

УДК 550.8: [553.411+552.33]

ПОИСКОВЫЕ КРИТЕРИИ И ПРИЗНАКИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В КАЛИЕВЫХ ЩЕЛОЧНЫХ МАССИВАХ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ АЛДАНСКОГО ЩИТА)

© 2017 г. Г. П. Дворник

Институт геологии и геохимии УрО РАН, 620016, г. Екатеринбург, ул. Акад. Вонсовского, 15, e-mail: gpdvornik@yandex.ru

Поступила в редакцию 18.01.2017 г.; принята к печати 15.05.2017 г.

Объектами проведенных исследований являются месторождения и рудопроявления золота в мезозойских калиевых щелочных массивах Алданского щита. Они представлены Рябиновым и Новым месторождениями золота в Рябиновском щелочном комплексе и рудопроявлениями золота в Якокутском, Йлымахском, Томмотском и Мрачном щелочных массивах. По результатам выполненных в их пределах тематических и поисковых работ разработан комплекс поисковых критериев, прямых и косвенных поисковых признаков прожилково-вкрашенного золотого оруденения в калиевых щелочных массивах. Магматический критерий проявлен в тесной пространственно-временной связи золотого оруденения в серицит-микроклиновых метасоматитах со штоками калиевых щелочных сиенитов. Структурный критерий выражается в выделении в пределах калиевых щелочных комплексов структурных элементов, контролирующих размещение золоторудной минерализации в гидротермально измененных сиенитах. Геоморфологический критерий предназначен для оценки уровня эрозионного среза рудных штокверков в щелочных массивах по соотношению площадей развития щелочных сиенитов и пород вулканогенной кровли. Прямые поисковые признаки золотого оруденения в калиевых щелочных массивах включают коренные выходы и механические ореолы рассеяния рудоносных серицит-микроклиновых метасоматитов, шлиховые ореолы золота в элювиально-делювиальных отложениях над рудными штокверками, аллювиальные россыпи золота. Косвенными поисковыми признаками прожилково-вкрашенного золотого оруденения в калиевых щелочных комплексах являются околоврудные серицит-микроклиновые метасоматиты, первичные и вторичные геохимические ореолы золота, серебра, меди, молибдена, свинца и цинка, магнитные, гравитационные и электрические аномалии в геофизических полях. Для проведения поисковых работ предложен комплекс поисковых методов, включающий поисковые маршруты, литогеохимические и шлиховые поиски, геофизические, горнопроходческие и буровые работы. Разработанный на примере месторождений и рудопроявлений Алданского щита комплекс поисковых критериев и признаков золотого оруденения в серицит-микроклиновых метасоматитах щелочных массивов предлагается для использования при выполнении поисковых работ в других провинциях распространения калиевых щелочных пород (Западно-Алданской, Северо-Прибайкальской, Уральской, Северо-Казахстанской, Центрально-Казахстанской, Армянской). Использование рассмотренного комплекса при прогнозировании позволит разделить потенциально рудоносные площади в калиевых щелочных массивах по степени перспективности и выделить в их пределах первоочередные участки для проведения поисковых работ на золото.

Ключевые слова: калиевые щелочные массивы, золотое оруденение, поисковые критерии и признаки

SEARCHING CRITERIONS AND INDICATIONS OF GOLD MINERALIZATION IN POTASH ALKALINE MASSIFS (ON EXAMPLE DEPOSITS AND DISPLAYS ORE ALDANSKIY SHIELD)

Gennadii P. Dvornik

*A.N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS, 15 Akad. Vonsovsky st., Ekaterindurg, 620016,
Russia, e-mail: gpdvornik@yandex.ru*

Received 18.01.2017; accepted 15.05.2017

The deposits and displays ore of gold in the Mezozoic potash alkaline massifs Aldanskiy shield was the research objects. There are Rybinovoe and Novoe gold deposit in the Rybinovskiy alkaline complex and displays of gold in the Yakokutskiy, Yllymakhskiy, Tommotskiy and Mrachniy alkaline massifs. It was developed a complex searching criterions (magmatic, structure and geomorphological), straight and indirect indications of streaky-dissiminated gold mineralization in potash alkaline massifs. As magmatic criterion display the close spatio-temporal connection gold mineralization in the sericite-

Для цитирования: Дворник Г.П. (2017) Поисковые критерии и признаки золотого оруденения в калиевых щелочных массивах (на примере месторождений и рудопроявлений Алданского щита). *Литосфера*, 17(6), 118–135. DOI: 10.24930/1681-9004-2017-6-118-135

For citation: Dvornik G.P. (2017) Searching criterions and indications of gold mineralization in potash alkaline massifs (on example deposits and displays ore Aldanskiy Shield). *Litosfera*, 17(6), 118–135. DOI: 10.24930/1681-9004-2017-6-118-135

microcline metasomatites in the stocks potash alkaline syenites. Structure criterion manifested in separation in limits potash alkaline complex the structure elements, which controlled gold mineralization in hydrothermal altered syenites. Geomorphological criterion intended for evaluation the level erosion cut of ores stockworks in the alkaline massifs by correlation areas of spread alkaline syenites and rocks of volcanic roof. The straight searching indications of gold mineralization in the potash alkaline massifs include indigenous outcrops and mechanical aureoles of dispersion ore-bearing sericite-microcline metasomatites, heavy mineral aureoles of gold in eluvial-talus deposits above ores stockworks, alluvial gold placer. The indirect criterions are near-ores sericite-microcline metasomatites, primary and second geochemical aureoles of gold, silver, copper, molybdenum, lead and zinc, as well as magnetic, gravitational and electric anomalous in the geophysical fields. For implementation searching works on this type mineralization are offered complex searching methods, which include searching route, lito-geochemical and heavy mineral search, geophysical, mining and boring works. The same complex of searching criterions and indications gold mineralization in sericite-microcline metasomatites of alkaline massifs, suggested for use for implementation searching works in other provinces potash alkaline rocks (Western Aldan, North Baikal, Ural, North Kazakhstan, Central Kazakhstan, Armenian), perspective on this type gold mineralization. The use suggested predication works allowed are divided potentially ore-bearing areas in potash alkaline massifs on degree their prospective and single out immediate sections for implementation searching works on the gold.

Keywords: *potash alkaline massifs, gold mineralization, searching criterions and indications*

ВВЕДЕНИЕ

Провинции калиевых щелочных пород, представленные многофазными интрузивными или вулканоплутоническими массивами, широко распространены на Азиатском материке и в Северной Америке. Геотектоническая позиция калиевых щелочных комплексов определяется приуроченностью их к зонам тектономагматической активизации (рифтогенеза) земной коры независимо от ее строения (древние платформы, щиты или консолидированные складчатые области) [Андреев, 1981; Еремеев, 1984; Магматические..., 1984].

В настоящее время в мире выделяется более 20 провинций калиевых щелочных пород. Калиевые щелочные комплексы рассматриваются прежде всего как источники глиноземного, апатитового сырья, редкометалльной минерализации и калийных удобрений [Андреев, 1981; Еремеев, 1984; Магматические..., 1984; Костюк и др., 1990]. В последние 30 лет в гидротермально измененных микроклинизированных и серицитизированных калиевых щелочных породах выявлены месторождения и рудопроявления золота [Werle et al., 1984; Mutschler et al., 1985; Дворник, 1992; Бойцов и др., 1999; Ветлужских и др., 2002; Кочетков, 2006]. В 6 провинциях калиевых щелочных пород (Центрально-Алданской, Западно-Алданской, Уральской, Северо-Казахстанской, Центрально-Казахстанской, Северо-Кордильерской) в связи с постмагматическими метасоматическими процессами микроклинизации и серицитизации установлены проявления благороднометалльной минерализации [Дворник, 2014].

Сформировавшиеся в результате этих процессов в условиях переменной активности ионов калия и водорода серицит-микроклиновые метасоматиты образовали в пределах щелочных массивов штокообразные тела площадью от сотых долей до десятков квадратных километров, прослеженные на глубину на сотни метров. В Центрально-

Алданской провинции серицит-микроклиновые метасоматиты в отличие от других распространенных в регионе золотоносных метасоматитов (гумбейтов, джаспероидов, аргиллизитов) локализованы в центрах магматизма внутри щелочных вулканоплутонических комплексов (рябиновского, якутского, ыллымахского, томмотского, джекондинского) (рис. 1), сформировавшихся в эпоху мезозойской тектономагматической активизации Алданского щита. В эволюции метасоматического процесса отчетливо выделяются три последовательные стадии. Ранняя щелочная стадия проявилась в развитии в щелочных сиенитах эталонного рябиновского комплекса нерешетчатого микроклина-1 по первичному ортоклазу и биотита по фемиическим минералам (авгиту и эгирину-авгиту). Температура триклинико-моноклинического перехода щелочных полевых шпатов по экспериментальным данным составляет 550–400°C [Сендеров, Бычков, 1979]. Величина общего давления в системе при формировании микроклинов соответствовала минимальному литостатическому давлению магматической стадии – 100–150 МПа [Костюк и др., 1990].

Смена минеральных парагенезисов в стадию кислотного выщелачивания выразилась в замещении микроклина-1 в измененных щелочных сиенитах агрегатом серицита. Развитие светлой слюды началось на стыках зерен микроклина, вдоль трещин в последних, и завершилось формированием во внутренней зоне метасоматической колонки тел серицитолитов среди серицитизированных микроклинов по эгириновым сиенитам и сиенит-пегматитам. Процесс образования этих метасоматитов может быть описан равновесной реакцией замещения калиевого полевого шпата светлой слюдой под воздействием слабо кислых растворов ($\text{pH} = 6$), рассчитанной для температуры 100°C и $P = 0.5$ кбар [Говоров, 1977]: $1.3\text{KAlSi}_3\text{O}_8 + 1.7\text{AlO}_2^- + 1.8\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + 0.3\text{K}^+ + 0.9\text{H}_4\text{SiO}_4$. Формирование серицит-кварцевых ме-

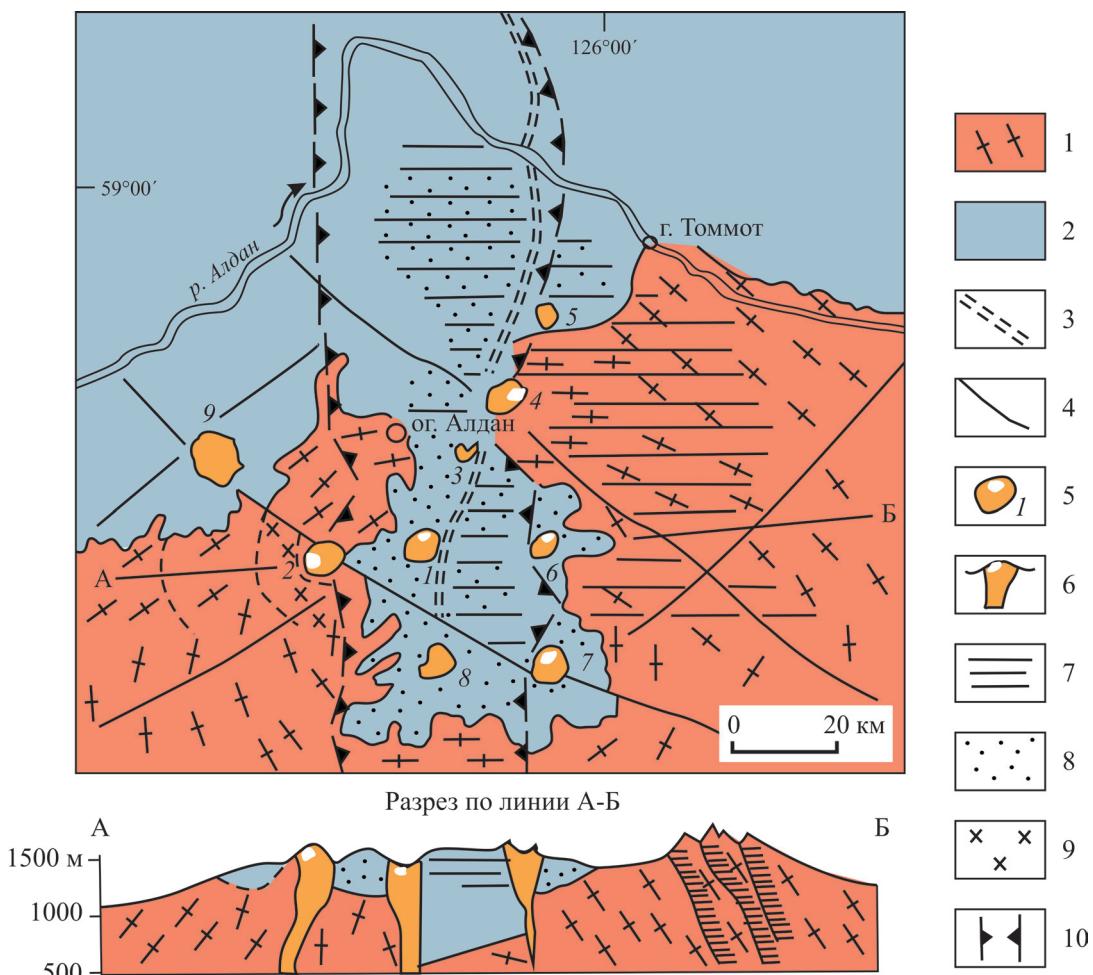


Рис. 1. Распространение мезозойских золоторудных метасоматических формаций в структуре Центрально-Алданского района [Дворник, 2014].

