотом и др. – и являются информативными критериями при проведении поисково-оценочных работ [13].

Распределение содержаний золота и серебра в отдельных золотилах и установление набора и концентрации второстепенных элементов-примесей в них определялись при помощи микрорентгеноспектрального анализа в ИГЕМ РАН (г. Москва) по нескольким точкам на каждой частице.

Рудная зона-1 (см. рис. 2) прослежена на протяжении 400 м и сложена преимущественно силлами метасоматически изменённых роговообманковых сиенит-порфиров селигдарского комплекса и разделяющими их доломитами усть-юдомской свиты. В сиенит-порфирах развиты вкрапленная пиритизация и пирит-кварцевые прожилки. Пирит, как правило, нацело окислен до образования массивных лимонит-гематитовых руд (рис. 4). Морфологически рудная зона-1 представляет собой линейный штокверк длиной в наиболее продуктивной части 180 м, погружающийся на северо-восток до глубины 140–180 м без изменения содержаний золота.



Рис. 4. Кварц-лимонит-гематитовая руда. Содержание золота 1,4 г/т (рудная зона-1)

По канавам выделяются значимые рудные интервалы мощностью 30 и 33 м, со средним содержанием Au соответственно 1,74 г/т и 1,85 г/т при максимальном 33,1 г/т. В пределах рудной зоны-1 золотоносны как сиенит-порфиры, так и доломиты. Рудные образования содержат значимые концентрации Ag – до 124 г/т.

Зона изучена на глубину по падению скважинами. С глубиной отмечается увеличение мощности ореолов метасоматически изменённых пород с 30–35 м на верхних горизонтах (30–40 м от дневной поверхности) до 60–86 м стволовой мощности скважин на нижних горизонтах. Золотое оруденение развивается по силлам сиенит-порфиров и породам осадочного чехла, в то же время максимальные концентрации золота получены из пластовых интрузий.

В качестве рудоподводящих каналов, по аналогии с геологической обстановкой на месторождении Морозкинское, служат зоны тектонических нарушений. Морозкинское месторождение расположено в центральной части Лебединского рудного узла. В геологическом строении месторождения участвуют породы кристаллического фундамента (нижний структурный этаж), на котором с резким стратиграфическим несогласием залегают осадочные карбонатные породы венда (верхний структурный этаж). Вся эта толща прорвана разнообразными по составу и морфологии интрузивными образованиями мезозойского возраста. Месторождение локализовано в крутопадающих зонах дробления внутри тел мезозойских интрузий сиенит-порфиров и метаморфитов кристаллического фундамента. Некоторые зоны являются рудоподводящими каналами для залежей лебединского типа в породах осадочного чехла,

большая часть которых была отработана ещё в 30–40-е годы прошлого века [4, 14, 15, 18].

Самородное золото из рудной зоны-1 и её предполагаемого продолжения изучалось в пробах отобранном по канавам.

Канавой МК-22 вскрывается предполагаемое южное окончание рудной зоны-1, где среди изменённых доломитов обнаруживается субпластовое тело сильно выветренных субщелочных пород, предположительно лампрофиров, которое сечётся серией субвертикальных минерализованных зон дробления, характеризующихся окварцеванием, сульфидизацией и лимонитизацией. Зоны дробления в ряде случаев вмещают дайки лампрофиров. В шлихоминералогической пробе, отобранной из элювия по зоне дробления с дайкой лампрофиров, секущей пластовое тело субщелочных пород, найдено самородное золото в количестве 41 знака. Его максимальный размер 0,35 мм (рис. 5). Здесь же из полотна канавы отобрана бороздовая проба, в которой выделено более 35 знаков. Максимальный размер 0,35 мм (рис. 6).

Рудная зона-2, вскрытая канавой МК-21 и скважинами 21 и 21 а (см. рис. 2), представлена рудным телом залежного типа на контакте силла роговообманковых сиенит-порфиров с доломитами в узле пересечения с субмеридиональными разломами, где образовалась мощная зона интенсивно лимонитизированных и метасоматически изменённых пород с пирит-кварцевой минерализацией.

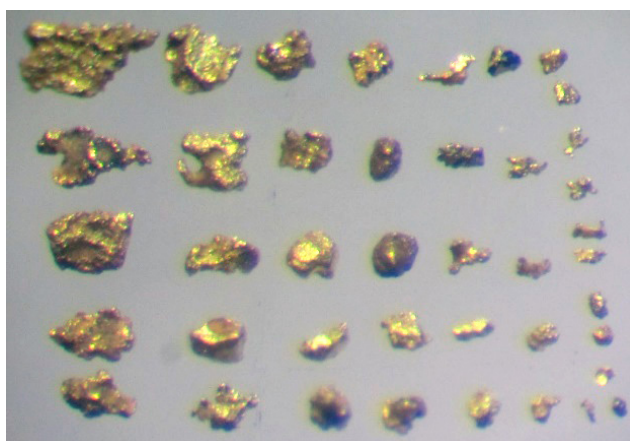


Рис. 5. Элювиальное золото рудного облика из зоны дробления, вмещающей дайку лампрофиров и секущей пластовое тело субщелочных пород

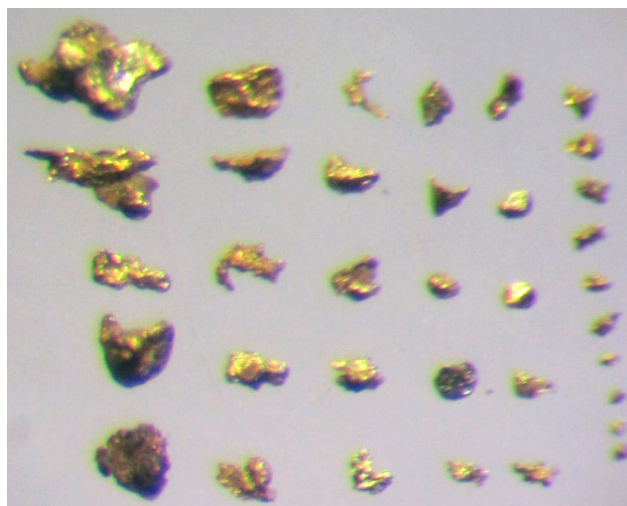


Рис. 6. Золото из бороздовой пробы из зоны дробления, вмещающей дайку лампрофиров и секущей пластовое тело субщелочных пород

Длина залежи порядка 70 м, стволовая мощность по скважинным пересечениям 6,2–8,0 м, ширина около 30 м. Простираение залежи северо-западное (300 °), в северо-восточном направлении она полого погружается в сторону штока шонкинитов и обрывается на северо-восточном окончании дайкой роговообманковых сиенит-порфиров.

В строение залежи участвуют доломиты и обломочно-глинистые образования, чередующиеся в разрезе скважин друг с другом. Доломиты желтовато-серые, песчаные, участками брекчированные, кавернозного облика, с карбонатным цементом, рассечены кварц-карбонатными тонкими прожилками, лимонитизированы, содержат мелкую вкрапленность окисленного пирита (менее 1 %). По плоскостям трещин наблюдаются дендриты марганца. Обломочно-глинистые и суглинистые образования имеют серовато-коричневую до бурой окраску.

Контакты силла с вмещающими доломитами нечёткие, сильно издробленные. Силл сиенит-порфиров сечётся несколькими в различной степени минерализованными субвертикальными зонами дробления. Породы на этих интервалах разбиты до щебнистого материала, местами окварцованы, интенсивно лимонитизированы. Иногда их секут разнонаправленные сульфидные, сульфидно-кварцевые и кварцевые прожилки мощностью до 1–2 см. Кварц в прожилках тёмно-серый

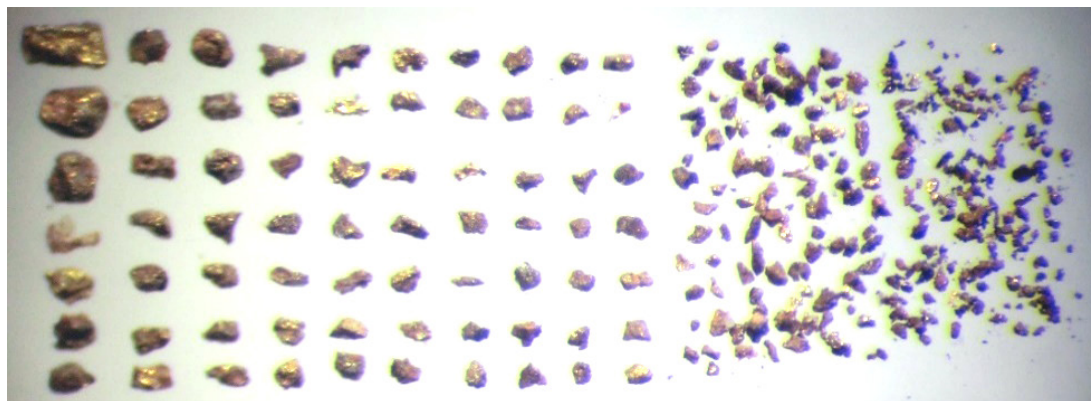


Рис. 7. Эльвиальное золото рудного облика из зоны дробления по дайке сиенит-порфиров в доломите

сливной; сульфиды полностью окисленные, замещённые рыхлыми бурыми агрегатами лимонита, местами выщелочены.

Мощность зоны в канаве составляет порядка 22 м, среднее содержание золота 1,11 г/т. В ряде скважинных пересечений в породах осадочной толщи венд-кембрийских отложений также фиксируются рудные тела залежного типа, в том числе и на границе с кристаллическим фундаментом.

Максимальные содержания Au в залежи достигают 9,6 г/т, Ag 34,0 г/т и приурочены непосредственно к глинистым образованиям (скв. 21). В целом, по данным опробования, соотношение золота к серебру в рудной зоне-2 составляет 1 : 3, средневзвешенное содержание Au по трём пересечениям – 1,85 г/т, Ag – 5,67 г/т.

В шлихоминералогической пробе, отобранной из элювия по зоне дробления дайки роговообманковых сиенит-порфиров, установлено самородное золото в количестве более 200 знаков. Максимальный размер 0,32 мм (рис. 7). Здесь же из полотна канавы отобрана бороздовая проба, из которой выделены более 114 знаков. Максимальный размер 0,4 мм (рис. 8).

Рудная зона-3 (см. рис. 2) представлена серией параллельных рудных тел (зон) 3а, 3б, 3в, 3г и 3д, располагающихся в юго-западном экзо- и эндоконтакте штока шонкинитов алданского комплекса. Рудные зоны сложены пирит-полевошпат-кварцевыми метасоматитами, как по сиенит-порфирам, так и по шонкинитам. В отдельных случаях по метасоматитам развиты зоны дробления. Протяжённость рудных тел 250–350 м,

мощность от одного до 15–20 м. Расстояние между рудными телами 6–70 м. При этом рудные тела размещаются как в силле сиенит-порфиров, так и в штоке шонкинитов. Для зон характерны интенсивная лимонитизация и трещиноватость пород. Повышенные содержания золота (до 34 г/т и более) свойственны лимонит-пирит-кварцевым прожилкам, мощность которых обычно не превышает 5–10 см, и метасоматически изменённым сиенит-порфирам.

Рудные зоны-3а и 3б локализованы в метасоматически изменённых сиенит-порфирах, при этом их центральные части представлены полностью проявленными пирит-полевошпат-кварцевыми

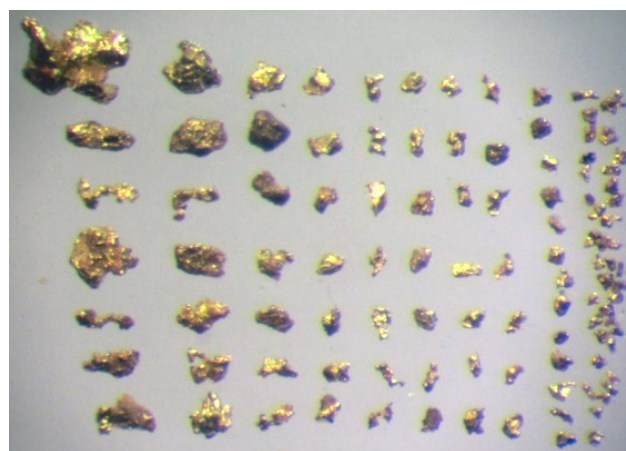


Рис. 8. Золото из бороздовой пробы из зоны дробления по дайке сиенит-порфиров в доломите

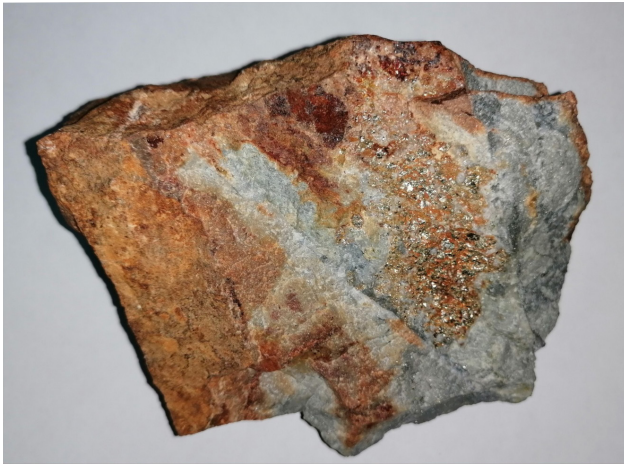


Рис. 9. Пирит-полевошпат-кварцевый метасоматит по сиенит-порфиру, содержание золота 16,8 г/т (рудная зона-3а)

метасоматитами мощностью порядка 1 м. Для этих участков характерны интенсивная лимонитизация и трещиноватость пород. Повышенные содержания золота (до 4–6 г/т и более до 122 г/т) присущи лимонит-пирит-кварцевым прожилкам мощностью обычно не более 5–10 см. Пирит в прожилках мелкий, окислен и полуокислен, содержание его иногда достигает 10–15 % (рис. 9). В метасоматически изменённых сиенит-порфирах содержание пирита, как правило, не превышает первые проценты, количество пирит-кварцевых прожилков незначительно, мощность до 1–2 см.

Рудные зоны-3г и 3д локализованы в штоке шонкинитов и представляют собой крутопадающие пластинообразные тела, сложенные лимонитизированными шонкинитами, рассечёнными тонкой сетью кварцевых прожилков с мелким вкрапленным пиритом и пирит-кварцевыми жилками мощностью до 10–15 см. Зачастую рудная минерализация приурочена к дайкам лампрофиров мощностью первые метры и их контактам с вмещающими породами.

Рудная зона-3в представлена зоной дробления на контакте штока шонкинитов с породами осадочного чехла, где сформировались мощные зоны скарнов диопсид-флогопит-кальцитового состава. В основном сульфидная минерализация в скарнах практически отсутствует. Объёмная вкрапленная пиритизация отмечается только в скважине на интервале 57–59 м. Контакты скарнов с шон-

кинитами заливообразные, с доломитами более резкие.

В отобранных шлихоминералогических пробах по скарнам установлено самородное золото в количестве от 5 до 28 знаков. В бороздовых пробах золото не выявлено.

Помимо этого, канавой МК-19 вскрываются минерализованные зоны, приуроченные к субвертикальной зоне дробления в штоке шонкинитов, а также контакта шонкинитов и дайки сиенит-порфиров, где установлена пирит-кварцевая прожилковая минерализация. В субвертикальной зоне дробления шонкиниты интенсивно фрагментированы, сульфидизированы, лимонитизированы и окварцованы. В некоторых обломках присутствуют кубические реплики пирита. Из отобранной бороздовой пробы отобрано 39 зёрен самородного золота с максимальным размером 0,6 мм (рис. 10).

В зоне контакта шонкинитов с дайкой сиенит-порфиров порода интенсивно передроблена, сульфидизирована, лимонитизирована и окварцована вплоть до появления обломков кварцевых прожилков. Дайка сиенит-порфиров также интенсивно издроблена, лимонитизирована. Повсеместно отмечаются чёрные плёнки вторичных минералов марганца. В шлихоминералогической пробе,

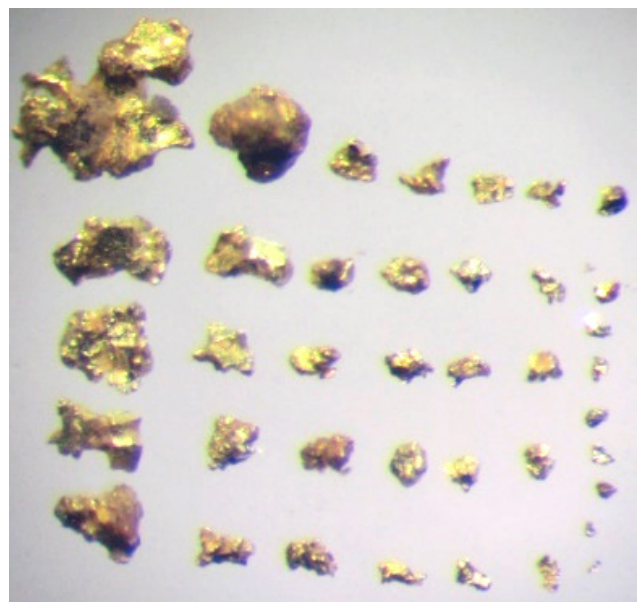


Рис. 10. Самородное золото из бороздовой пробы из зоны дробления по шонкинитам

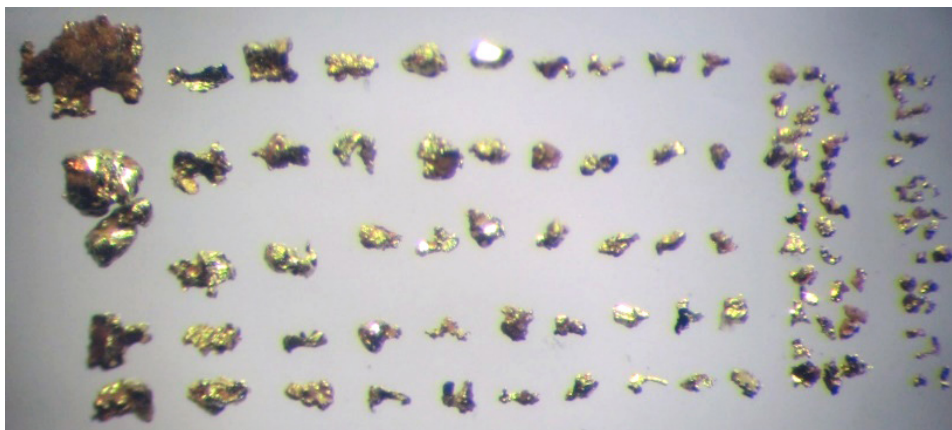


Рис. 11. Элювиальное золото рудного облика из зоны дробления по шонкинитам на контакте с дайкой сиенит-порфиров

отобранной из элювия по зоне дробления на контакте шонкинитов с дайкой, установлено самородное золото в количестве 110 знаков с максимальным размером 0,55 мм (рис. 11). Здесь же из полотна канавы отобрана бороздовая проба, из которой выделено 43 зерна с максимальным размером 0,6 мм (рис. 12).

Гранулометрические особенности шлихового золота определяются, с одной стороны, исходными размерами частиц золота, локализованными в элювии (что зависит напрямую от типа коренного источника), а с другой – динамической сортировкой кластического материала, обусловленной его транспортировкой и аккумуляцией. При этом элювиальный металл из разборного плотика практически неокатан, т. е. перемещение основного количества золота практически отсутствовало или было крайне незначительным для небольшого количества делювиального золота. Следовательно, на изменчивость гранулометрического состава в шлиховых пробах влияет исключительно тип коренного источника.