1 – архейский фундамент (гранитогнейсы); 2 – платформенный чехол (вендинские, нижнекембрийские карбонатные породы и юрские терригенные отложения); 3 – Якокутский глубинный разлом; 4 – региональные разломы; 5 – щелочные многофазные вулканоплутоны – центры мезозойского магматизма (1 – Якокутский, 2 – Томмотский, 3 – Стрелка, 4 – Рябиновый, 5 – Енне, 6 – Джекондинский, 7 – Ылымахский, 8 – Юхтинский, 9 – Инаглинский), белое поле – ареал формации серицита-микроклиновых метасоматитов с золоторудными месторождениями и проявлениями; 6 – то же на разрезе; 7 – ареал гумбейтовой формации; 8 – ареал джаспероидной формации; 9 – ареал аргиллизитовой формации; 10 – границы Якокутской рифтовой зоны.

Fig. 1. Spread of Mezozoic gold ore metasomatic formations in Central Aldan region [Dvornik, 2014].

1 – Archean foundation (granites-gneisses); 2 – platform cover (Vendian, lower Cambrian carbonate rocks and Jurrasic terrigenous deposits); 3 – Yakokutskiy deep fault; 4 – regional faults; 5 – alkaline many-phases volcano-plutons centres of Mezozoic magmatism (1 – Yakokutskii, 2 – Tommotskii, 3 – Strelka, 4 – Ryabinovyi, 5 – Enne, 6 – Dzhecondinskii, 7 – Yllymakhskii, 8 – Yukhtinskii, 9 – Inagliniskii); 6 – white field – area formation sericite-microcline metasomatites with gold ore deposits and occurrences; 6 – also on the section; 7 – area of gumebeites formation; 8 – area of jasperoids formation; 9 – area of argillizites formation; 10 – bounds of Yakokutsk rift zone.

тасоматитов, характерных для многих молибден-многопорфировых месторождений, происходит по экспериментальным данным [Зарайский, 1989] при температуре 400°C и отношении в растворе концентраций KCl/HCl = 20 в более кислых условиях ($\text{pH} = 1.4\text{--}1.6$) по схеме $3\text{KAlSi}_3\text{O}_8 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + 6\text{SiO}_2 + 2\text{K}^+$.

Температура образования слюд из серицитизированных микроклинидов по мусковитовому геотермобарометру [Болтыров, Огородников, 1974; Коротеев и др., 2010] находится в пределах 450–200°C, а слюд из серицитолитов – 300–100°C, давление в стадию кислотного выщелачивания составило 300–50 МПа.

В позднепщелочную стадию продукты стадии кислотного выщелачивания замещались мелкозернистым агрегатом бледно-розового микроклина-2, образующего гнезда, жилы и прожилки. Совместно с микроклином-2 в метасоматических колонках по эгириновым сиенитам и сиенит-пегматитам Рябинового массива формировались адуляр, альбит, карбонат, барит, содержание которых в метасоматитах составляет первые проценты. Карбонат представлен доломит-анкеритом с небольшой долей родах-розитового компонента: $\text{Ca}_{0.5}\text{Mg}_{0.32}\text{Fe}_{0.15}\text{Mn}_{0.03}\text{CO}_3$. В нем обнаружены и изучены мелкие (10 мкм) первичные водные включения, состоящие из газовой (20%) и жидкой (80%) фаз и характеризующиеся температурами гомогенизации, равными 175–183°C [Мызников и др., 2002]. Флюидное давление при формировании мелкозернистых микроклинов в позднюю щелочную стадию понизилось до 100–60 МПа [Наумов и др., 1995].

Эталонным объектом проявления золотого оруденения в калиевых щелочных вулканоплутонических комплексах считается Рябиновское рудное поле в Центрально-Алданском районе Южной Якутии. Оно включает Рябиновое и Новое месторождения (рис. 2), а также несколько рудопроявлений золота (Рябчик, Аналогичное, Желанное) в рябиновском щелочном комплексе. К этому геологопромышленному типу золотого оруденения на Алданском щите также относятся мезозойские рудопроявления Якокутского, Ылымахского, Томмотского щелочных массивов (см. рис. 1).

Золотое оруденение Рябиновского рудного поля, по нашим данным, преимущественно приурочено к зонам развития метасоматитов поздней щелочной стадии (микроклинов-2). Рудные минералы представлены пиритом, халькопиритом, борнитом, молибденитом, галенитом, сфалеритом, образующими вкрапленность, мелкие гнезда и тонкие прожилки в мелкозернистом агрегате микроклина-2. Общее содержание сульфидов в руде составляет 10–15%. Золото в рудах Рябиновского поля находится в сульфидах (пирите, борните, халькопирите), минералах серицита-микроклиновых метасоматитов, а также в сростках с пиритом, ранним и поздним микроклином [Дворник, 2014]. В протолючках рудных проб, отобранных на Рябиновом месторождении при проведении геологоразведочных работ, установлены золотины крупностью от 0.01 до 3.00 мм. Пробность золота из первичных руд изменяется в широких пределах от 430 до 936 % (среднее – 820 %, n = 12) при наибольшем распространении золотин средней пробы [Ким, 1981].

Промышленное золотое оруденение на месторождении установлено в пяти рудных телах с балансовыми запасами категории С₁ в интервале абсолютных отметок от +600 до +930 м.

Кроме балансовых руд на месторождении выделены шесть блоков забалансовых руд категории С₂,

расположенных в обрамлении штокверковых зон с запасами категории С₁ и отличающихся меньшими значениями коэффициентов рудоносности и средних содержаний золота. В пределах месторождения картированной скважиной 122 выявлено развитие непромышленной вкрапленной золоторудной минерализации в микроклинизированных и серицитизированных сиенитах на подрудном уровне до горизонта +150 м.

Золоторудное месторождение Новое размещается в пределах многофазного штока щелочных пород размером 400 × 600 м, в 1 км на юго-восток от Рябинового месторождения (см. рис. 2). Возраст пород позднеюрский–раннемеловой. Промышленное золотое оруденение Нового месторождения локализовано в геологических границах штока сульфидизированных псевдолейцитовых сиенит-порфиров размером на поверхности 100 × 140 м, на горизонте 940 м площадью 132 × 117 м и в приконтактовых со штоком частях тела эгириновых сиенитов. Золоторудная минерализация на месторождении установлена в интервале абсолютных отметок от +620 до +1050 м. Таким образом, вертикальный размах распространения золотого оруденения в Рябиновском рудном поле составляет 900 м. Прожилково-вкрапленное оруденение Нового месторождения представлено преимущественно пиритом (1–10%), галенитом (1–3%) и более редкими халькопиритом, сфалеритом, молибденитом, борнитом, петцитом, аргентитом. Рудные тела Рябиновского поля характеризуются небольшими размерами: длина их составляет 130–340 м; ширина – 39–117; мощность – 26–113 м. В пределах Рябиновского поля наиболее широко распространены золоторудные тела столбообразной формы (66%), более редки залежи плитообразной (17%) и штокообразной (17%) форм [Дворник, 2010a].

Согласно исследованиям флюидных включений руд Рябиновского месторождения сотрудниками ИГЕМ [Коваленкер и др., 1996; Мызников и др., 2002], включавшим использование кадмивого галенит-сфалеритового геотермометра, сульфидная минерализация в рудах выделенных ими преимущественно борнитовой, халькопиритовой и пиритовой зон сформировалась в интервале температур от 560 до 160°C, давление составляло 350–130 МПа, концентрация солей (мас. % экв. NaCl) во флюидах – 25.0–7.6%. Температуры рудоотложения на этом месторождении были также оценены на среднерудном уровне (700–800 м) по данным декрепитации позднего пирита из прожилково-вкрапленных руд (200–300°C, пик 240–250°C) [Ким, 1981].

В пределах Рябиновского месторождения на надрудном уровне (900–950 м) в его северной части в серицит-микроклиновых метасоматитах над рудным телом 7 (см. рис. 2) установлено развитие непромышленной вкрапленной сульфидной минера-

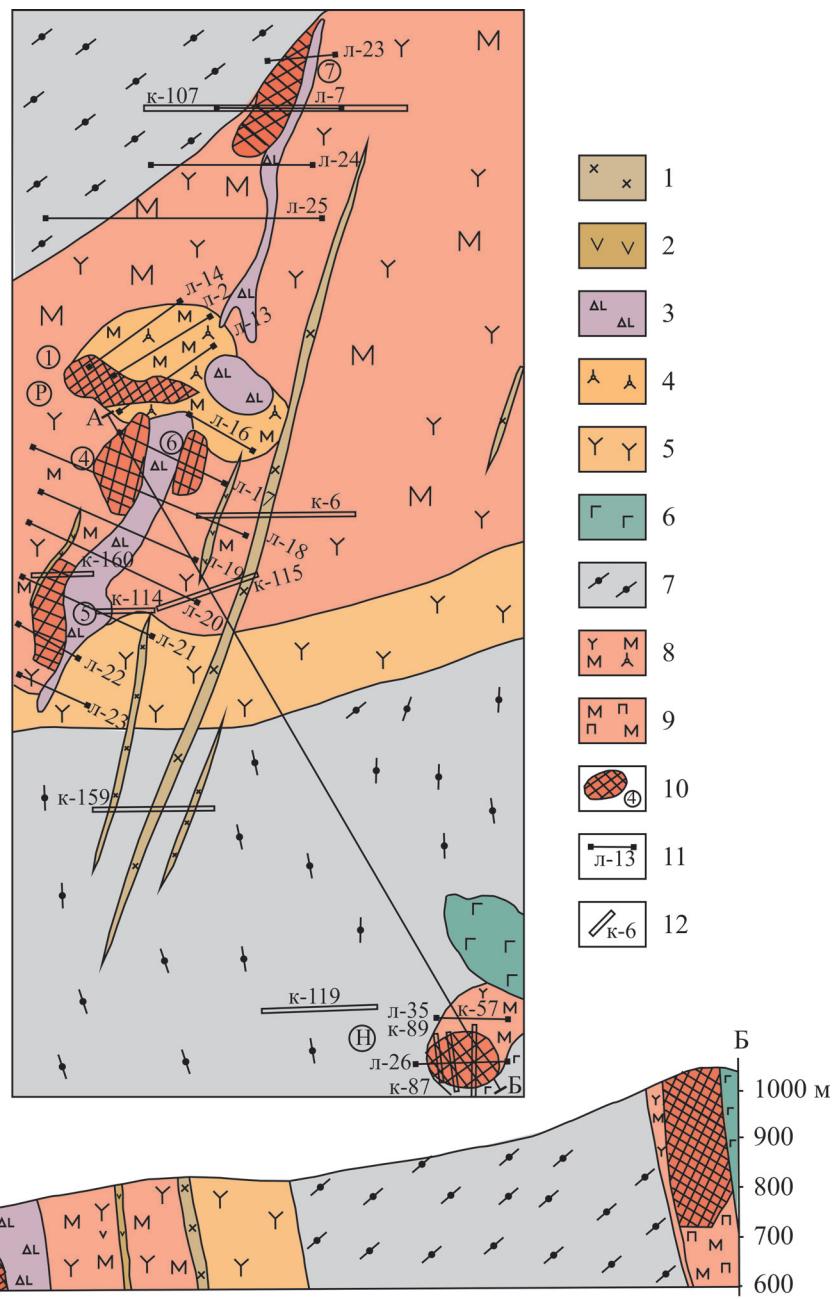


Рис. 2. Схематический геологический план и разрез северной части Рябиновского золоторудного поля [Дворник, 2014].

1–9 – мезозойские магматические и метасоматические породы: 1 – щелочные сиенит-порфирь, 2 – минетты, 3 – щелочные пикриты, 4 – сиенит-пегматиты, 5 – эгириновые сиениты, 6 – щелочные габброиды, 7 – фениты, 8, 9 – серицит-микроклиновые метасоматиты по щелочным сиенитам (эгириновым сиенитам, сиенит-пегматитам) (8) и псевдолейцитовым сиенит-порфирям (9); 10 – рудные тела с кондиционным золотым оруднением; 11 – линии скважин; 12 – горные выработки (канавы). Цифры в кружках – номера рудных тел и зон; Р – Рябиновское месторождение, Н – Новое месторождение. На плане показаны горизонтальные проекции рудных тел Рябинового месторождения. Горизонтальный масштаб соответствует приведенному на рисунке вертикальному масштабу.

Fig. 2. Schematic geological plan and section of north part to Ryabinovskoe gold ore field [Dvornik, 2014].

1–9 – Mesozoic magmatic and metasomatic rock: 1 – alkaline syenite-porphyry, 2 – minette, 3 – alkaline picrite, 4 – syenite-pegmatite, 5 – aegirine syenite, 6 – alkaline gabbroid, 7 – fenite, 8, 9 – sericite-microcline metasomatites on the alkaline syenite (aegirine syenite, syenite-pegmatite) (8) on pseudoleucitic syenite-porphyrty (9); 10 – ore bodies with conditioned gold mineralization; 11 – lines of holes; 12 – mine roadways (ditch). Numbers in the circles are the number of ore bodies and zones; Р – Ryabinovoe deposit, Н – Novoe deposit. On the plan showed horizontal projection ore bodies Ryabinovoe deposit. Horizontal scale correspond to vertical one.

лизации, представленной преимущественно пиритом с преобладающим содержанием золота в керновых пробах – доли граммов на тонну, реже, – первые граммы на тонну, и отличающейся от балансовых руд более низкими средними значениями коэффициента рудоносности и золотосеребряного отношения [Дворник, 2014]. Непромышленная вкрапленная сульфидная минерализация была также выявлена в других мезозойских щелочных комплексах Алданского щита (ыллымахском, томмотском, якокутском) (см. рис. 1). Эти комплексы отличаются от рябиновского, вмещающего Рябиновое и Новое месторождения, меньшим уровнем эрозионного среза и развитием пород вулканогенной кровли (псевдолейцитовых фонолитов, трахитов). Минерализация была обнаружена при проведении поисковых работ, включавших проходку горных выработок (канав) и скважин колонкового бурения, с отбором штуфных, бороздовых и керновых проб, в микроклинизованных и серицитизированных интрузивных и эффузивных щелочных породах, развитых здесь на надрудном уровне (900–1300 м). Северное рудопроявление в Ыллымахском массиве, как и золоторудные проявления Якокутского массива (Лагерное, Щелочное), выделяется более низкими средними значениями коэффициента рудоносности и золотосеребряного отношения в сравнении с золоторудными месторождениями рябиновского комплекса [Дворник, 2014].

При проведении поисковых работ, направленных на выявление золотого оруденения в массивах калиевых щелочных пород, большое практическое значение для выделения перспективных участков имеет использование комплекса поисковых критериев и признаков [Кривцов, 1989; Беневольский и др., 2010]. Такой комплекс поисковых предпосылок и признаков был разработан автором [Дворник, Угрюмов, 2000; Дворник, 2001, 2014] по результатам тематических и поисковых работ масштаба 1 : 10 000 по изучению прожилково-вкрапленного золотого оруденения в мезозойских калиевых щелочных массивах (рябиновском, якокутском, ыллымахском, томмотском и мрачном комплексах) Алданского щита.

ПОИСКОВЫЕ КРИТЕРИИ

Среди поисковых критериев ведущее значение в локализации золотого оруденения в калиевых щелочных массивах имеют магматические, структурные и геоморфологические предпосылки [Дворник, 2001, 2014]. Магматический критерий выражен в тесной пространственно-временной связи серицит-микроклиновых метасоматитов и сопряженного прожилково-вкрапленного золотого оруденения рябиновского комплекса со штоками щелочных сиенитов (пуласкитов, сиенит-порфиров, сиенит-пегматитов) – наиболее поздних диффе-

ренциатов щелочно-сиенитовой серии (см. рис. 2). Эти разновидности щелочных сиенитов характеризуются в сравнении с другими изверженными породами рябиновского комплекса наиболее высокими значениями эффективной пористости [Дворник, 2014], а следовательно, и высокой степенью проницаемости для гидротермальных растворов. Поэтому именно в них широко проявились процессы микроклинизации и серицитизации и связанное с ними золотое оруденение.

На диаграмме основности магматических пород рябиновского комплекса (рис. 3) вариационная линия щелочно-сиенитовой серии имеет более пологий наклон в сравнении с таковым линий типовых щелочно-базальтоидных серий. Это свидетельствует о том, что в ходе дифференциации пород щелочно-сиенитовой серии с уменьшением основности расплавов обогащение их щелочными металлами шло замедленными темпами.

В целом щелочно-сиенитовая серия комплекса по наклону вариационной линии обнаруживает сходство с риолит-андезитовой серией, но не со щелочно-базальтоидными, хотя по исходному содержанию щелочных металлов и величине общей основности эквивалентна последним. С риолит-андезитовой серией ассоциируют крупные меднопорфировые месторождения. В связи с этим сделано предположение [Угрюмов, Дворник, 1986; Дворник, 2014], что аномальная для щелочно-базальтовых магм эволюция расплавов рябиновского комплекса по риолит-андезитовому типу могла стать одной из причин появления постмагматических флюидов, обогащенных серой, медью, молибденом, золотом и другими элементами “порфирового” геохимического профиля.

Среди пород щелочно-сиенитовой серии наиболее благоприятной средой для проявления метасоматических процессов и отложения золотого оруденения рябиновского типа послужили лейкократовые разновидности щелочных сиенитов преимущественно крупнозернистой структуры. Такие породы в условиях проявления процессов серицитизации и поздней микроклинизации, идущих с рекристаллизацией – уменьшением среднего размера зерен в 2–10 раз [Дворник, 2002, 2014], оказываются в энергетическом отношении наименее устойчивыми и значительно легче замещаются мелкозернистыми метасоматитами. Так, в пределах Рябинового месторождения золота среди сильно серицитизированных микроклинитов, возникших по сиенит-пегматитам крупно- и гигантозернистой структуры, сформировались крупные тела серицитолитов мощностью до 30–40 м, а среди измененных среднезернистых эгириновых сиенитов – небольшие линзы серицитолитов мощностью до нескольких метров.

Структурный критерий выражается в выделении в пределах калиевых щелочных массивов

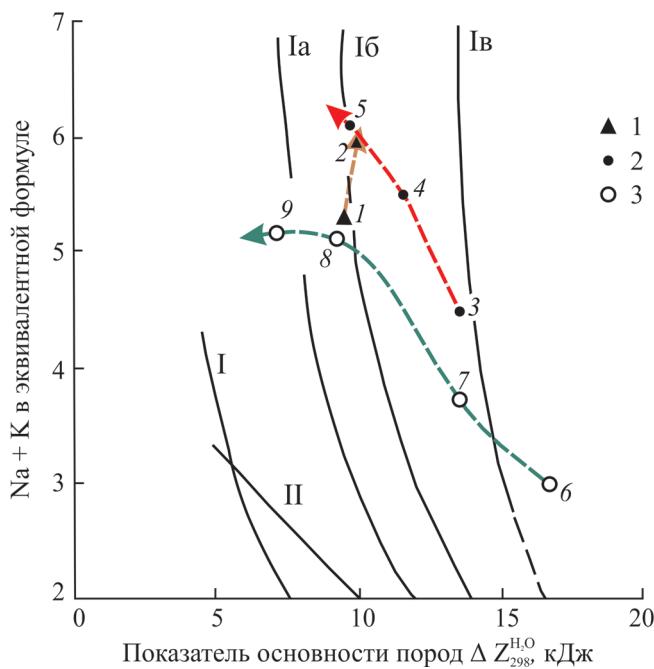


Рис. 3. Диаграмма основности главных серий магматических пород рябиновского щелочного комплекса [Угрюмов, Дворник, 1986; Дворник, 2014].

1 – псевдолейцит-трахитовая серия (1 – псевдолейцитовый порфир, 2 – трахит); 2 – щелочно-сиенитовая серия (3 – малинит, 4 – меланократовый сиенит, 5 – пуласкит); 3 – щелочно-пикрит-бостонитовая серия (6 – щелочной пикрит, 7 – щелочный базальтоид, 8 – минетта, 9 – бостонит). Стрелки на диаграмме указывают направление эволюции составов во времени; I, II – вариационные линии типовых серий [Маракушев, 1979]: I – толеит-базальтовая, Ia – щелочно-трахитовая, Ib – фонолитовая, Ib – нефелинитовая, II – риолит-андезитовая.

Fig. 3. A diagram of basicity main series magmatic rock of Ryabinovskii alkaline complex [Ugryumov, Dvornik, 1986; Dvornik, 2014].

1 – pseudoleucite-trachytic series (1 – pseudoleucitic porphyry, 2 – trachyte); 2 – alkaline syenite series (3 – malingite, 4 – melanocratic syenite, 5 – pulaskite); 3 – alkaline-picrite-bostonite series (6 – alkaline picrite, 7 – basanitoid, 8 – minette, 9 – bostonite). Arrows on the diagram – direction of evolution of composition in the time; I, II – variation lines of type series [Marakushev, 1979]: I – toleite-basaltic, Ia – alkaline-trachytic, Ib – phonolitic, Ib – nephelinic, II – riolite-andesitic.

структурных элементов, контролирующих размещение серицит-микроклиновых метасоматитов и золотого оруденения [Дворник, 2010в]. Важными особенностями структурного контроля прожилково-вкрапленного оруденения в серицит-микроклиновых метасоматитах Рябинового месторождения являются, с одной стороны, его сопряженность с крутопадающей рудоподводящей зоной региональной трещиноватости (СВ 10–20°), вмещающей пояс поздних даек щелочно-пикрит-бостонитовой серии, а с другой – его тесная про-

странственная связь с наклонной (30–50°) рудолокализующей зоной повышенной трещиноватости и дробления Лыжного разлома северо-западного (290–310°) простириания. Золотое оруденение Рябинового месторождения размещается в субпараллельных зонах поздней микроклинизации, совпадающих по простирианию и падению с направлением разрывных структур Лыжного разлома. Отчетливая плитообразная форма минерализованных зон, относительная их выдержанность по простирианию и падению, признаки дробления пород, установленные в горных выработках (канавы 1, 5, 9), указывают на связь этих зон с наклонными тектоническими нарушениями. Эти нарушения, представляющие собой рудолокализующие структуры, являются крупными трещинами (зонами) отрыва, оперяющими Лыжный разлом. Другим значимым структурным элементом, контролирующим размещение золотого оруденения “рябиновского типа”, выступают контактные поверхности тел щелочных пород, различающихся по кислотно-основным и физико-механическим свойствам [Дворник, 2001, 2014]. В частности, на Рябиновом месторождении отработанное рудное тело 1 размещалось преимущественно в пределах линзовидного тела микроклинизованных и серицитизированных сиенит-пегматитов, контактировавших с измененными эгириновыми сиенитами (см. рис. 2). В северной части месторождения в пределах рудонасыщенной зоны 7 обогащенные золотом участки обычно приурочены к kontaktам микроклинизованных и серицитизированных сиенитов с фенитами и щелочными пикритами.

Расположенные в северной части месторождения рудонасыщенные зоны 4, 5, 6 локализованы в серицит-микроклиновых метасоматитах по эгириновым сиенитам и сиенит-порфирам в приконтактовой зоне их со щелочными пикритами. На площади Нового месторождения зоны повышенной золотоносности в пределах рудного штокверка также преимущественно приурочены к приконтактовым участкам микроклинизованных и серицитизированных псевдолейцитовых сиенит-порфиров с эгириновыми сиенитами, шонкинитами.