При изучении гранулометрического состава самородного золота, выделенного из протолочных проб и из шлихов, определение размера золотин и разделение на классы крупности ввиду малого размера навесок проводилось не при помощи ситового анализа, а под бинокулярным микроскопом. Соотношение различных классов крупности оценивалось визуально (полуколичественно).

Ряд протолочных проб, отобранных из руденелых пород, вскрывающихся в канавах и являющихся продуцентами россыпного золота на этой

площади, содержат значимое количество (порядка 38–50 %) золота «крупных» классов $-+0,5$ мм (рис. 13).

В расчистках, отобранных из элювия, отмечалось похожее соотношение металла данных

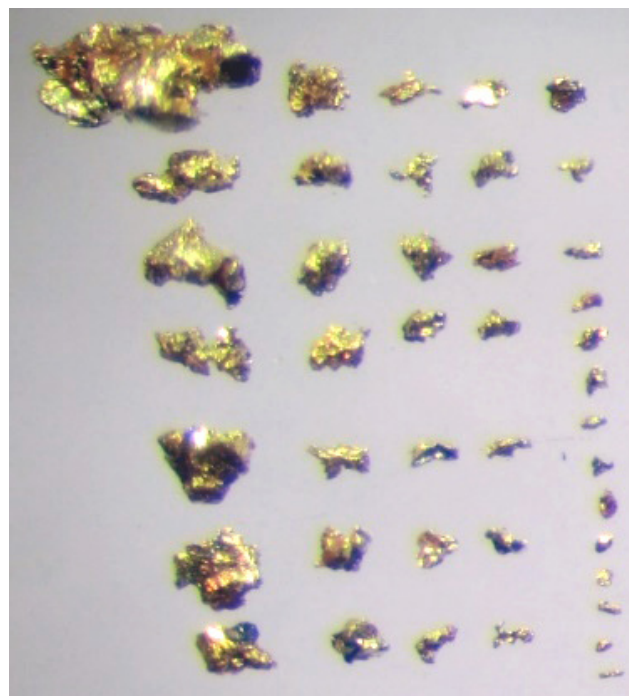


Рис. 12. Золото из бороздовой пробы из зоны дробления по шонкинитам на контакте с дайкой сиенит-порфиров

классов, при этом выход золота класса +0,5 мм составлял порядка 23 % (см. рисунки 5–8 и 10–12).

В ряде случаев наблюдалось несоответствие низких содержаний золота, по данным пробирного анализа и большого количества знаков золота, в том числе «относительно крупных» классов +0,3 мм, полученного из проб протолок и из элювия. Этот факт однозначно свидетельствует о неравномерном распределении самородного золота различного гранулометрического состава в рудах на участке Чулковский, что может значительно влиять на результаты анализа «эффекта самородка», приводящего к систематическому занижению содержаний при использовании проб малого объёма.

На гистограммах гранулометрического состава золота, полученного по рудной зоне-3 как из элювия, так и из бороздовых проб, хорошо видно, что иногда наибольшее количество золота (порядка 50 %), приходится на класс +0,5 мм, значимое количество металла (до 30 %) – на класс -0,5+0,3 мм. Аналогичное соотношение гранулометрического состава в ряде случаев наблюдается по рудным зонам-1 и 2 (см. рис. 13).

Проблема занижения содержаний золота, определённых атомно-абсорбционным методом анализа, при наличии в пробах «относительно крупного» металла (класса +0,3 мм) характерна также для месторождений Лебединского рудно-россыпного узла [22].

В настоящее время актуальна задача вовлечения в эксплуатацию золоторудных месторождений с низкими (1–2 г/т) содержаниями золота. При оценке рентабельности таких объектов занижение среднего содержания золота на десятые доли грамма на тонну могут быть решающими. При этом на ряде месторождений при оценке достоверности опробования прожилково-вкрапленных руд с содержаниями Au порядка 2–5 г/т установлено существенное занижение содержаний золота, определённых атомно-абсорбционным методом анализа [17]. Занижения были обусловлены наличием в рудах «относительно крупного» (класса +0,3 мм) самородного золота и, как следствие, неравномерностью его распределения, в результате чего стандартная исследуемая навеска становилась неrepresentative. Отсюда следует, что для оценки объектов с повышенной крупностью золота одним из необходимых мероприятий является изменение способа пробоподготовки и методики определения содержания. Поэтому одна из основных задач при проведении

ГРР – оперативное определение наличия крупного золота в пробах, обуславливающего «эффект самородка».

В соответствии с рекомендациями ГКЗ для руд с крупными зёрнами золота, особенно с невысокими его содержаниями (до 5 г/т), для повышения надёжности определений рекомендуется применять пробирную плавку большой массы руды или гравитационное выделение свободного золота из всей массы отобранной пробы после дробления до крупности 1–2 мм [23]. Первый метод отличается большой трудоёмкостью и практически не применяется. Помимо этого, выполняются анализы с предварительным отсевом крупного золота на сите и отдельным анализом надрешётного и подрешётного продуктов (ОСТ 48–276–86). Метод используется многими лабораториями, но масса навески на ситовой анализ, как правило, ограничивается 0,5–1,0 кг, которая для руд некоторых объектов недостаточна.

На основании изучения данной проблемы рядом авторов были сформулированы следующие выводы.

1. Присутствие крупного свободного золота в рудах, особенно с невысокими средними содержаниями, и его неравномерное распределение при отборе навесок для пробирного анализа приводят к значительному влиянию «эффекта самородка» на результаты анализа.

2. Для руд с преобладанием мелкого и тонкого золота в основном размером не более -0,2 мм вполне достоверны результаты пробирных анализов проб малой массы.

3. Для руд с большим количеством золота средних размеров (+0,3–0,5 мм) необходимо применять или гравитационное выделение свободного золота из всей массы отобранной пробы после дробления до крупности 1–2 мм, или проводить предварительный мокрый отсев крупного золота на сите с отдельным анализом надрешётного и подрешётного продуктов.

Таким образом, при оценке промышленной значимости рудопроявлений участка Чулковский с невысокими средними содержаниями и наличием крупного золота на первое место выдвигается вопрос определения истинного содержания золота. Отсюда следует, что актуальной задачей является определение наличия металла крупных классов крупности на ранних стадиях ГРР.

Морфология золота участка Чулковский характеризуется разнообразием форм с преобладанием гемиидиоморфных (комбинированных)

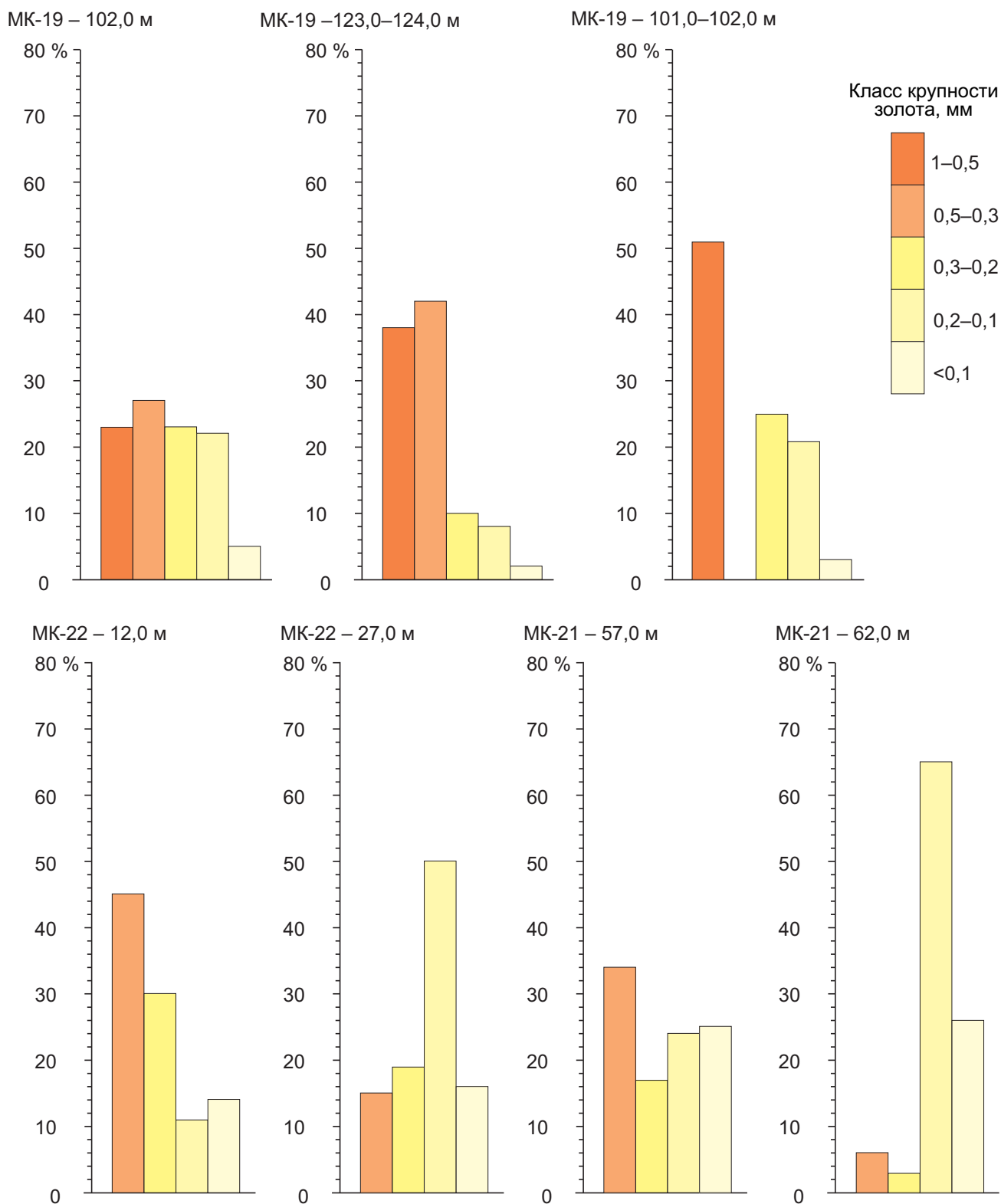


Рис. 13. Особенности гранулометрического состава самородного золота, выделенного из борздовых проб и из элювия рудных зон участка Чулковский

с большой долей золота комковидной, интерстициальной, губчатой и трещинно-каркасной (цементационной) морфологии с мелкопористой или ячеистой поверхностью и неровными острыми краями [16]. Часто отмечаются кристаллы и сростки кристаллов, в ряде случаев со ступенями роста (см. рисунки 14, 15). Губчатое самородное золото иногда представлено полифазным минеральным агрегатом мелких изометричных золотинок, сцементированных гидроксидами железа. Значимая часть золотинок, полученных из проб протолок, находится в «рубашках» гидроксидов железа и марганца, часто отмечаются сростки с кварцем.

Шлиховое золото, полученное из элювия, идентично рудному золоту из бороздовых проб и также характеризуется преобладанием гемиидиоморфных (комбинированных) форм с большой долей золота комковидной, интерстициальной и трещинно-каркасной (цементационной) морфологии (см. рис. 14) с мелкопористой или ячеистой поверхностью и неровными острыми краями.

Более мелкие золотины имеют гладкую блестящую поверхность. По золоту фиксируются частые примазки гидроксидов железа (примерно в 10–15 %). Порядка 10 % золотинок приходится на сростки с кварцем. Отмечается большое количество

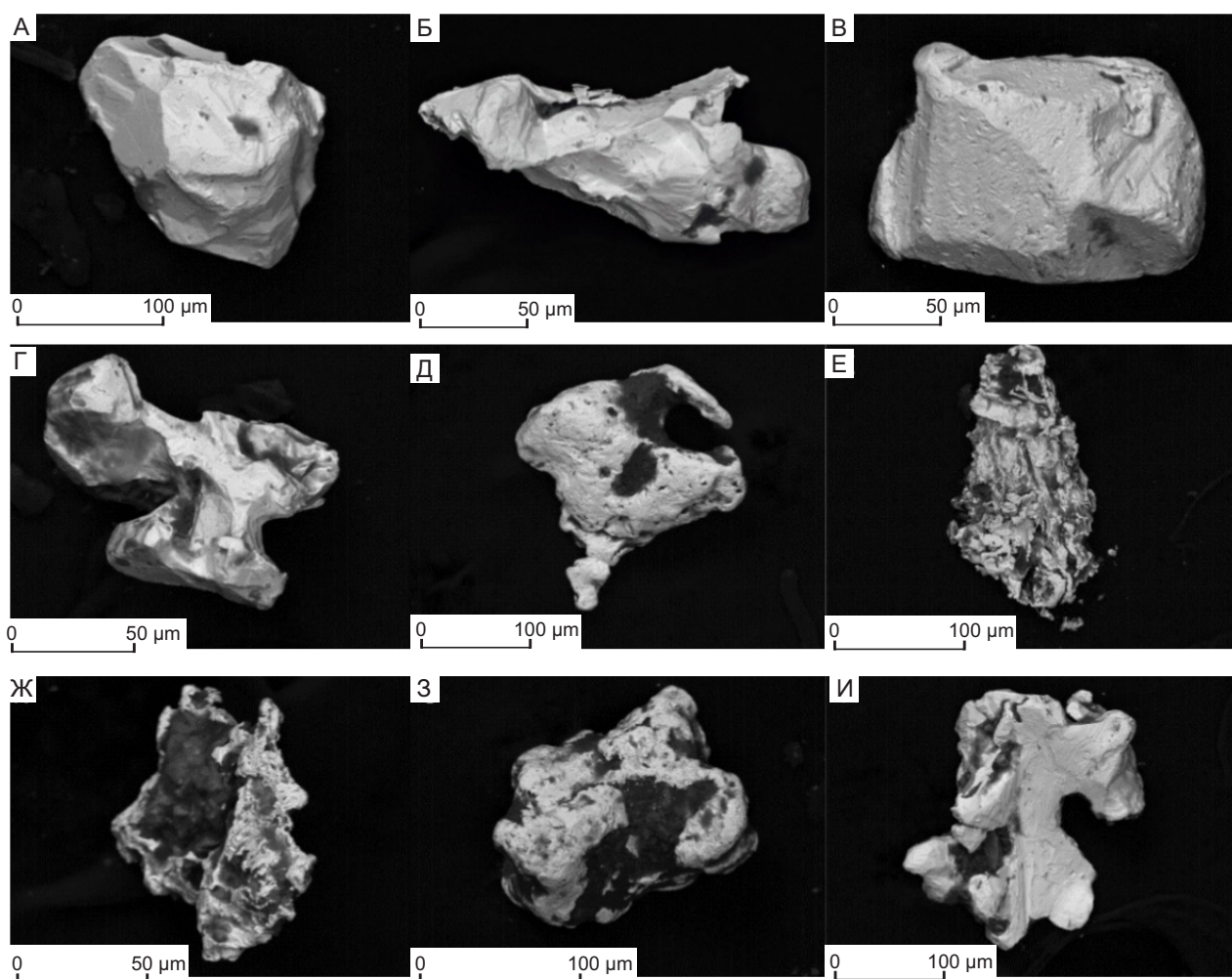


Рис. 14. Морфология зёрен самородного золота на участке Чулковский: объёмные кристаллы (А–В), сложные кристаллические сростки (Г), трещинные (Д), ячеисто-каркасные (цементационные) (Е), прожилково-губчатые (цементационные) (Ж), комковидные (гемиидиоморфные) (З), пластинчатые (гемиидиоморфные) (И):

золотины А, Г – из пробы БК-21/57 (из элювия); Б, Е–Ж – БК-19/102 (из элювия); В, Д, З – БК-22/63 (из элювия); И – БК-21/57-58 (из бороздовой пробы)

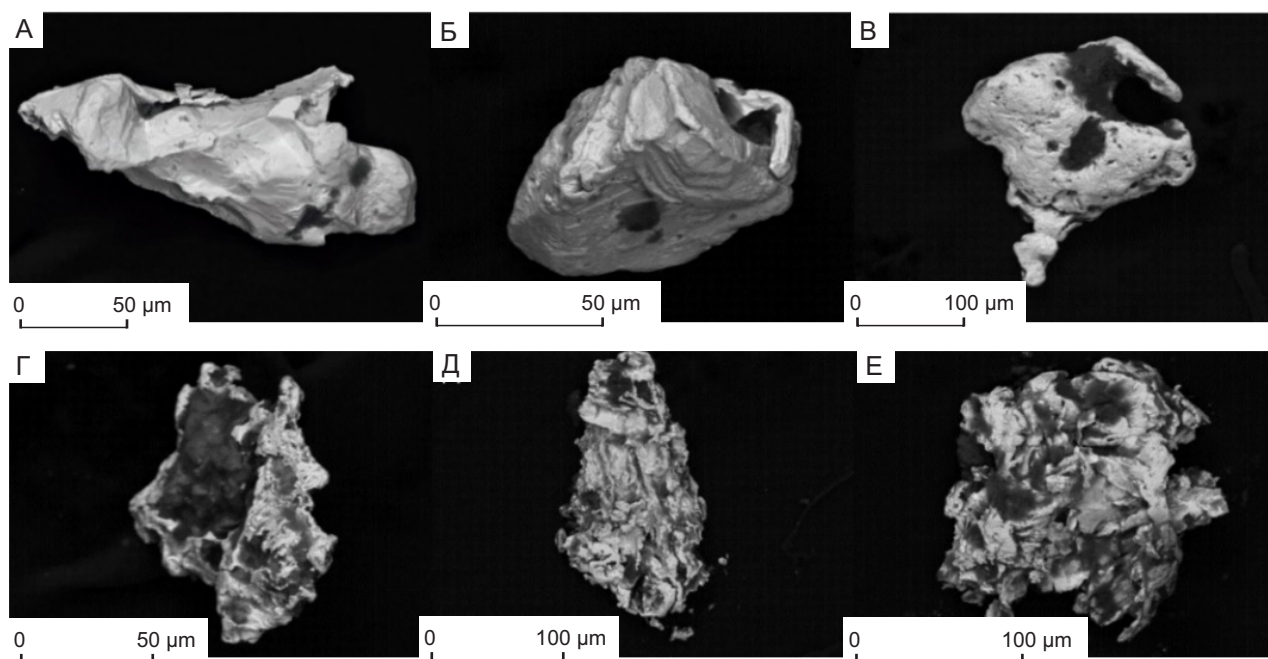


Рис. 15. Виды поверхности самородного золота из элювия участка Чулковский:

гладкая со ступенями роста (А), бугорчатая со ступенями роста (Б–В), ямчато-ячеистая (Г), губчатая (Д–Е); золотины А–Б, Г–Д – из пробы БК-19/102; В, Е – БК-22/63

сростков с интенсивно лимонитизированными минералами вмещающих пород.

Установленные морфологические особенности изученного элювиального самородного золота позволяют с высокой вероятностью говорить о незначительной степени его окатанности. То есть по шестибальной шкале окатанности золото с данного профиля в большинстве относится к 1 баллу – почти неокатанные золотины, у которых лишь притуплены острые концы выступов и изогнуты наиболее тонкие ответвления. Часто отмечаются сростки золота (до 20 % от общего количества металла) с минералами вмещающих пород с кварцем, гидрогётитом и полевым шпатом. На 10–15 % золотин можно допустить наличие признаков слабой и очень слабой окатанности (2 балла) (см. рисунки 14, 15). Подобные признаки характерны именно для элювиальных россыпей и однозначно свидетельствуют об отсутствии перемещений подавляющего большинства частиц самородного золота при формировании коровых отложений.