Геоморфологический критерий позволяет косвенно оценить уровень эрозионного среза рудных штокверков в щелочных массивах по соотношению площадей развития щелочных сиенитов и пород вулканогенной кровли (щелочных трахитов, псевдолейцитовых фонолитов) [Дворник, 2001, 2014]. По данным палеогеоморфологического картирования рассмотренных калиевых щелочных комплексов Алданского щита (рябиновского, якокутского, ыллымахского и др.) распространенность в них эфузивных пород весьма различна [Главнейшие..., 1974; Кравченко, Власова, 1962]. Так, в пределах эталонного рябиновского комплекса на площади Рябинового и Нового месторождений, где зо-

лотопорфировое оруденение вскрыто эрозионными процессами на средне- и верхнерудном уровнях (800–930 и 1000–1050 м соответственно), вулканогенных пород не установлено (см. рис. 2). Среди других комплексов по уровню эрозионного среза к эталонному объекту приближается массив Мрачный, в котором мощность пород эфузивной кровли, представленных щелочными трахитами, составляет первые метры. На его площади развитие промышленного золотого оруденения рябиновского типа ожидается в микроклинизированных и серицитизированных сиенитах в его западной части на глубине 100–300 м (абсолютные отметки 900–700 м) по аналогии с Томмотским золотоджаспероидным месторождением самолазовского подтипа [Дворник и др., 2002; Дворник, 2014], размещающимся среди карбонатных и алюмосиликатных пород в западной экзо-эндоконтактовой зоне массива Мрачный. Другие калиевые щелочные массивы Алданского щита характеризуются меньшим уровнем эрозионного среза, что выражается в широком площадном развитии в них пород вулканогенной кровли – щелочных трахитов, псевдолейцитовых порфиров и базальтов (рис. 4), суммарная мощность которых составляет от 420 м в томмотском комплексе до 650 м в Джекондинском массиве [Главнейшие..., 1974].

ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ

Прямые поисковые признаки золотого оруденения в калиевых щелочных массивах включают: 1) коренные выходы и механические ореолы рассеяния рудного вещества, 2) шлиховые ореолы золота в элювиально-делювиальных отложениях над рудными штокверками, 3) аллювиальные россыпи золота [Дворник, Угрюмов, 2000; Дворник, 2001, 2004, 2014].

Коренные выходы микроклинизированных и серицитизированных пуласкитов, сиенит-пегматитов, вмещающих золоторудные штокверковые зоны Рябинового месторождения, довольно редки, но иногда встречались в верховьях ручья Рябинового на его крутых бортах. Они выделялись в ландшафте резко угнетенной растительностью, представленной обычно редкими кустами кедрового стланика. Коренные обнажения микроклинизированных и серицитизированных сиенитов в поисковых маршрутах выделяются по характерному розовато-красному цвету слагающего их полевого шпата, обилию светлой слюды. Выходы гидротермально измененных сиенит-пегматитов обычно покрыты мелкой дресвой, представленной осколками кристаллов калиевого полевого шпата. Оруденельные разности серицит-микроклиновых метасоматитов на выходах всегда окислены, по трещинам и в каравнах содержат лимонитовые охры. В таких окисленных рудах часто наблюдаются тонкая вкрашен-

ность гематита, изредка пленки вторичных минералов меди (малахита, азурита) на плоскостях спайности полевых шпатов. Участки интенсивных гидротермальных изменений проявляются возникновением среди микроклинизированных и серицитизированных сиенитов в элювиально-делювиальных отложениях обломков и глыб серицитолитов. Обломки рудоносных серицит-микроклиновых метасоматитов образуют механические потоки рассеяния по долинам ручьев и мелких рек, разносятся от мест их коренного залегания на расстояние до нескольких километров и могут быть использованы при поисках золотого оруденения в массивах калиевых щелочных пород.

Рудные штокверки в серицит-микроклиновых метасоматитах, сформировавшихся в щелочных комплексах Алданского щита, выделяются в элювиально-делювиальных отложениях шлиховыми ореолами золота [Угрюмов и др., 1988; Дворник, 1997, 2009а, 2010б, в], являющимися промежуточным звеном в системе “коренной источник–аллювиальная россыпь”.

Конечная стадия существования коренных месторождений – их преобразование в элювий [Шило, 2002]. Для исследования характера связи между коренными источниками, представленными золоторудными штокверковыми зонами, развитыми на разных гипсометрических уровнях, и шлиховыми ореолами золота в рыхлых отложениях над ними и изучения особенностей их строения были отобраны шлиховые пробы из окисленных порфировых руд Рябинового и Нового месторождений и выполнено мелкообъемное (1–4 дм³) шлиховое опробование песчано-глинистого горизонта элювиально-делювиальных отложений в масштабах 1 : 10 000, 1 : 5000, 1 : 2000 в контуре ореолов Рябинового, Якокутского, Ылымахского, Томмотского и Мрачного щелочных массивов [Дворник, 2010б, 2014]. Для количественной оценки шлиховых ореолов золота в калиевых щелочных массивах определяли минеральный состав тяжелой фракции шлихов и параметры распределения золота в элювиально-делювиальных отложениях: морфологические типы золотин, их средние размеры и пробность, площадь шлиховых ореолов и содержание золота в шлиховых пробах, рассчитанное на основе данных о размерах и форме золотин. Пробность золота из шлиховых ореолов определяли атомно-абсорбционным методом в ЦХЛ ПГО “Уралгеология” (аналитик В.А. Чембарцева).

Следует отметить, что элювиальные и делювиальные отложения наследуют от своих коренных источников весь комплекс гипергенно устойчивых минералов [Шило, 2002]. В частности, для среднегорного минерального состава тяжелой фракции шлихов, отобранных в элювиально-делювиальных отложениях из ореола Рябинового месторождения, выделенного на среднерудном уровне над рудным те-

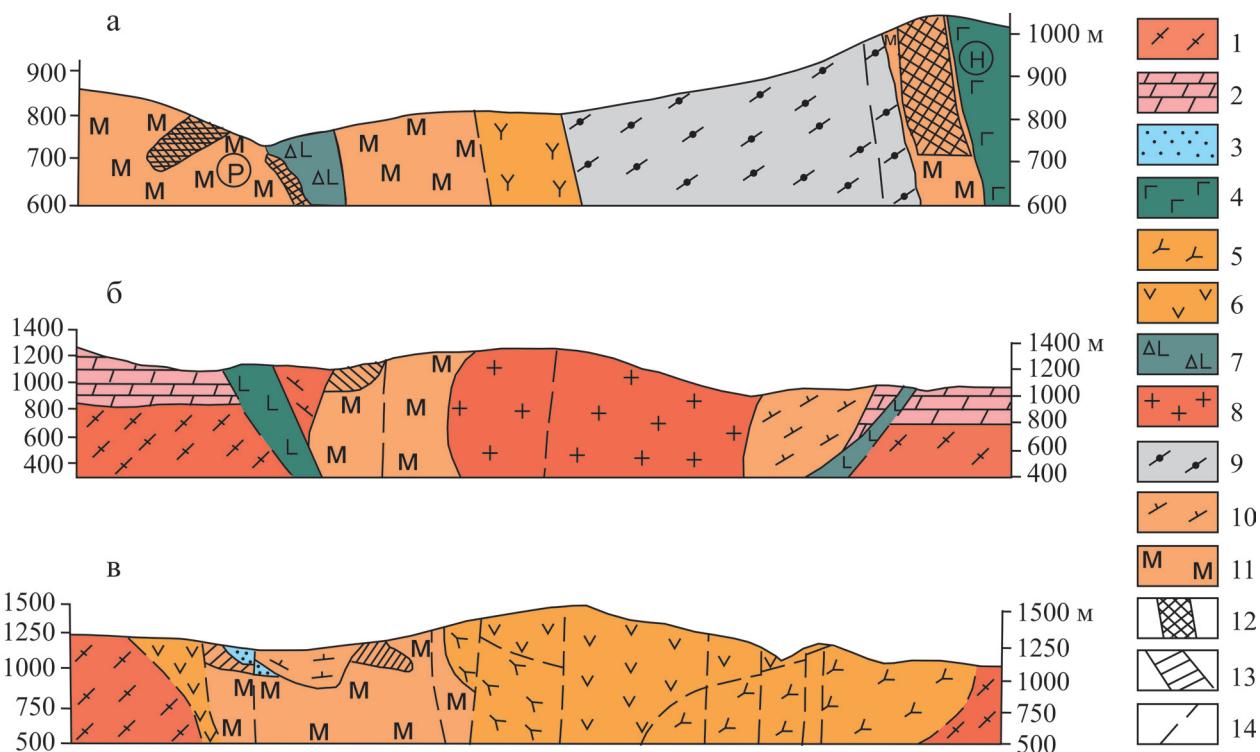


Рис. 4. Схема размещения золотопорфирового оруденения на рудном (а) и надрудном (б, в) уровнях в вулкано-плутонических комплексах Центрально-Алданского района [Дворник, 2009б].

а – Рябиновское золоторудное поле (Р – Рябиновское месторождение, Н – Новое месторождение); б, в – рудопроявления золота Ыллымахского (б), Томмотского (в) массивов (горизонтальный масштаб соответствует приведенному на рисунке вертикальному масштабу).

1 – архейские граниты, гнейсы, кристаллические сланцы; 2 – вендские доломиты; 3 – юрские песчаники; 4–11 – мезозойские магматические и метасоматические породы: 4 – щелочные габброиды, 5 – щелочные сиениты, 6 – субщелочные сиениты, 7 – щелочные пикриты, 8 – эгириновые граниты и их эруптивные брекции, 9 – фениты, 10 – эпилайцитовые фонолиты, серицитизированные трахиты, 11 – серицит-микроклиновые метасоматиты по щелочным сиенитам; 12 – штокверковые зоны с кондиционным золотым оруднением; 13 – зоны с непромышленной вкрапленной золоторудной минерализацией; 14 – разрывные нарушения.

Fig. 4. Placingement scheme of gold-porphyry mineralization on the ores (a) and overores (б, в) levels in volcano-plutonic complexes Central Aldan region [Dvornik, 2009b].

а – Ryabinovskoe gold ore field (Р – Ryabinovoe deposit, Н – Novoe deposit); б, в – occurrences in Yllymakhskii (б), Tommotskii (в) massif (Horizontal scale correspond to vertical one).

1 – Archean granites, gneisses, crystalline shales; 2 – Vendian dolomites; 3 – Jurrasic sandstone; 4–11 – Mesozoic magmatic and metasomatic rock: 4 – alkaline gabbroids, 5 – alkaline syenites, 6 – subalkaline syenites, 7 – alkaline picrites, 8 – aegirine granites and their eruptive breccias, 9 – fenites, 10 – epilauitic phonolites, sericitized trachytes, 11 – sericit-microcline metasomatites on alkaline syenites; 12 – stockwork zones with conditioned gold mineralization; 13 – zones with non-commercial disseminated ore gold mineralization; 14 – faults.

лом 1 (750–800 м) и на верхнерудном уровне над рудной зоной 7 (850–930 м), характерны, как и для состава шлихов из окисленных руд, низкое содержание магнетита и ильменита, более высокая концентрация гематита, оксидов титана (рутilla, антаза), высокие значения отношений $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$, $\text{TiO}_2/\text{FeTiO}_3$ [Дворник, 2014]. Для минерального состава шлихов, взятых в элювио-делювии из ореолов над рудопроявлениями Якокутского (участок Лагерный), Ыллымахского (участок Хрустальный), Томмотского (участок Безымянный) и Мрачного массивов, выделенных на надрудном уровне (900–

1300 м), характерны более низкие величины $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$ и $\text{TiO}_2/\text{FeTiO}_3$ [Дворник, 2010б]. В составе шлихов из ореола Рябинового месторождения также присутствуют в весовых и знаковых количествах рудные минералы (пириит, халькопирит) золотопродуктивной ассоциации, неустойчивые в гипergенных условиях.

Строение шлихового ореола Рябинового месторождения, установленного в элювиально-делювиальных отложениях на средне- и верхнерудном уровнях, идентично. Ему свойственны развитие на обоих уровнях зон с высокой концентрацией

золота ($>100 \text{ мг}/\text{м}^3$) среди участков умеренной ($50\text{--}100 \text{ мг}/\text{м}^3$) и низкой ($<50 \text{ мг}/\text{м}^3$) золотоносности, преобладание в его составе золотин изометричной комковидной формы над вытянутыми и сплюснутыми разновидностями (игольчатыми, линзовидными, пластинчатыми), превалирование по гранулометрическому составу тонкого золота, а по химическому – среднепробных золотин [Дворник, 2014].

Шлиховые ореолы, выделенные в пределах рудопроявлений в щелочных комплексах Центрально-Алданского рудного района (Якутском, Ыллымахском, Томмотском) на надрудном уровне со-поставимы с ореолом Рябинового месторождения по крупности выделений самородного золота и их пробности [Дворник, 2010б], но отличаются от последнего более низким, средним содержанием золота в шлиховых ореолах и преобладанием в их составе золотин вытянутой и сплюснутой формы. По данным микрозондового анализа для состава самородного золота из шлиховых ореолов надрудного уровня характерно повышенное содержание меди.

В пределах Якутского щелочного массива шлиховой ореол золота установлен в элювиально-делювиальных отложениях в интервале абсолютных отметок 900–1050 м над эпилейцитовыми порфирами рудопроявления Лагерное, содержащими рассеянную вкрапленность сульфидов. Для строения ореола характерно развитие в его центральной части на фоне низкой концентрации золота небольших по площади участков умеренной и высокой золотоносности.