Помимо этого, необходимо отметить, что существенная доля губчатого самородного золота представляет собой полифазный минеральный агре-

гат, состоящий из очень мелких изометричных выделений самородного золота и гидроксидов железа. Такие сростки, вероятно, являются результатом гипергенного преобразования пирита с густой вкрапленностью или гнездовыми скоплениями мелкой вкрапленности самородного золота. Данные образования при лёгком надавливании рассыпаются на несколько частиц и также могут говорить об отсутствии перемещения от коренного источника, что свидетельствует в пользу автохтонного происхождения подавляющей части полученного шлихового металла.

Проба золота составляет от 800–920 ‰. Для золота из зоны окисления характерна более низкая проба порядка 700–870 ‰. Подобное соотношение типично для лебединского геолого-генетического типа в пределах Центрально-Алданского рудного района [2, 12].

По результатам микрорентгеноспектрального анализа золото участка Чулковский характеризуется сложным гетерофазным строением с вариациями пробности внутри отдельных золотин от 793 до 989 ‰. Среди элементов-примесей постоянно отмечается серебро, спорадически – теллур, медь.

По результатам изучения самородного золота выделены четыре генерации.

Золото первой генерации относительно низкой пробности (700–800 ‰) является наиболее ранним и слагает центральные зоны кристаллов. На него нарастает золото второй генерации средней пробности (800–900 ‰). Граница между генерациями чаще всего резкая со скачкообразным повышением пробности на 10 ‰ и более. Подобное строение характерно для большей части золотин всех трёх рудных зон, что подтверждает генетическое единство проявленного на площади золотого оруденения. Выявленный скачкообразный рост отношения Au/Ag при этом указывает на достаточно резкое изменение условий рудоотложения.

Золото третьей генерации высокой пробности (900–930 ‰) образует каймы и микропрожилки, секущие золото предшествующих генераций.

На всех описанных разновидностях золота имеются коррозийные гипергенные каймы, сложенные весьма высокопробным (980–990 ‰) золотом четвёртой генерации.

По минеральному составу золотое оруденение Чулковского рудопроявления относится к золото-сульфидно-кварцевому типу с серебро-золотыми рудами.

Предварительная модель формирования оруденения участка Чулковский. На основании полученных данных при проведении горно-буровых работ в 2017–2019 и 2021 годах на участке недр (Чулковская площадь) история геологического становления представляется следующим образом (начиная с мезозойской магматической активизации).

Этап 1 – магматический. Внедрение пластовых интрузий верхнеселигдарского комплекса.

Этап 2 – тектонический. Формирование тектонических зон северо-западного и северо-восточного простирания.

Этап 3 – магматический. Внедрение штока шонкинитов алданского комплекса.

Этап 4 – магматический. Внедрение штоков сиенитов и монзонитов лебединского комплекса.

Этап 5 – магматический. Внедрение пород дайковой серии – сиенит-порфиров, ортофиров, минетт.

Этап 6 – собственно гидротермальный. Поступление рудоносных флюидов (см. рисунки 3, 16).

Таким образом, основной объём субщелочных пород участка сформировался на раннемеловом этапе мезозойского магматизма, широко проявленного в пределах Центрально-Алданского руд-

ного района. Согласно современным представлениям, данный возраст соответствует основной стадии магматизма и сопряжённой с ней гидротермально-метасоматической деятельности [5, 11, 25]. Одним из основополагающих этапов является собственно тектонический с образованием диагональных зон разломов северо-западного и северо-восточного простираний. В узле пересечения зон разломов произошло и внедрение штока шонкинитов алданского комплекса. На завершающем этапе в уже подготовленную тектонически ослабленную матрицу за счёт сбросо-сдвиговых деформаций и, как следствие, образования интенсивно раздробленных пород поступали гидротермальные рудные растворы. Большой объём растворов поступил в максимально ослабленную область – в район узла пересечения тектонических структур. Этим и объясняется здесь мощность метасоматически изменённых пород – до 60–80 м, причём золоторудная минерализация накладывается как на сиенит-порфиры верхнеселигдарского комплекса, так и на доломиты осадочного чехла, т. е. на блок пород, претерпевших тектонические нагрузки.

Шток шонкинитов играет особую роль в структуре проявления. Шонкиниты в большем своём объёме практически стерильны на сульфидную минерализацию, а на тех участках, где она и проявляется в виде мелкого рассеянного неокисленного пирита (дорудная стадия) в количестве до 5–10 %, содержания золота не превышают 0,1 г/т. Золоторудная минерализация в штоке шонкинитов фиксируется только в узких трещинах отрыва, формирующих маломощные (0,5–5 м) зоны метасоматически изменённых сиенит-порфиров с пирит-кварцевым прожилкованием. Экзоконтакты массива, граничащие с рудными зонами, не претерпели метасоматических изменений, а содержания золота в шонкинитах при переходе от метасоматически изменённых сиенит-порфиров верхнеселигдарского комплекса без постепенных переходов резко снижаются до нулевых значений. То есть шонкиниты являются своеобразным буфером для распространения золоторудных гидротермальных растворов. Последние проникали только в маломощные зоны дробления в шонкинитах, образовавшихся уже в рудную стадию. Не исключено, что в момент внедрения шонкиниты образовали серию кулисоподобных отрывов, параллельных контакту штока, которые также сыграли благоприятную роль в размещении рудных растворов.

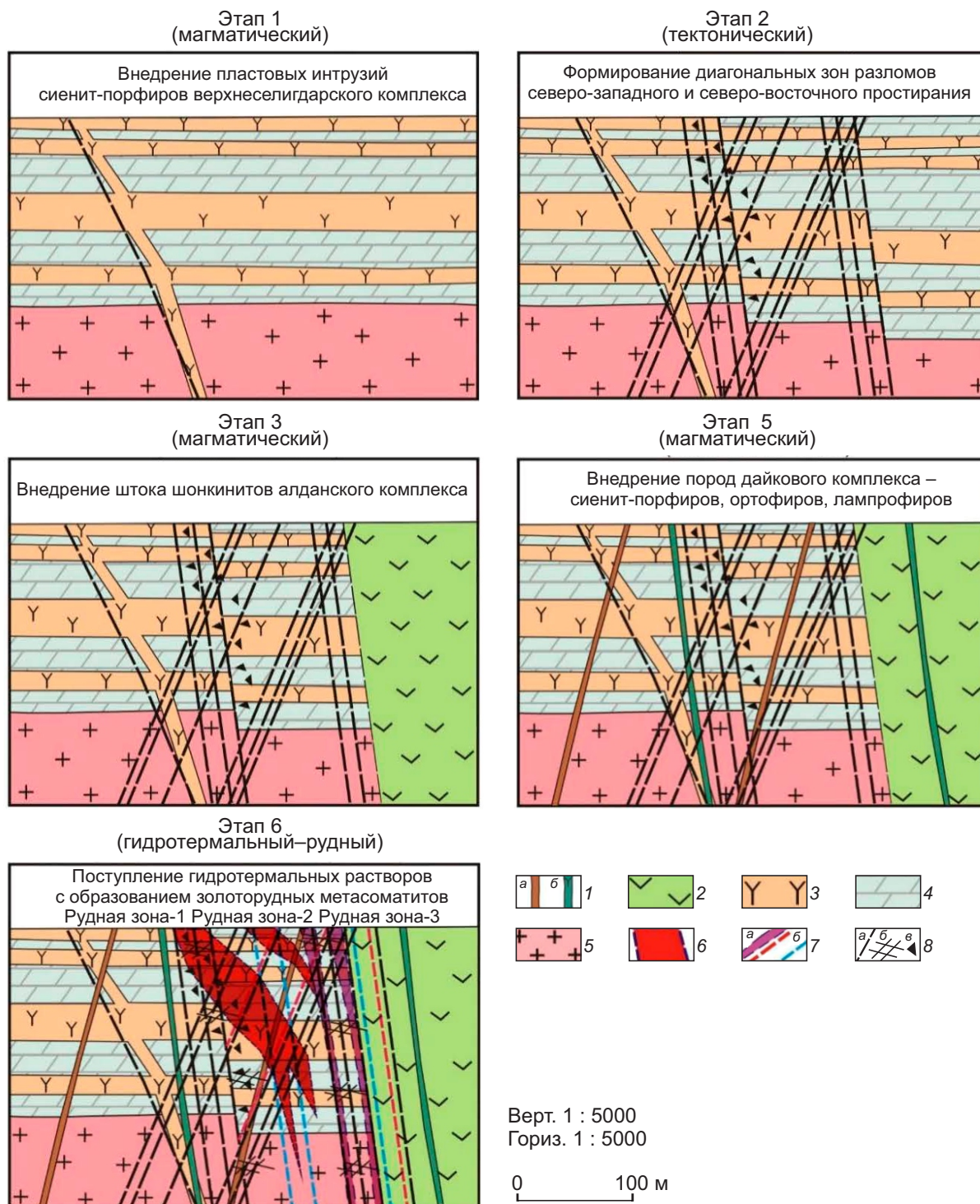


Рис. 16. Модельная обстановка и этапы формирования проявления рудного золота Чулковское:

1 – дайки: а – сиенит-порфиров, ортофиоров, б – лампрофиоров; 2 – алданский комплекс, шонкиниты; 3 – верхнеселигдарский комплекс, роговообманковые и авгит-роговообманковые сиениты и сиенит-порфиры; 4 – венд-кембрийские отложения: доломиты песчанистые, глинистые, кремнистые; 5 – архей-протерозойские породы кристаллического фундамента: граниты, гнейсы, кристаллосланцы; 6 – штокверковая зона золотоносных метасоматитов; 7 – линейные зоны метасоматитов с вкрапленно-прожилковой пирит-кварцевой минерализацией (а), пирит-кварцевые жилы (б); 8 – разломы (а), зоны дробления (б), тектонические брекчии (в); этап 4 не приводится, так как интрузивы Лебединского комплекса размещаются за пределами участка недр Чулковская площадь

Если бы становление шонкинитов произошло до формирования тектонически ослабленных структур северо-восточного и северо-западного простираний, то этот процесс затронул бы и шонкиниты, но мы этого не наблюдаем.

В эндоконтакте штока шонкинитов по породам осадочного чехла сформировались мощные (до 30–40 м) зоны скарнов диопсид-флогопит-кальцитового состава. Скарны практически не пиритизированы и не затронуты процессами метасоматических изменений, за исключением локальных участков в ряде скважин. Здесь пиритизация накладывается на маломощные участки (залиты?) материнских шонкинитов и достигает в них 15–20 % от объёма породы в виде равномерно рассеянной мелкой вкрапленности.

Таким образом, массив шонкинитов выступает в роли рудоконтролирующего фактора, рудовмещающей средой в свою очередь служат тектонически ослабленные зоны северо-восточного и северо-западного простираний в породах осадочного чехла и сиенит-порфирах, а точнее узел их пересечения. Рудные растворы концентрировались в экзоконтакте массива шонкинитов в уже подготовленной матрице интенсивно раздробленных пород. Несомненно, перспективы на наличие золоторудной минерализации имеет южный и юго-восточный экзоконтакты штока шонкинитов, а также юго-восточный фланг структуры Туманная-Дальняя на интервале проявления Чулковское – долина руч. Прямой (восточная часть Чулковской площади).

Во вторичных ореолах рассеяния рудоносная структура, представленная вертикальными зонами дробления, фиксируется контрастными положительными аномалиями Au, Ag, Pb, W, As. Менее контрастно выражены ореолы кадмия и цинка, сурьма не образует площадных или линейных аномалий и проявляется лишь точечно.

Основными поисковыми признаками для выявления золотого оруденения, аналогичного рудным телам и зонам проявления Чулковское, следует считать: наличие узлов пересечения разломных структур и комплексных литогеохимических аномалий Au, Ag, As, Pb, W, пространственно совпадающих с электроразведочными аномалиями пониженного сопротивления. Как дополнительный фактор можно рассматривать наличие штоков мезозойских магматитов, располагающихся в непосредственной близости от тектонических структур и узлов их пересечения.

Исходя из вышеизложенного можно заключить следующее.

1. В результате проведённых поисковых работ установлено, что золото-серебряное оруденение на участке Чулковский локализуется в виде залежей лебединского типа как в доломитах, так и в силлах сиенит-порфиров, а также в субвертикальных зонах дробления в субщелочных породах. По структурно-вещественным характеристикам и морфологическому типу рудных тел рудопроявление Чулковское обнаруживает сходство с геолого-промышленным типом Гора Рудная золото-порфирового рудно-формационного типа, эталонном которого является месторождение Морозкинское Лебединского рудного узла (табл. 1).

2. В ряде случаев рудопроявления и месторождения этого типа характеризуются наличием в рудах «относительно крупного» (класса +0,3 мм) самородного золота, что приводит к неравномерности его распределения и оказывает влияние на достоверность опробования руд традиционными методами. Гистограммы гранулометрического состава самородного золота, полученного из протолочных проб, однозначно показали наличие значимых содержаний металла крупных классов. На золото класса +0,5 мм нередко приходится порядка 38–50 %.

3. Самородное золото из шлиховых проб, отобранных из разборного плотика (элювия), также показало сопоставимый выход золота этого класса. Выход золота класса +0,3 мм составляет 40–65 %. То есть гранулометрический состав элювиального шлихового золота, полученного из зоны разборного плотика, также достаточно надёжен для определения значимых содержаний класса +0,3 мм. Таким образом, использование экспрессного шлихоминералогического метода опробования элювия над минерализованными зонами позволяет на ранних стадиях ГРП достаточно надёжно оценить соотношение различных классов золота в изучаемых золоторудных объектах и при наличии крупного, неравномерно распределённого золота рекомендовать предварительную обработку проб с выделением из них крупного металла, что позволит снизить влияние неравномерности его распределения.

4. В соответствии с рекомендациями ГКЗ для руд с крупными зёрнами золота, особенно с невысокими его содержаниями (до 5 г/т), в целях повышения надёжности определений рекомендуется применять пробирную плавку большой массы руды или гравитационное выделение свободного золота из всей массы отобранной пробы после

Таблица. Поисковые критерии и признаки месторождения Морозкинское (Гора Рудная), с использованием данных [1, 3, 7, 8, 10 и др.]

Критерии и признаки	Тип Горы Рудной (месторождение Морозкинское)	Рудопроявление Чулковское
Название металлогенического таксона	ЦАР. Месторождения центральной части Лебединского РУ	ЦАР. Юго-западный фланг Лебединского РУ
Геохронологические	Мезозойская ТМА	Мезозойская ТМА
Геодинамические	Относительно стабильные блоковые структуры II-го порядка с уменьшенной мощностью карбонатного чехла. Опущенные блоки фундамента контролируются зонами региональных разломов. Блоки характеризуются относительной стабильностью, но при этом находятся в пределах влияния узлов мезозойской ТМА. Массив Гора Рудная размещён на северо-западной периферии Верхне-Якутской грабен-впадины	Относительно стабильные блоковые структуры II-го порядка с уменьшенной мощностью карбонатного чехла. Опущенные блоки фундамента контролируются зонами региональных разломов. Блоки характеризуются относительной стабильностью, но при этом находятся в пределах влияния узлов мезозойской ТМА. Рудопроявление Чулковское размещено на западной периферии Верхне-Якутской грабен-впадины
Магматогенные	Основным структурным элементом является лакколитообразный массив Горы Рудной, сложенный в основном кварцевыми лейкомонциодорит-порфирами поздней фазы становления монзонит-сиенитовой формации ороченского комплекса с жильно-штокерковым золото-сульфидно-кварцевым оруденением золото-порфирового типа	Толща доломитов вмещает субгоризонтально залегающие силлы роговообманковых и авгит-роговообманковых сиенит-порфиров верхнеселигдарского комплекса. Породы фундамента и платформенного чехла прорваны штоками интрузий лебединского комплекса – меланократовых субщелочных сиенитов, кварцосодержащих сиенитов, дайками минетт, ортофиоров, бостонитов и штоком шонкинитов алданского комплекса с жильно-штокерковым золото-сульфидно-кварцевым оруденением
Литолого-фациальные	Промышленная золоторудная минерализация в основном сосредоточена на участках рудных зон, вмещаемых породами силла. Маломощные реликты венда вмещают залежный тип оруденения. В породах архейского фундамента, мощность рудных тел, выполняющих зоны разломов, как правило, ниже, чем в породах лакколита	Золотое оруденение развивается по зонам дробления в интрузии шонкинитов, доломитах, по дайкам бостонитов, минетт и преимущественно по силлам сиенит-порфиров. В породах венда вскрыты маломощные, непротяжённые рудные тела залежного типа. Рудные зоны выклиниваются на границе с кристаллическим фундаментом. В скважинах в фундаменте отмечаются лишь маломощные интервалы с содержанием золота, не превышающим 1 г/т

Критерии и признаки	Тип Горы Рудной (месторождение Морозкинское)	Рудопоявление Чулковское
Название металлогенического таксона	ЦАР. Месторождения центральной части Лебединского РУ	ЦАР. Юго-западный фланг Лебединского РУ
Структурно- тектонические	Томмот-Эльконская зона глубинных разломов с широким развитием разрывных нарушений трёх основных направлений: субмеридиональное, северо-западное и северо-восточное. Основная доля тектонических элементов в выделенных системах представлена крутопадающими трещинами скола и отрыва субвертикального залегания. Золоторудные тела локализуются в протяжённых, крутопадающих минерализованных зонах преимущественно северо-восточного простирания и оперяющих их разрывных структурах субмеридионального и северо-западных простираний. Минерализованные зоны, пересекающие породы силла и фундамента, сложены катаклазитами и тектоническими брекчиями алюмосиликатных пород	Обобщающими факторами и критериями локализации рудопоявления Чулковское на площади Селигдарского рудного поля являются его положение в узле пересечения протяжённой Юхтинско-Нимгерканской зоны разломов северо-западного простирания и Томмот-Эльконской зоны глубинных разломов с широким развитием разрывных нарушений трёх основных направлений: субмеридиональное, северо-западное и северо-восточное. Золоторудные тела локализуются в крутопадающих на северо-восток минерализованных зонах трещиноватости и дробления
Рудоконтролирующие структуры	Протяжённые разломные структуры взбросово-сбросовой кинематики Томмот-Эльконской зоны разломов. Внутриинтрузивные зоны дробления	Протяжённые разломные структуры взбросово-сбросовой кинематики Томмот-Эльконской и Юхтинско-Нимгерканской зон разломов. Внутриинтрузивные зоны дробления
Морфологический	Оруденение относится к трём морфологическим типам: оруденению в минерализованных зонах дробления и прокварцевания в породах докембрийского фундамента (рудоподводящие структуры), субгоризонтальным рудным телам (залежам) лебединского типа в чехле карбонатных отложений на границе с перекрывающими фундамент мезозойскими сиенит-порфирами и стержневым субвертикальным рудным телам и сопровождающему их прожилково-вкрапленному и жильно-штокверковому оруденению в мезозойском силле сиенит-порфиров	Оруденение относится к двум морфологическим типам: оруденению в минерализованных зонах дробления и прокварцевания в породах чехла, силлах сиенит-порфиров и штоке шонкинитов, субгоризонтальным рудным телам (залежам) лебединского типа в чехле карбонатных отложений на границе с перекрывающими фундамент мезозойскими сиенит-порфирами и на границе с кристаллическим фундаментом