В рыхлых отложениях Ыллымахского комплекса обширный ореол золота был закартирован в масштабе 1 : 10 000 [Дворник, 2014] над микроклинизованными и серицитизированными сиенитами Северного рудопроявления (нт. 1000–1200 м). Более детально строение этого шлихового ореола изучено в масштабе 1 : 2000 на участке Хрустальный, расположенному в южной части рудопроявления, на площади $200 \times 200 \text{ м}$. Ореол на этом участке выделяется еще более низкой концентрацией золота в сравнении с таковой шлихового ореола, оконтуренного в элювиально-делювиальных отложениях над эпилейцитовыми порфирами Якутского массива [Дворник, 2010б].

Шлиховой ореол Томмотского массива отличается большим разнообразием форм выделений золота, среди которых превалируют пластинчатые, таблитчатые, брусковидные и игольчатые индивиды, и неоднородным внутренним строением изученных золотин, выраженным в некотором обогащении серебром их краевых частей в сравнении с центральными (пр. 1035, 1032), а также образованием высокопробной гипергенной каймы (пр. 117) [Дворник, 2014].

Самородное золото из шлихового ореола массива Мрачный, оконтуренного в его юго-восточной

части, в интервале абсолютных отметок 1200–1300 м, в элювиально-делювиальных отложениях над средне-микроклинизованными и серицитизированными сиенитами и граносиенитами, по химическому составу высокопробное, чем отличается от золота из других ореолов надрудного уровня в Якутском, Ыллымахском и Томмотском комплексах, в составе которых преобладают золотины средней пробы [Дворник, 2010б].

Для изучения характера распределения самородного золота в разрезах рыхлых отложений в пределах шлиховых ореолов Рябинового и Ыллымахского щелочных массивов проведено мелкообъемное (1–4 дм^3) шлиховое опробование [Дворник, 2010б, 2014] в 62 точках стенок поисковых канав по всем горизонтам разреза (сверху вниз): 1 – почвенно-растительный слой (0.0–0.3 м); 2 – песчано-глинистый слой (0.3–0.5); 3 – среднекрупнообломочный элювио-делювий (0.5–2.0); 4 – элювиально-делювиальная дресва рудоносных серицит-микроклиновых метасоматитов (2.0–2.5 м).

Результаты исследования подтвердили закономерности, установленные в распределении золота в песчано-глинистом слое в пределах шлиховых ореолов, выделенных над рудоносными штокверковыми зонами в серицит-микроклиновых метасоматитах в калиевых щелочных комплексах Центрального Алдана. Шлиховой ореол Рябинового месторождения, выявленный на средне- и верхнерудном уровнях, характеризуется преимущественным распространением во всех горизонтах элювио-делювия выделений золота изометричной комковидной формы (57–70%) и более высокой средней концентрацией в них золота ($58\text{--}111 \text{ мг}/\text{м}^3$). В шлиховом ореоле Северного рудопроявления в Ыллымахском комплексе, установленном на надрудном уровне, во всех слоях рыхлых отложений преобладают золотины вытянутой и сплюснутой формы (55–69%) при более низком среднем содержании золота ($9\text{--}24 \text{ мг}/\text{м}^3$) и сходстве его по средним размерам и вариациям пробности с самородным золотом из шлихового ореола Рябинового месторождения [Дворник, 2014].

Признаки проявления золоторудной минерализации рябиновского типа установлены нами в пределах Полевского щелочного массива на Среднем Урале [Дворник, Угрюмов, 2000; Угрюмов, Дворник, 2000; Дворник, 2001, 2008, 2014]. При проведении поисковых маршрутов на рассматриваемой площади в элювиально-делювиальных отложениях над измененными эпилейцитовыми фонолитами гор Глинчевка, Липовая, рудопроявления Надежда, расположенного в 1 км к востоку от горы Липовая выявлены локальные шлиховые ореолы золота (рис. 5). В бассейне р. Западная Чусовая и ее притоков (рек Бобровка и Глинчевка) сформировались аллювиальные россыпи золота. Кроме того, южнее горы Липовая известна элювиальная рос-

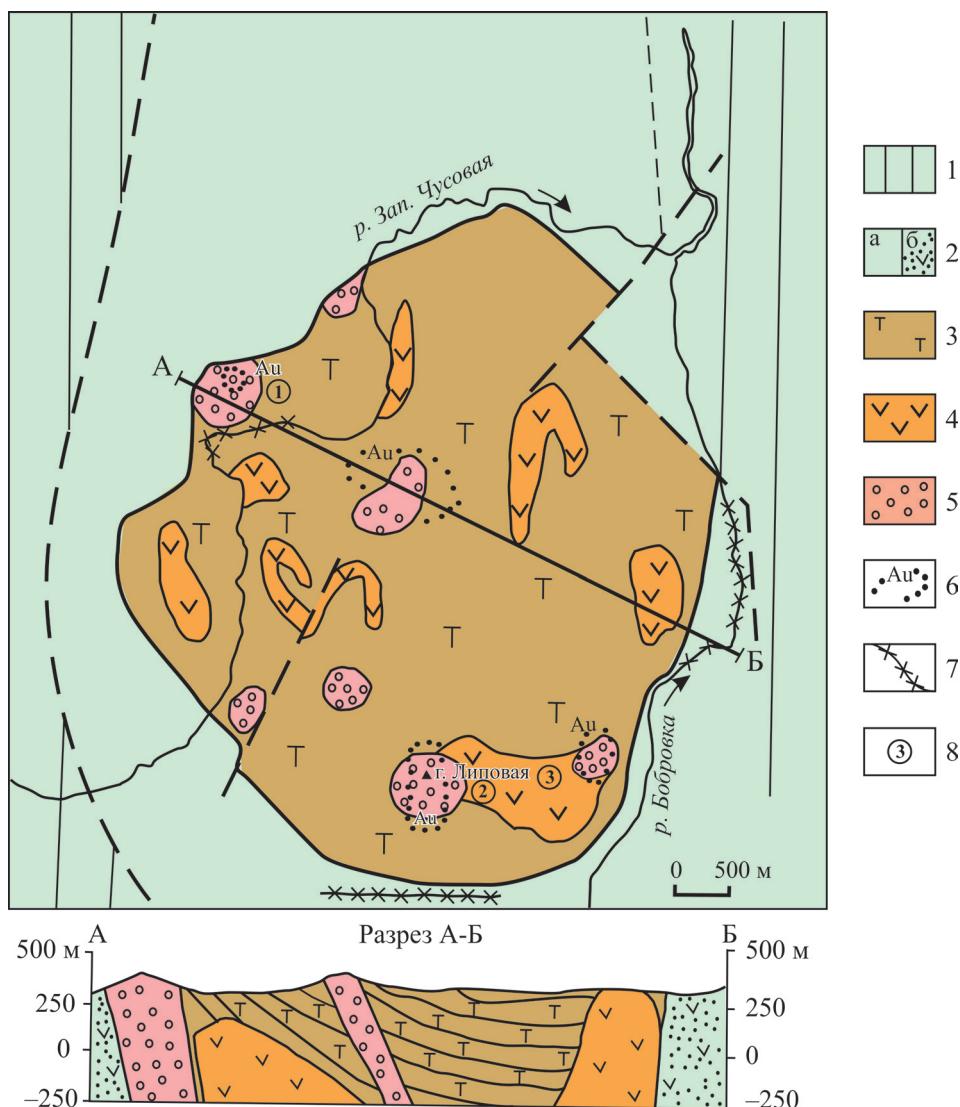


Рис. 5. Схема строения полевского щелочного комплекса [Угрюмов, Дворник, 1997; Дворник, 2014].

1 – зюзельская свита (метаморфизованные долериты, базалты, туфопесчаники, туфоалевролиты, сланцы углисто-кремнистые, альбит-хлорит-серicitовые) (O_2-S); 2 – полевская свита (а – нижняя и средняя подсвиты: вулканомиктовые и туфогенные песчаники, гравелиты, конгломераты, базалты, андезито-базальты пироксеновые и их туфы, б – то же на разрезе); 3, 4 – полевской комплекс щелочных трахитов (3) и микросиенитов (4) (S_2-D_2); 5 – эпилейцитовые фонолиты; 6 – шлиховые ореолы золота в элювии и делювии; 7 – россыпи золота; 8 – рудопроявления золота в эпилейцитовых фонолитах г. Глинчеква (1), г. Липовая (2), Надежда (3).

Fig. 5. Scheme structure Polevskoy alkaline complex [Ugryumov, Dvornik, 1997; Dvornik, 2014].

1 – Zjuzelskaja suite (metamorphosed dolerite, tuff sandstone, tuff alevrolite, slate coal-siliceous, slate albite-clinochlore-sericitic) (O_2-S); 2 – polevskaja suite (a – lower and middle subsuite: volcanic and tufaceous sandstone, gravelite, conglomerate, basalt, andesite-basalt pyroxene, and their tuff, б – also on section); 3, 4 – polevskoy complex alkaline trachyte (3) and microsyenite (4) (S_2-D_2); 5 – epilitic phonolite; 6 – heavy mineral concentrates of gold in eluvium and talus; 7 – gold places; 8 – displays gold ore in epilitic phonolites m. Glinchekva (1), m. Lypovaya (2), Nadezhda (3).

сыпь золота (Бобровские поддерники). В среднем минеральном составе тяжелой фракции шлихов из элювио-делювия над эпилейцитовыми фонолитами Полевского щелочного массива из рудных минералов присутствуют пирит, галенит, церуссит, самородное золото, по содержанию в пробах преобладают магнетит, ильменит, эпидот, амфибол, ги-

дроксиды железа, псевдоморфный лимонит при меньшей концентрации гематита и оксидов титана (рутilla, брукита) и низких значениях отношений Fe_2O_3/Fe_3O_4 , $TiO_2/FeTiO$, [Дворник, 2014]. Это обусловлено преимущественно средней степенью гидротермальных изменений (микроклинизации, се-рицитизация) псевдолейцитовых фонолитов полев-

ского комплекса в сравнении с метасоматическими преобразованиями щелочных сиенитов эталонного объекта – Рябинового месторождения золота на Алданском щите. Минералогический анализ двух протолочек эпилейцитовых фонолитов с вкрапленностью пирита (пр. 9045, 9050), отобранных на рудопроявлении г. Глинчевка, позволил установить в их составе единичные золотины (3 знака) средним размером около 0.05 мм [Дворник, 2010б].

Шлиховые ореолы золота в элювиально-делювиальных отложениях над пиритизированными эпилейцитовыми фонолитами полевского комплекса сходны со шлиховыми ореолами надрудного уровня, выделенными в рыхлых отложениях над золотоносными минерализованными зонами в калиевых щелочных массивах Центрально-Алданского района (Якутском, Томмотском, Ыллымахском, Мрачном) [Дворник, 2014]. Они характеризуются преобладанием в выборках вытянутых и сплюснутых золотин игольчатой, линзовидной и пластинчатой форм, повышенной концентрацией в составе золота меди и низким средним содержанием золота в ореолах ($10\text{--}59 \text{ мг}/\text{м}^3$)

Для состава золотин из шлихового ореола рудопроявления Надежда в элювии-делювии над эпилейцитовыми фонолитами с рассеянной вкрапленностью сульфидов характерно некоторое обогащение их краевых частей серебром в сравнении с центральной частью. Это свойственно и составу самородного золота из окисленных руд эталонного Рябинового месторождения и шлихового ореола рудопроявления Безымянное в Томмотском массиве [Дворник, 2014].

Таким образом, в строении шлиховых ореолов золота в элювиально-делювиальных отложениях над рудными штокверковыми зонами в калиевых щелочных вулканоплутонах Центрально-Алданского и Полевского рудных районов, выделенных на рудном и надрудном уровнях, установлены их различия по некоторым характерным признакам (концентрации в ореолах рудных минералов железа и титана, морфологическим особенностям самородного золота и его среднему содержанию в шлиховых ореолах). Они могут быть использованы для поисков золотого оруденения в других комплексах калиевых щелочных пород, в пределах которых развиты серицит-микроклиновые метасоматиты.

Рудные штокверковые зоны в серицит-микроклиновых метасоматитах калиевых щелочных массивов Центрально-Алданского района в Якутии сопровождаются аллювиальными россыпями золота [Дворник, 2014]: руч. Рябиновый в рябиновском комплексе, руч. Амбурдак в Ыллымахском, руч. Турук в томмотском комплексе. В минеральном составе тяжелой фракции шлихов, взятых из отложений россыпи ручья Рябиновый, берущего начало с золоторудных зон Рябинового месторождения

(см. рис. 2), установлены в весовых и знаковых количествах пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, халькозин, куприт, самородное золото. В отобранных из россыпи шлихах золотины рудного облика слабой и средней степени окатанности, в них преобладает, как и в шлиховом ореоле в элювиально-делювиальных отложениях Рябинового месторождения, золото изометричной комковидной формы, часто отмечаются зерна в виде кристаллов и их сростков. По гранулометрическому составу в изученной выборке превалирует тонкое золото, пробность золотин варьирует в широких пределах – от электрума до высокопробного золота.