Окончание таблицы

Критерии и признаки	Тип Горы Рудной (месторождение Морозкинское)	Рудопроявление Чулковское
Название металлогенического таксона	ЦАР. Месторождения центральной части Лебединского РУ	ЦАР. Юго-западный фланг Лебединского РУ
Гидротермально-метасоматические	В массиве лейкомонцодиорит-порфиров, несущем штокверковое и жильно-прожилковое золотое оруденение, проявлена объёмная дорудная березитизация, а в рудных зонах – кварц-калишпатовые, кварц-серицитовые, серицитовые, кварцевые, кварц-карбонатные и аргиллизитовые изменения до высокой интенсивности. Крутопадающие минерализованные зоны в породах фундамента сопровождаются эпидотизацией, хлоритизацией и карбонатизацией метаморфических пород. В локальных зонах проявлены березитизация и кварц-серицитовые преобразования	В породах осадочного чехла гидротермальные изменения выражаются в лимонитизации и анкеритизации, в силах сиенит-порфиров мезозойского возраста – в калишпатизации, пирит-кварцевом прожилковании и последующей лимонитизации за счёт окисления пирита. В зонах дробления отмечается анкеритизация и мраморизация доломитов
Минералогические	В штокверковых рудах и минерализованных зонах в фундаменте и лакколите Горы Рудная преобладают пирит-кварцевые прожилки и жилы. Общими поисковыми признаками служат золотоносные россыпи, шлиховые потоки рассеяния золота. Интенсивная окисленность руд, являющаяся наиболее характерной чертой Лебединского рудного узла, определяет ведущую роль в качестве минералогических поисковых признаков таких минералов, как гётит, гидрогётит, лимонит, англезит, малахит и азурит. Проба золота от 840–920 ‰	В минерализованных зонах дробления, локализованных в доломитах чехла и в мезозойских породах, преобладают пирит-кварцевые прожилки. Общими поисковыми признаками служат золотоносные россыпи, шлиховые потоки рассеяния золота. Интенсивная окисленность руд, являющаяся наиболее характерной чертой Лебединского рудного узла, определяет ведущую роль в качестве минералогических поисковых признаков таких минералов, как гётит, гидрогётит, лимонит, англезит
Рудно-формационный тип	Золото-порфировый	Золото-сульфидно-кварцевый
Геохимические	Геохимические аномалии золота, серебра, свинца, меди, цинка (для золотосульфидного типа руд) и золота, серебра, мышьяка, сурьмы и ртути (для золото-пирит-кварцевых жил)	Геохимические аномалии золота, серебра, меди, висмута, сурьмы, мышьяка
Геофизические	Линейные отрицательные гравитационные аномалии фиксируются над зонами разломов и разуплотнения пород; линейные зоны развития кварц-сульфидных и кварц-лимонитовых руд фиксируются наименьшим электрическим сопротивлением в сотни Ом·м. Дайки субщелочных пород выделяются по магниторазведке максимумами в магнитном поле, а также по каротажу в скважинах методом КМВ	Линейные зоны развития золото-сульфидно-кварцевых и кварц-лимонитовых руд фиксируются наименьшим электрическим сопротивлением в сотни Ом·м. Дайки субщелочных пород выделяются по магниторазведке, максимумами в магнитном поле, а также по каротажу в скважинах методом КМВ

дробления до крупности 1–2 мм [23]. При этом первый метод отличается большой трудоёмкостью и практически не применяется [21].

В настоящее время участок Чулковский наиболее перспективен для Селигдарского рудного поля. В пределах рудной зоны Чулковская прогнозные ресурсы рудного золота и попутного се-

ребра категории P_1 геометризованы в двух блоках, по категории P_2 – в трёх. Всего по категории P_1 оценено 16,9 т золота при среднем содержании 1,89 г/т, 59,1 т серебра при содержании 6,6 г/т; по категории P_2 оценено 12,1 т золота при содержании 1,88 г/т, 41,6 т серебра при содержании 6,4 г/т.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бойцов В. Е., Пилипенко Г. Н., Дорожкина Л. А.* Золоторудные и золотоурановые месторождения Центрального Алдана. Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых. В 3 томах. Т. 2 : Стратегические виды рудного сырья. – М. : ИГЕМ РАН, 2006. – С. 215–240.
2. *Ветлужских В. Г.* Золотое оруденение эпохи мезозойской тектоно-магматической активизации Алдано-Становой провинции : специальность 04.00.11 «Геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений, металлогения» : дисс. доктора г.-м. наук / Валерий Георгиевич Ветлужских. – Москва–Якутск, 1990. – 325 с.
3. *Ветлужских В. Г., Казанский В. И., Кочетков А. Я.* [и др.] Золоторудные месторождения Центрального Алдана // Геология рудных месторождений. – 2002. – Т. 44, № 6. – С. 467–499.
4. *Гузев В. Е., Терехов А. В., Крымский Р. Ш., Беляцкий Б. В., Молчанов А. В.* Морозкинское золоторудное месторождение (южная Якутия): возраст и источники рудного вещества // Записки Горного института. – 2021. – Т. 252. – С. 801–813.
5. *Гузев В. Е., Терехов А. В., Скублов С. Г.* [и др.] Первые данные о U-Pb возрасте и составе циркона из рудоносных сиенитов горя Рудная (Южная Якутия) // Тихоокеанская геология. – 2021. – Т. 40, № 6. – С. 85–99.
6. *Дворник Г. П.* Золотоаргиллизитовое оруденение и аметистовая минерализация Нимгерканского рудного узла (Алданский щит) // Вестник Уральского отделения РМО. – 2011. – № 8. – С. 23–28.
7. *Золоторудные месторождения России* / Отв. ред. Константинов М. М. – М. : Акварель, 2010. – 349 с.
8. *Казанский В. И.* Уникальный Центрально-Алданский золото-урановый рудный район (Россия) // Геология рудных месторождений. – М. : Наука. – 2004. – Т. 46, № 3. – С. 195–211.
9. *Кондратьева Л. А., Минаков А. В., Кравченко А. А.* Золото-теллуридная минерализация Нимгерканского рудного узла (Алданский щит) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России : материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Якутск : Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, 2020. – С. 231–236.
10. *Кочетков А. Я.* Мезозойские золотоносные рудно-магматические системы Центрального Алдана // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 47, № 7. – С. 850–864.
11. *Кукушкин К. А., Молчанов А. В., Радьков А. В.* [и др.] О расчленении мезозойских интрузивных пород Центрально-Алданского района (Южная Якутия) // Региональная геология и металлогения. – 2015. – № 64. – С. 48–58.
12. *Леонтьев В. И.* Особенности проявления золотого оруденения лебединского типа в Джекондинском рудном узле (Центрально-Алданский рудный район) // Региональная геология и металлогения. – 2016. – № 65. – С. 84–92.
13. *Методическое руководство по изучению самородного золота при геологоразведочных работах* / Л. А. Николаева. – М. : ЦНИГРИ, 1985. – 76 с.
14. *Молчанов А. В., Терехов А. В., Шатов В. В.* [и др.] Золоторудные районы и узлы Алдано-Становой металлогенической провинции // Региональная геология и металлогения. – 2017. – № 71. – С. 93–111.
15. *Молчанов А. В., Терехов А. В., Шатов В. В., Белова В. Н., Радьков А. В., Соловьев О. Л., Степунина М. А.* Лебединский золоторудный узел (Особенности геологического строения, метасоматиты и оруденение) // Региональная геология и металлогения. – 2013. – № 55. – С. 99–110.
16. *Николаева Л. А., Гаврилов А. М., Яблокова С. В., Шатилова Л. В.* [и др.] Изучение самородного золота при геологоразведочных работах : методические рекомендации. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ЦНИГРИ, 2023. – 74 с.
17. *Остапенко Л. А., Стружков С. Ф., Рыжов О. Б.* [и др.] Оценка достоверности опробования руд на крупнообъемных золоторудных месторождениях в терригенных толщах на примере Дегдеканского месторождения // Руды и металлы. – 2004. – № 2. – С. 42–55.
18. *Петров О. В., Молчанов А. В., Терехов А. В., Шатов В. В.* Морозкинское золоторудное месторождение (особенности геологического строения и краткая

- история открытия) // Региональная геология и металлогения. – 2018. – № 75. – С. 112–116.
19. Петровская Н. В. Самородное золото. – М. : Наука, 1973. – 349 с.
 20. Рекомендации к управлению и контролю качеством рядового опробования месторождений твёрдых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев). – М. : Минприроды России, 2015. – 56 с.
 21. Романчук А. И., Жарков В. В., Богомолов В. А. Оценка методов определения Au в рудах с крупным золотом // Руды и металлы. – 2013. – № 4. – С. 61–68.
 22. Столяренко В. В., Минаков А. В., Чернов Е. Е. [и др.] Использование шлихоминералогического метода на ранних стадиях ГРП для оперативной оценки наличия крупного золота (на примере Центрально-Алданского района) // Руды и металлы. – 2019. – № 3. – С. 28–43.
 23. Требования к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений (утверждены Председателем ГКЗ В. М. Толкачевым 23.12.1992) // Сборник нормативно-методических документов, погеолого-экономической оценке, месторождений полезных ископаемых. – М. : ГКЗ РФ, 1992.
 24. Угрюмов А. Н., Дворник Г. П., Балахонов В. С. Позднемезозойские метасоматиты и золотое оруденение Нимгерканского рудного узла (Алданский щит) // Изв. УГГГА. Сер. Геология и геофизика. – 1998. – Вып. 8. – С. 99–104.
 25. Шатова Н. В., Молчанов А. В., Терехов А. В. [и др.] Рябиновое медно-золото-порфировое месторождение (Южная Якутия): геологическое строение, геохимия изотопов благородных газов и изотопное (U-Pb, Rb-Sr, Re-Os) датирование околорудных метасоматитов и оруденения // Регион. геология и металлогения. – 2019. – № 77. – С. 75–97.