Аллювиальные россыпи ручьев Амбурдак и Турук сформировались за счет денудации на надрудном уровне зон с непромышленной вкрапленной золоторудной минерализацией в серицит-микроклиновых метасоматитах Ыллымахского (рудопроявление Северное) и томмотского (рудопроявление Безымянное) комплексов. Для минерального состава тяжелой фракции шлихов, отобранных из этих россыпей, характерны более низкая концентрация оксидов титана (рутilla, брукита, анатаза), меньшие величины отношения $\text{TiO}_2/\text{Fe-TiO}_3$, присутствие в знаковых количествах пирита, халькопирита, сфалерита, галенита и самородного золота преимущественно слабой и средней степени окатанности, а также преобладание по форме вытянутых и сплюснутых индивидов (игольчатых, линзовидных, пластинчатых), а по химическому составу – среднепробных золотин.

Золоторудные проявления в эпилейцитовых фонолитах Полевского щелочного массива на Среднем Урале также сопровождаются аллювиальными россыпями золота по р. Западная Чусовая и ее притокам – рекам Глинчевка и Бобровка (см. рис. 5). Кроме того, с ними связано образование к югу от г. Липовая элювиальной россыпи Бобровские поддерники. В среднем минеральном составе тяжелой фракции шлихов, взятых из этих россыпей, по содержанию преобладают магнетит, гематит, хромит, ильменит, эпидот, из рудных минералов в них установлены пирит, пироморфит и самородное золото [Дворник, 2014]. Последнее по морфологическим особенностям, среднему размеру и вариациям пробности сходно с золотом из шлиховых ореолов в элювиально-делювиальных отложениях над пиритизированными эпилейцитовыми фонолитами гор Глинчевка, Липовая и рудопроявления Надежда полевского комплекса. Химический состав самородного золота из элювиальной и аллювиальных россыпей Полевского щелочного массива характеризуется устойчивой повышенной концентрацией в нем меди, а в отдельных пробах – ртути и платины. Золотинам, выделенным из россыпных отложений комплекса, свойственно также зональное внутреннее строение. В частности, в краевых частях нескольких золотин (пр. 8876, 8872, 9044) установ-

лена более высокая концентрация серебра в сравнении с таковой центральной части. В других золотинах (пр. 9064, 9047, 8872) развита высокопробная гипергенная кайма [Дворник, 2014].

Важными косвенными поисковыми признаками золотого оруденения в калиевых щелочных массивах Алданского щита являются околоврудные серицит-микроклиновые метасоматиты, геохимические и геофизические аномалии над рудными штокверками [Дворник, Угрюмов, 2000; Дворник, 2001, 2014]. Поисковое значение серицит-микроклиновых метасоматитов выражается в том, что они содержат в пределах эталонного рябиновского комплекса зоны поздних мелкозернистых микроклинитов среди интенсивно и умеренно микроклинизированных и серицитизированных сиенитов (пуласкитов, сиенит-пегматитов, псевдолейцитовых сиенит-порфиров), вмещающие промышленное прожилково-вкрашенное золотое оруденение Рябинового и Нового месторождений (см. рис. 2). В других, менее эродированных щелочных комплексах (якокутском, ыллымахском, томмотском, мрачном) постмагматические процессы микроклинизации и серицитизации проявились менее интенсивно. В них сформировались преимущественно умеренно и слабо микроклинизированные и серицитизированные щелочные породы с небольшими гнездами поздних микроклинитов и непромышленной вкрашенной золоторудной минерализацией.

При картировании серицит-микроклиновых метасоматитов в калиевых щелочных массивах на стадии поисковых работ важным является изучение их геохимической специализации. Так, серицит-микроклиновые метасоматиты Центрально-Алданской провинции в целом выделяются на рудном уровне (рябиновский комплекс) более высокой концентрацией меди и молибдена, более низкими значениями полиметаллического индекса $[(\text{Pb} \times \text{Zn})/(\text{Cu} \times \text{Mo})]$ в сравнении с аналогичными параметрами метасоматитов, закартированных на надрудном уровне (якокутский, ыллымахский комплексы) [Дворник, 2014].

Первичные геохимические ореолы элементов-индикаторов золотого оруденения (серебра, меди, молибдена, цинка) в пределах Рябинового месторождения были установлены в серицит-микроклиновых метасоматитах, вмещающих золоторудное тело 1 (см. рис. 2), по данным кернового опробования колонковых скважин. Среди них наиболее контрастными являются аномалии меди и молибдена, а аномалии серебра практически повторяют форму рудного тела. Между содержаниями золота и серебра в керновых пробах, отобранных в пределах рудного тела 1, установлена прямая корреляционная зависимость [Дворник, 2014]. Коэффициент корреляции между величинами концентрации этих элементов в рудах составил 0.61 при объеме выборки 75 проб. В строении первичных геохимических ореолов на месторождении Новое отмечены обогащение центральной части рудного тела медью и молибденом и относительное накопление в его краевых частях свинца и висмута [Дворник, Элюев, 2004].

Золоторудные тела Рябинового и Нового месторождений также выделяются во вторичных геохимических ореолах в элювиально-делювиальных отложениях над ними повышенной концентрацией золота, серебра, меди, молибдена, свинца и цинка [Дворник, 2014]. Менее интенсивные аномалии золота, серебра, цинка установлены также при проведении литогеохимической съемки в элювиоделювии над эпилейцитовыми порфирами участка Лагерный и мусковитизированными сиенитами участка Щелочной, содержащими непромышленную вкрашенную золоторудную минерализацию в пределах менее эродированного в сравнении с рябиновским комплексом Якокутского массива. Кроме того, неконтрастные аномалии золота, серебра, меди, свинца, цинка, молибдена выявлены во вторичных геохимических ореолах в рыхлых отложениях над серицит-микроклиновыми метасоматитами участка Северный, содержащими вкрашенную сульфидную минерализацию, в ыллымахском щелочном комплексе, выделяющимся развитием пород вулканогенной кровли (псевдолейцитовых фонолитов) и небольшим уровнем эрозионного среза. Вторичные геохимические аномалии с содержанием золота в рыхлых отложениях 0.003–0.200 г/т установлены также над микроклинизированными и серицитизированными породами (сиенитами, трахитами и базальтами) Джекондинского массива [Дворник, 2014].

На площади Северного рудопроявления в ыллымахском комплексе мы провели корреляционный анализ минералогических полей серицит-микроклиновых метасоматитов, установленных нашим картированием, с геохимическими полями рудных элементов (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo), геометризованных в изолиниях содержаний этих элементов на основе данных металлометрического опробования рыхлых отложений. Для оценки пространственной совместимости полей двух минералов – микроклина и серицита, характеризовавших ранне-щелочную и кислотную стадии метасоматического процесса соответственно, с геохимическими полями рудных элементов использовали коэффициент корреляции (среднее значение косинуса угла между градиентами аппроксимирующих поля функций [Мягков, 1984]). В результате исследований [Угрюмов и др., 1996; Дворник, 2014] выявлена положительная согласованность дифференцированных полей микроклина-1 и серицита (коэффициент корреляции $r = 0.54$ при $r_{kp} = 0.19$). Ореолы ранней микроклинизации также положительно коррелируют с геохимическими полями золота ($r = 0.38$), меди ($r = 0.30$) и серебра ($r = 0.21$), а ореолы серици-

тизации конкордантны с геохимическими полями молибдена ($r = 0.36$), золота ($r = 0.27$), серебра ($r = 0.24$). Согласованность между собой минералогических полей разных стадий, конкордантность с этими полями геохимических полей основных рудных элементов (золота и серебра) подтверждают связь разностадийных метасоматитов и вкрапленного золотого оруденения с единым метасоматическим процессом, протекавшим в условиях жестко фиксируемой во времени и пространстве позиции зон разгрузки рудообразующих гидротермальных растворов, соответствующих зонам поздней микроклинизации.

Зоны серицит-микроклиновых метасоматитов, вмещающие золоторудные тела Рябинового и Нового месторождений, выделяются в магнитных и гравитационных полях пониженными значениями ΔT (нТл) и Δg (мГл), а в электрическом поле – повышенными значениями кажущегося сопротивления ($KC > 25\,000\,\Omega\cdot m$) [Дворник, 2014], они также фиксируются площадными аномалиями калия от 10 до 13% и мультипликативного показателя ($F = UK/Th$) от 5 до 30% (рис. 6). В других, менее эродированных, калиевых щелочных массивах Алданского щита (Якокутском, Ыллымахском) развитые в их пределах на надрудном уровне участки микроклинизированных и серицитизированных щелочных пород (сиенитов, псевдолейцитовых порфиров) также выделяются в геофизических полях гравитационными, магнитными и электрическими аномалиями меньшей интенсивности [Дворник, 2014].

В соответствии с предложенным комплексом поисковых критериев и признаков золотого оруденения в калиевых щелочных массивах Алданского щита для проведения поисковых работ масштаба 1 : 10 000 на этот тип оруденения предлагается использование следующего комплекса поисковых методов: 1) поисковые маршруты; 2) литогеохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния золота, серебра и элементов-спутников (меди, цинка, свинца, молибдена); 3) шлиховые поиски по ореолам и потокам рассеяния золота в элювиально-делювиальных и аллювиальных отложениях; 4) площадные геофизические работы (магнито-, грави-, электроразведка); 5) горнопроходческие работы (канавы, шурфы); 6) буровые работы.

Применение рассмотренного комплекса поисковых критериев и признаков при выполнении научно-исследовательских работ в пределах щелочных массивов в Центрально-Алданском рудном районе Якутии [Дворник, 2014] позволило выделить первоочередные участки для осуществления поисковых работ на золото: Рябчик – в рябиновском комплексе, Лагерный, Щелочной – в Якокутском массиве, Хрустальный – в Ыллымахском массиве, Безымянный – в Томмотском массиве. Этот комплекс также использован при проведении поис-

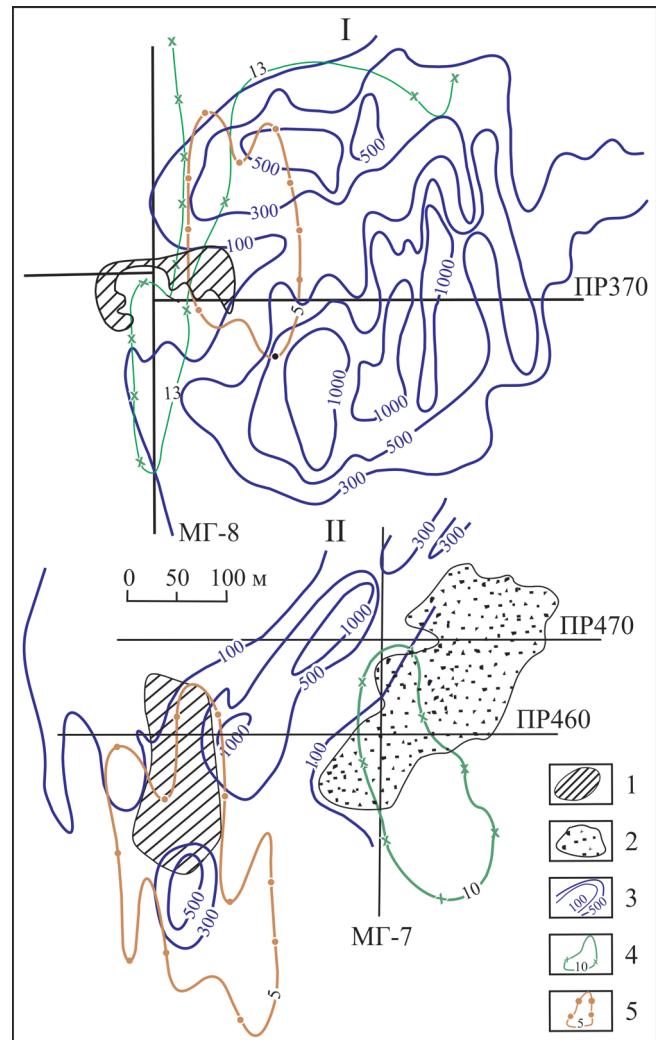


Рис. 6. Схема распределения полей ΔT , содержания калия и мультипликативного показателя ($F = UK/Th$) на участках Нового (I) и Рябинового (II) золоторудных месторождений [Дворник, 2014].

1 – участки с содержанием золота больше 1 г/т; 2 – участки с концентрацией золота меньше 1 г/т; 3 – изолинии поля ΔT (нТл); 4 – изолинии содержания калия по данным аэрогамmasпектрометрии, %; 5 – изолинии мультипликативного показателя F , %.

Fig. 6. Scheme distribution fields ΔT , content potassium and multiplicative index ($F = UK/Th$) on areas Novoe (I) and Ryabinovoe (II) gold ore deposit [Dvornik, 2014].

1 – areas with content gold more 1 g/t; 2 – areas with concentration gold less 1 g/t; 3 – isolines field ΔT (nTl); 4 – isolines content potassium, on the data aerogamma spectrometry; 5 – isolines multiplicative index F , %.

ковых маршрутов в пределах Полевского щелочного массива на Урале, в результате которых выявлены рудопроявления золота в эпилейцитовых фонолитах: Надежда, гор Липовая, Глинчевка [Дворник, 2010б, 2014].

Комплекс поисковых критериев и признаков золотого оруденения в серицит-микроклиновых метасоматитах щелочных массивов, разработанный на примере месторождений и рудопроявлений Алданского щита, предлагается для использования при выполнении поисковых работ в других провинциях калиевых щелочных пород (Западно-Алданской, Северо-Прибайкальской, Уральской, Северо-Казахстанской, Центрально-Казахстанской, Армянской), перспективных на этот тип золотого оруденения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для оценки перспектив золотого оруденения в калиевых щелочных массивах предложен комплекс поисковых критериев (магматических, структурных и геоморфологических), прямых и косвенных поисковых признаков. Магматический критерий проявлен в пространственно-временной связи золотого оруденения со штоками калиевых щелочных сиенитов. Структурный критерий заключается в выделении в пределах калиевых щелочных комплексов структурных элементов, контролирующих размещение золотого оруденения в серицит-микроклиновых метасоматитах. Геоморфологический критерий служит для оценки уровня эрозионного среза рудных штокверков в щелочных массивах по соотношению площадей развития щелочных сиенитов и пород вулканогенной кровли (щелочных трахитов, псевдолейцитовых порфиров).

Прямые поисковые признаки включают коренные выходы и механические ореолы рассеяния рудоносных серицит-микроклиновых метасоматитов, шлиховые ореолы золота в элювиально-делювиальных отложениях над рудными штокверками, аллювиальные россыпи золота в калиевых щелочных массивах. Косвенными поисковыми признаками золотого оруденения являются околоврудные метасоматиты, первичные и вторичные геохимические ореолы золота, серебра, меди, магнитные, гравитационные и электрические аномалии в геофизических полях. Использование рассмотренного комплекса при прогнозировании позволит разделить потенциально рудоносные площади в калиевых щелочных массивах по степени перспективности и локализовать в их пределах участки для проведения поисковых работ на золото.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреев Г.В. (1981) Петрология формации калиевых, нефелиновых и щелочных сиенитов. Новосибирск: Наука, 85 с.
- Беневольский Б.И., Блинова Е.В., Бражник А.В., Варталян С.С., Кривцов А.И. (2010) Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Методическое руководство. Вып. "Золото". Изд. 4-е. Отв. ред. Б.И. Беневольский, С.С. Варталян. М.: ЦНИГРИ, 182 с.

- Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н., Солодов Н.А. (1999) Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов. Под ред. Л.В. Оганесяна. М.: НИА-Природа, 220 с.
- Болтыров В.Б., Огородников В.Н. (1974) Использование мусковита метасоматических пород в геологической термо- и барометрии. *Геология метаморфических комплексов Урала*. Свердловск, 59-64.
- Ветлужских В.Г., Казанский В.И., Кочетков А.Я., Яновский В.М. (2002) Золоторудные месторождения Центрального Алдана. *Геология рудных месторождений*, 44(6), 467-499.
- Главнейшие провинции и формации щелочных пород (1974) Отв. ред. Л.С. Бородин. М.: Наука, 376 с.
- Говоров И.Н. (1977) Термодинамика ионно-минеральных равновесий и минералогия гидротермальных месторождений. М.: Наука, 240 с.
- Дворник Г.П. (1992) Серицит-микроклиновые метасоматиты и золотомеднорудное оруденение в калиевых щелочных массивах. *Геология метаморфических комплексов*. Екатеринбург: УГИ, 108-120.
- Дворник Г.П. (1997) Изучение шлиховых ореолов золота при комплексной оценке золотомеднорудного оруденения в калиевых щелочных массивах. *Комплексное использование и эксплуатация месторождений полезных ископаемых. Мат-лы III междунар. конф. Новочеркасск: Нобла*, 59-63.
- Дворник Г.П. (2001) Метасоматизм и золотое оруденение в калиевых щелочных массивах, его поисковые критерии и признаки. *Актуальные проблемы освоения месторождений полезных ископаемых. Тез. докл. науч.-техн. конф., посвящ. 10-летию независимости Республики Узбекистан*. Ташкент: АН РУз, 51-53.
- Дворник Г.П. (2002) Геологическое строение и условия образования серицит-микроклиновых метасоматитов и золотомеднорудного оруденения Рябинового месторождения. *Изв. УГГА. Сер. Геология и геофизика*, (15), 104-110.
- Дворник Г.П. (2004) Метасоматиты и золоторудная минерализация Томмотского щелочного массива и его ближайшего обрамления (Алданский щит). *Изв. УГГУ. Сер. Геология и геофизика*, (19), 119-127.
- Дворник Г.П. (2008) Серицит-микроклиновые метасоматиты и золотомеднорудное оруденение Нового месторождения (Алданский щит). *Вестн. Уральского отделения РМО*, (5), 15-27.
- Дворник Г.П. (2009а) Строение шлиховых ореолов золота в элювиально-делювиальных отложениях над рудными штокверками в калиевых щелочных массивах Центрально-Алданского района. *Система коренной источник-россыпь. Мат-лы конф., посвящ. 100-летию со дня рождения И.С. Рожкова, Ю.Н. Трушкова, П.И. Мельникова*. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 115-119.
- Дворник Г.П. (2009б) Элементы вертикальной зональности в распределении золотомеднорудного оруденения в вулканоплатонических комплексах Центрально-Алданского района. *Литосфера*, (4), 104-107.
- Дворник Г.П. (2010а) Морфометрическая характеристика золоторудных тел и изменчивость качества руд Рябиновского поля (Алданский щит). *Изв. вузов. Геология и разведка*, (2), 36-40.
- Дворник Г.П. (2010б) Ореолы золота в элювиально-делювиальных отложениях над рудными зонами в калиевых щелочных вулканоплатонических ком-

- плексах Центрально-Алданского и Полевского районов. *Литосфера*, (6), 97-104.
- Дворник Г.П. (2010в) Шлиховые ореолы золота в элювиально-делювиальных отложениях как поисковый признак золотопорфирового оруденения в калиевых щелочных вулканоплутонических комплексах Центрально-Алданского района. *Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения. Мат-лы XIV междунар. совещ.* Новосибирск: Изд-во "Апельсин", 221-224.
- Дворник Г.П. (2014) Метасоматизм и золотое оруденение калиевых щелочных массивов (на примере Центрально-Алданской щелочной провинции). Екатеринбург: УГГУ, 329 с.
- Дворник Г.П., Угрюмов А.Н. (2000) Поисковые критерии и признаки золотого оруденения в калиевых щелочных массивах и проблема поисков его на Урале. *Геология и минерально-сырьевые ресурсы европейской территории России и Урала. Мат-лы регион. конф.* Кн. II. Екатеринбург: УрО РАН; УГГГА, 64-65.
- Дворник Г.П., Угрюмов А.Н., Балахонов В.С. (2002) Геологическое строение, метасоматиты и золотоджаспероидное оруденение Томмотского месторождения. *Научные основы и практика разведки и переработки руд и техногенного сырья с извлечением благородных металлов. Тр. междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1.* Екатеринбург: УГГГА, 39-48.
- Дворник Г.П., Элюев В.К. (2004) Геологическое строение, метасоматиты и особенности разведки прожилково-вкрапленных руд Нового месторождения золота (Алданский щит). *Вест. Читинского го-суниверситета*, **37**(III), 3-8.
- Еремеев Н.В. (1984) Вулканоплутонические комплексы калиевых щелочных пород. М.: Недра, 136 с.
- Зарайский Г.П. (1989) Зональность и условия образования метасоматических пород. М.: Наука, 324 с.
- Ким А.А. (1981) Минералого-геохимические особенности оруденения одного из щелочных массивов Центрального Алдана. *Минералого-геохимические особенности рудных месторождений Восточной и Южной Якутии.* Якутск: Якутский филиал СО АН СССР, 93-108.
- Коваленкер В.А., Мызников И.К., Кочетков А.Я., Наумов В.Б. (1996) Платиноносное золотосульфидное оруденение Рябинового щелочного массива (Центральный Алдан, Россия). *Геология рудных месторождений*, **38**(4), 345-356.
- Коротеев В.А., Огородников В.Н., Сазонов В.Н., Поленов Ю.А. (2010) Минерагения шовных зон Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 417 с.
- Костюк В.П., Панина Л.И., Жидков А.Я., Орлова М.П., Базарова Т.Ю. (1990) Калиевый щелочноймагматизм Байкало-Становой рифтогенной системы. Новосибирск: Наука, 239 с.
- Кочетков А.Я. (2006) Рудоносность щелочных массивов Алданского щита. Рябиновское медно-золотопорфиральное месторождение. *Тихоокеанская геология*, **25**(7), 62-73.
- Кравченко С.М., Власова Е.В. (1962) Щелочные породы Центрального Алдана. М.: АН СССР, 190 с.
- Кривцов А.И. (1989) Прикладная металлогения. М.: Недра, 288 с.
- Магматические горные породы. Т. 2. Щелочные породы (1984) М.: Недра, 415 с.
- Маракушев А.А. (1979) Петрогенезис и рудообразование (геохимические аспекты). М.: Наука, 264 с.
- Мызников И.К., Цепин А.И., Мохов А.В. (2002) Вещественный состав руд золотопорфирового месторождения Мусковитовое, Центральный Алдан. *Геология, генезис и вопросы освоения комплексных месторождений благородных металлов. Мат-лы Всерос. симп.* М.: Связь-Принт, 299-302.
- Мягков В.Ф. (1984) Геохимический метод парагенетического анализа руд. М.: Недра, 126 с.
- Наумов В.Б., Коваленкер В.А., Мызников И.К., Салазкин А.Н. (1995) Высокобарические флюиды гидротермальных жил Рябиновского щелочного массива (Центральный Алдан). *Докл. РАН*, **343**(1), 99-102.
- Сендеров Э.Э., Бычков А.М. (1979) Физико-химические условия образования структурных модификаций щелочных полевых шпатов при петрогенезисе. *Советская геология*, (9), 33-44.
- Угрюмов А.Н., Дворник Г.П. (1986) Рудоносные водородно-калиевые метасоматиты в мезозойских щелочных массивах Центрального Алдана. *Геология и геохимия рудоносных магматических и метасоматических формаций зоны Малого БАМА.* Якутск: ЯФ СО АН СССР, 31-48.
- Угрюмов А.Н., Дворник Г.П. (1997) Петрохимическая и хронологическая корреляция эпилейцитовых фонолитов Полевского района Среднего Урала, Северного Казахстана, Северного Прибайкалья, Алданского щита: Новые аспекты минерагении этих пород. *Магматизм, метаморфизм и глубинное строение Урала. Тез. докл. VI Урал. петрограф. совещ.* Ч. 2. Екатеринбург: УрО РАН, 55-57.
- Угрюмов А.Н., Дворник Г.П. (2000) Минерагения метасоматитов калиевой щелочной серии и некоторые вопросы изучения золотоносности и возможной алмазоносности Полевского рудного района Среднего Урала. *Металлогенез и геодинамика Урала. Тез. докл. III Всеурал. металлоген. совещ.* Екатеринбург: УрО РАН, 167-170.
- Угрюмов А.Н., Дворник Г.П., Балахонов В.С. (1988) Опыт мелкообъемного шлихового опробования делювиальных отложений при поисках золотосодержащих меднопорфировых и золоторудных джаспероидных месторождений. *Геология, поиски и разведка рудных и нерудных полезных ископаемых. Межвуз. науч. темат. сб.* Свердловск: УрО АН СССР, 44-48.
- Угрюмов А.Н., Дворник Г.П., Балахонов В.С. (1996) Метасоматическая зональность и золотое оруденение Ыллымахского щелочного массива (Алданский щит). *Изв. УГГГА. Сер. Геология и геофизика*, (5), 82-87.
- Шило Н.А. (2002) Учение о россыпях. Теория россыпебразующих рудных формаций и россыпей. Владивосток: Дальнаука, 576 с.
- Mutschler F.E., Griffin M.E., Scott D., Stevens D.S., Shannon S.S. (1985) Precious metal deposits relate to alkaline rocks in the North American Cordillera. An interpretative review. *Trans. Geol. Soc. S. Afr.*, **88**, 355-377.
- Werle I.L., Ikramuddin M., Mutschler F.E. (1984) Allard hosted porphyry copper-precious metal deposit. *Can. J. Earth Sci.*, **21**, 630-641.