REFERENCES

1. Boytsov V. Ye., Pilipenko G. N., Dorozhkina L. A. Zolotorudnyye i zolotouranovyye mestorozhdeniya Tsentral'nogo Aldana. Krupnyye i superkrupnyye mestorozhdeniya rudnykh poleznykh iskopayemykh. V 3 tomakh. T. 2, Strategicheskiye vidy rudnogo syr'ya [Gold ore and gold uranium deposits of Central Aldan. Large and super-large deposits of ore minerals. In 3 volumes. Vol. 2, Strategic types of ore raw materials], Moscow, IGEM RAN publ., 2006, pp. 215–240. (In Russ.)
2. Vetluzhskikh V. G. Zolotoye orudneniye epokhi mezozoyskoy tektono-magmaticheskoy aktivizatsii Aldano-Stanovoy provintsii [Gold mineralization of the era of Mesozoic tectonic-magmatic activation of the Aldan-Stanovoy province], Moskva–Yakutsk, 1990, 325 p. (In Russ.)
3. Vetluzhskikh V. G. Kazanskiy V. I., Kochetkov A. Ya. [et al.] Zolotorudnyye mestorozhdeniya Tsentral'nogo Aldana [Gold ore deposits of the Central Aldan], Geologiya rudnykh mestorozhdeniy, 2002, V. 44, No. 6, pp. 467–499. (In Russ.)
4. Guzev V. Ye., Terekhov A. V., Krymskiy R. Sh., Belyatskiy B. V., Molchanov A. V. Morozkinskoye zolotorudnoye mestorozhdeniye (yuzhnaya Yakutiya): vozrast i istochniki rudnogo veshchestva [Morozkinskoye gold deposit (southern Yakutia): age and sources of ore substance], Zapiski Gornogo instituta, 2021, V. 252, pp. 801–813. (In Russ.)
5. Guzev V. Ye., Terekhov A. V., Skublov S. G. [et al.] Pervyye dannyye o U-Pb vozraste i sostave tsirkona iz rudonosnykh siyenitov gorya Rudnaya (Yuzhnaya Yakutiya) [First data on the U-Pb age and composition of zircon from ore-bearing syenites of the Rudnaya mountain (Southern Yakutia)], Tikhookeanskaya geologiya, 2021, V. 40, No. 6, pp. 85–99. (In Russ.)
6. Dvornik G. P. Zolotoargillizitovoye orudneniye i ametistovaya mineralizatsiya Nimgerkanskogo rudnogo uzla (Aldanskiy shchit) [Gold-argillizite mineralization and amethyst mineralization of the Nimgerkan ore cluster (Aldan shield)], Vestnik Ural'skogo otdeleniya RMO, 2011, No. 8, pp. 23–28. (In Russ.)
7. Zolotorudnyye mestorozhdeniya Rossii [Gold ore deposits of Russia], ed. Konstantinov M. M, Moscow, Akvarel' publ., 2010, 349 p. (In Russ.)
8. Kazanskiy V. I. Unikal'nyy Tsentral'no-Aldanskiy zoloto-uranovyy rudnyy rayon (Rossiya) [Unique Central Aldan gold-uranium ore region (Russia)], Geologiya rudnykh mestorozhdeniy, Moscow, Nauka publ., 2004, V. 46, No. 3, pp. 195–211. (In Russ.)
9. Kondrat'yeva L. A., Minakov A. V., Kravchenko A. A. Zoloto-telluridnaya mineralizatsiya Nimgerkanskogo rudnogo uzla (Aldanskiy shchit) [Gold-telluride mineralization of the Nimgerkan ore cluster (Aldan shield)], Yakutsk, Severo-Vostochnyy federalnyy universitet imeni M. K. Ammosova publ., 2020, pp. 231–236. (In Russ.)
10. Kochetkov A. Ya. Mezozoyskiye zolotonosnyye rudno-magmaticheskiye sistemy Tsentral'nogo Aldana [Mesozoic gold-bearing ore-magmatic systems of Central Aldan], Geologiya i geofizika, 2006, V. 47, No. 7, pp. 850–864. (In Russ.)
11. Kukushkin K. A., Molchanov A. V., Radkov A. V. [et al.] O raschlenenii mezozoyskiykh intruzivnykh porod Tsentral'no-Aldanskogo rayona (Yuzhnaya Yakutiya) [On the dissection of Mesozoic intrusive rocks of the

- Central Aldan region (Southern Yakutia)], Regionalnaya geologiya i metallogeniya, 2015, No. 64, pp. 48–58. (In Russ.)
12. *Leontyev V. I.* Osobennosti proyavleniya zolotogo orudneniya lebedinskogo tipa v Dzhekondinskom rudnom uzle (Tsentral'no-Aldanskiy rudnyy rayon) [Features of the manifestation of gold mineralization of the Lebedinsky type in the Dzhekondinsky ore cluster (Central Aldan ore region)], Regionalnaya geologiya i metallogeniya, 2016, No. 65, pp. 84–92. (In Russ.)
 13. *Metodicheskoye* rukovodstvo po izucheniyu samorodnogo zolota pri geologorazvedochnykh rabotakh [Methodological guide for the study of native gold in geological exploration], ed. L. A. Nikolayeva, Moscow, TSNIGRI publ., 1985, 76 p. (In Russ.)
 14. *Molchanov A. V., Terekhov A. V., Shatov V. V.* [et al.] Zolotorudnyye rayony i uzly Aldano-Stanovoy metallogenicheskoy provintsii [Gold ore regions and nodes of the Aldan-Stanovoy metallogenic province], Regional'naya geologiya i metallogeniya, 2017, No. 71, pp. 93–111. (In Russ.)
 15. *Molchanov A. V., Terekhov A. V., Shatov V. V., Belova V. N., Rad'kov A. V., Solov'yev O. L., Stepunina M. A.* Lebedinskiy zolotorudnyy uzel (Osobennosti geologicheskogo stroyeniya, metasomatity i orudneniye) [Lebedinsky gold ore cluster (Features of geological structure, metasomatites and mineralization)], Regional'naya geologiya i metallogeniya, 2013, No. 55, pp. 99–110. (In Russ.)
 16. *Nikolayeva L. A., Gavrilov A. M., Yablokova S. V., Shatilova L. V.* [et al.] Izucheniye samorodnogo zolota pri geologorazvedochnykh rabotakh, metodicheskiye rekomendatsii [Study of native gold in geological exploration, methodological recommendations], Moscow, TSNIGRI publ., 2023, 74 p. (In Russ.)
 17. *Ostapenko L. A., Struzhkov S. F., Ryzhov O. B.* [et al.] Otsenka dostovernosti oprobovaniya rud na krupnobyemnykh zolotorudnykh mestorozhdeniyakh v terrigennykh tolshchakh na primere Degdekanskogo mestorozhdeniya [Evaluation of the reliability of ore sampling at large-volume gold deposits in terrigenous strata using the Degdekan deposit as an example], Rudy i metally [Ores and Metals], 2004, No. 2, pp. 42–55. (In Russ.)
 18. *Petrov O. V., Molchanov A. V., Terekhov A. V., Shatov V. V.* Morozkinskoye zolotorudnoye mestorozhdeniye (osobennosti geologicheskogo stroyeniya i kratkaya istoriya otkrytiya) [Morozkinskoye gold deposit (features of geological structure and brief history of discovery)], Regionalnaya geologiya i metallogeniya, 2018, No. 75, pp. 112–116. (In Russ.)
 19. *Petrovskaya N. V.* Samorodnoye zoloto [Native gold], Moscow, Nauka publ., 1973, 349 p. (In Russ.)
 20. *Rekomendatsii k upravleniyu i kontrolyu kachestvom ryadovogo oprobovaniya mestorozhdeniy tverdykh poleznykh iskopayemykh (krome ugley i goryuchikh slantsev)*, Moscow, Minprirody Rossii publ., 2015, 56 p. (In Russ.)
 21. *Romanchuk A. I., Zharkov V. V., Bogomolov V. A.* Otsenka metodov opredeleniya Au v rudakh s krupnym zolotom [Evaluation of methods for determining Au in ores with large gold], Rudy i metally [Ores and Metals], 2013, No. 4, pp. 61–68. (In Russ.)
 22. *Stolyarenko V. V., Minakov A. V., Chernov Ye. Ye.* [et al.] Ispol'zovaniye shlichomineralogicheskogo metoda na rannikh stadiyakh GRR dlya operativnoy otsenki nalichiya krupnogo zolota (na primere Tsentral'no-Aldanskogo rayona) [Use of the shlichomineralogical method at the early stages of exploration for the rapid assessment of the presence of large gold (using the Central Aldan region as an example)], Rudy i metally, 2019, No. 3, pp. 28–43. (In Russ.)
 23. *Trebovaniya k obosnovaniyu dostovernosti oprobovaniya rudnykh mestorozhdeniy (utverzhdeny Predsedatelem GKZ V. M. Tolkachevym 23.12.1992)* [Requirements for substantiating the reliability of sampling of ore deposits (approved by the Chairman of the State Reserves Committee V. M. Tolkachev on 23.12.1992)], Sbornik normativno-metodicheskikh dokumentov, po geologo-ekonomicheskoy otsenke, mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh, Moscow, GKZ RF publ., 1992. (In Russ.)
 24. *Ugryumov A. N., Dvornik G. P., Balakhonov V. S.* Pozdnemezozoyskiye metasomatity i zolotoye orudneniye Nimgerkanskogo rudnogo uzla (Aldanskiy shchit) [Late Mesozoic metasomatites and gold mineralization of the Nimgerkan ore cluster (Aldan shield)], Izv. UGGGA. Ser. Geologiya i geofizika, 1998, Is. 8, pp. 99–104. (In Russ.)
 25. *Shatova N. V., Molchanov A. V., Terekhov A. V.* [et al.] Ryabinovoye medno-zoloto-porfirovoye mestorozhdeniye (Yuzhnaya Yakutiya): geologicheskoye stroyeniye, geokhimiya izotopov blagorodnykh gazov i izotopnoye (U-Pb, Rb-Sr, Re-Os) datirovaniye okolorudnykh metasomatitov i orudneniya [Ryabinovoye copper-gold-porphyry deposit (Southern Yakutia): geological structure, geochemistry of noble gas isotopes and isotope (U-Pb, Rb-Sr, Re-Os) dating of wallrock metasomatites and mineralization], Regionalnaya geologiya i metallogeniya, 2019, No. 77, pp. 75–97. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 18.11.24; одобрена после рецензирования 05.12.24; принята к публикации 05.12.24.
The article was submitted 18.11.24; approved after reviewing 05.12.24; accepted for publication 05.12.24.