REFERENCES

- Andreev G.V. (1981) *Petrologiya formacii kalievykh, nefelinovykh i shchelochnykh sienitov* [Petrology formation potash, nefeline and alkaline syenite]. Novosibirsk, Nauka Publ., 85 p. (In Russian)
- Benevol'skii B.J., Blinova E.V., Brazhnik A.V. Vartanyan S.S., Krivtsov A.I. (2010) *Ocenka prognoznykh resursov almazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov. Metodicheskoe rukovodstvo. Vyp. "Zoloto" Izdanie chetyrore* [Estimation prognostic resources diamonds, precious and coloured metals. Methodological guide. Iss. "Gold"]. Publ. 4th. (Otv. red. B.J. Benevol'skii, S.S. Vartanjan). Moscow, TsNIGRI, 182 p. (In Russian)
- Boitsov V.E., Pilipenko G.N., Solodov N.A. (1999). *Mestorozhdeniya blagorodnykh, radioaktivnykh i redkikh metallov.* (Pod. red. L.V. Oganesjana) [Precious, radioactive and rare metals deposits. (Ed. L.V. Oganesyan]. Moscow, NIA-Priroda Publ., 220 p. (In Russian)
- Boltyrov V.B., Ogorodnikov V.N. (1974) Use of muscovite from metasomatic rocks in geological thermo- and barometry. *Geologiya metamorficheskikh kompleksov Urala* [Geology of metamorphic complexes of the Urals]. Sverdlovsk, Uralian Mine Institute Publ., 59-64. (In Russian)
- Dvornik G.P. (1992) Sericite-microcline metasomites and gold-copper porphyry mineralization in potash alkaline massifs. *Geologiya metamorficheskikh kompleksov* [Geology of metamorphic complexes of the Urals]. Sverdlovsk, Uralian Mine Institute Publ., 108-120. (In Russian)
- Dvornik G.P. (1997) Study of gold mineral aureoles to the complex estimation gold-copper porphyry mineralization in potash alkaline massifs. *Kompleksnoe ispol'zovanie i ekspluatatsiya mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh. Mat-ly III mezhdunar. konf.* [Complex use and exploitation of mineral deposits. Materials of Internat. Conf.]. Novocherkassk, NOBLA Publ., 59-63. (In Russian)
- Dvornik G.P. (2001) Metasomatizm and gold mineralization in potash alkaline massifs, his searching criterion and indication. *Aktual'nye problemy osvoeniya mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh. Tez. dokl. nauch.-tekhn. konf., posvyashch. 10-letiyu nezavisimosti Respubliki Uzbekistan* [Actual problems of development of mineral deposits. Tez. doc. scientific-technical. Conf., dedicated to the 10th anniversary of independence of the Republic of Uzbekistan]. Tashkent, AN RUz, 51-53. (In Russian)
- Dvornik G.P. (2002) Geological structure and conditions formation sericite-microcline metasomites and gold-copper porphyry mineralization Ryabinovi deposit. *Izv. UGGGA. Ser. Geologiya i geofizika*, **15**, 104-110. (In Russian)
- Dvornik G.P. (2004) Metasomites and gold ore mineralization Tommotskiy alkaline massif and his nearest frame (Aldanskiy shield). *Izv. UGGU. Ser. Geologiya i geofizika*, **19**, 119-127. (In Russian)
- Dvornik G.P. (2008) Sericite-microcline metasomites and gold-porphyry mineralization in Novoe deposit (Aldanskiy shield). *Vestn. Ural'skogo otdeleniya RMO*, **5**, 15-27. (In Russian)
- Dvornik G.P. (2009a) Structure of gold mineral aureoles in eluvial-talus deposits above ores stokworks in potash alkaline massifs Central-Aldanskiy region. *Sistema korennoi istochnik-rossypp'. Mat-ly konf., posvyashch. 100-leti* yu I.S. Rozhkova, Ju. N. Trushkova, P.I. Mel'nikova [The system is a root source-placer. Materials of the conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of I.S. Rozhkov, Yu.N. Trushkov, P.I. Melnikov]. Yakutsk, YaNTs SO RAN, 115-119. (In Russian)
- Dvornik G.P. (2009b) Vertical zoning elements of gold-porphyry ore distribution in Central Aldan volcano-plutonic complexes. *Litosfera*, (4), 104-107. (In Russian)
- Dvornik G.P. (2010a) Gold aureoles in eluvial-talus deposits above ores in potash alkaline volcano-plutonic complexes Central Aldan and Polevskoy regions. *Litosfera*, (6), 97-104. (In Russian)
- Dvornik G.P. (2010b) Mineral aureoles gold in eluvial-talus deposits how searching indication gold-porphyry mineralization in potash alkaline volcano-plutonic complexes Central-Aldanskiy region. *Rossipy i mestorozhdeniya kor vyvetrivanija: sovremennye problemy issledovaniya i osvoeniya. Mat-ly XIV mezhdunar. soveshch.* [Placers and weathering crust deposits: modern research and development problems. Materials 14-th International Conf.]. Novosibirsk, Publishing house "Apel'sin", 221-224. (In Russian)
- Dvornik G.P. (2010b) Morphometric description gold-ore bodies and quality ores variability in Ryabinovskoe field (Aldanskiy shield). *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Geologiya i razvedka*, (2), 36-40. (In Russian)
- Dvornik G.P. (2014) *Metasomatizm i zolotoe orudenie kalievykh shchelochnykh massivov (na primere Tsentral'nno-Aldanskoi shchelochnoi provincii)* [Metasomatizm and gold mineralization potash alkaline massifs (on example Central Aldan alkaline province)]. Ekaterinburg, UGGU Publ., 329 p. (In Russian)
- Dvornik G.P., Elyuev V.K. (2004) Geological structure, metasomites and peculiarity prospecting streaky-disseminated ores Novoe deposit of the gold (Aldanskiy shield). *Vestn. Chitinskogo Gos. Univ.*, **37**(III), 3-8. (In Russian)
- Dvornik G.P., Ugryumov A.N. (2000) Searching criterion and indication gold mineralization in potash alkaline massifs and problem his search on the Ural. *Geologiya i mineral'no-syr'veye resursy evropeiskoi territorii Rossii i Urala. Mat-ly region. konf. Kn. II.* [Geology and mineral resources of the European territory of Russia and the Urals. Materials of Region. Conf. Book II]. Ekaterinburg, UrO RAN; UGGGA Publ., 64-65. (In Russian)
- Dvornik G.P., Ugryumov A.N., Balakhonov V.S. (2002) Geological structure, metasomites and gold-jasperoid mineralization Tommotskoe deposit. *Nauchnye osnovy i practica razvedki i pererabotki rud i tekhnogenennogo syr'ya s izvlecheniem blagorodnykh metallov. Tr. mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 1.* [Scientific bases and practice of exploration and processing of ores and technogenic raw materials with extraction of precious metals. Tr. Intern. scientific-techn. Conf. Part 1]. Ekaterinburg, UGGGA, 39-42. (In Russian)
- Eremeev N.V. (1984) *Vulkanoplutonicheskie kompleksy kalievykh shchelochnykh porod* [Volcano-plutonic complexes potash alkaline rocks]. Moscow, Nedra Publ., 136 p. (In Russian)
- Glavnейшие провинции и формации шхелочных пород* (1974) [Main provinces and formations alkaline rocks]. Otv. red. L.S. Borodin. Moscow, Nauka Publ., 376 p. (In Russian)
- Goverov I.N. (1977) *Termodinamika ionno-mineral'nykh*

- ravnoesii i mineralogeniya hidrotermal'nykh mestorozhdenii [Thermodynamics of ionic-minerals equilibria and mineralogeny of hydrothermal deposits]. Moscow, Nauka Publ., 240 p. (In Russian)
- Kim A.A. (1981) Mineral-geochemical peculiarity mineralization of one alkaline massifs Central Aldan. *Mineralogo-geochemicheskie osobennosti rudnykh mestorozhdenii Vostochnoi i Yuzhnoi Yakutii* [Mineral Geochemical peculiarites of ore deposits Eastern and Southern Yakutiya]. Yakutsk, Yakutskii filial SO AN SSSR, 93-108. (In Russian)
- Kochetkov A.Ja. (2006) Ore-bearing massifs Aldanskiy shield Ryabinovskoe copper-gold-porphyry deposit. *Tikhookean. Geol.*, **25**(1), 62-73. (In Russian)
- Koroteev V.A., Ogorodnikov V.N., Sazonov V.N., Polenov Ju.A. (2010) *Minerageniya shovnykh zon Urala* [Minerageny of the suture zone of the Urals]. Ekaterinburg, UrO RAN, 417 p. (In Russian)
- Kostyuk V.P., Panina L.I., Zhidkov A.Ya., Orlova M.P., Bazarova T.Yu. (1990) *Kalievyishchelochnoi magmatism Baikalo-Stanovoi riftogennoi sistemy* [Potash alkaline magmatism Baikalo-Stanovoy rift system]. Novosibirsk, Nauka Publ., 239 p. (In Russian)
- Kovalenker V.A., Myznikov I.K., Kochetkov A.Ya., Naumov V.B. (1996) Platinum-bearing gold-sulfide mineralization Ryabinovy alkaline massif (Central Aldan, Russia). *Geo. Rudn. Mestorozhd.*, **38**(4), 345-356. (In Russian)
- Kravchenko S.M., Vlasova E.V. (1962) *Shchelochnye porody Tsentral'nogo Aldana* [Alkaline rocks Central Aldan]. Moscow, AN SSSR, 190 p. (In Russian)
- Krivtsov A.I. (1989) *Prikladnaya metallogeniya* [Applied metallogeny]. Moscow, Nedra Publ., 288 p. (In Russian)
- Magmatische gornye porody. T. 2. Shchelochnye porody* (1984) [Magmatic mining rocks. V. 2. Alkaline rocks]. Moscow, Nedra Publ., 415 p. (In Russian)
- Marakushev A.A. (1979) *Petrogenezis i rudoobrazovanie (geochemicheskie aspekty)* [Petrogenesis and ore deposition (geochemical aspects)]. Moscow, Nauka Publ., 264 p. (In Russian)
- Myagkov V.F. (1984) *Geochimicheskij metod parageneticheskogo analiza rud* [Geochemical method paragenetic analysis of ores]. Moscow, Nedra Publ., 126 p. (In Russian)
- Mutschler F.E., Griffin M.E., Scott D., Stevens D.S., Shannon S.S. (1985) Precious metal deposits relate to alkaline rocks in the North American Cordillera. An interpretative review. *Trans. Geol. Soc. S. Afr.*, **88**, 355-377.
- Myznikov I.K., Tsepkin A.I., Mokhov A.V. (2002) Material composition ores goldporphyry deposit Muskovitovoe, Central Aldan. *Geologiya, genesis i voprosy osvoeniya kompleksnykh mestorozhdenii blagorodnykh metallov. Mat-ly Vseros. simp.* [Geology, genesis and issues of development of complex deposits of precious metals. Materials of All-Russia Conf]. Moscow, Svyaz'-Print Publ., 299-302. (In Russian)
- Naumov V.B., Kovalenker V.A., Myznikov I.K., Salazkin A.N. (1995) High-bar fluids hydrothermal veins Ryabinovy alkaline massif (Central Aldan). *Dokl. Akad. Nauk*, **343**(1), 99-102. (In Russian)
- Senderov E.E., Bychkov A.M. (1979) Phisical-chemical condition formation of alkaline feldspar at petrogenesis. *Sovetskaya geologiya*, (9), 33-44. (In Russian)
- Shilo N.A. (2002) *Uchenie o rossypyakh. Teoriya rossypeobrazuyushchikh rudnykh formatsii i rossypeii* [Teaching about placer. Theory placer-generate ore formations and placers]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 576 p. (In Russian)
- Ugryumov A.N., Dvornik G.P. (1986) Ore-bearing hydrogenous-potassium metasomatites in the Mezozoic massifs Central Aldan. *Geologiya i geochemistry rudonochnykh magmaticeskikh i metasomaticeskikh formatsii zony Malogo BAMa* [Geology and Geochemistry of ore-bearing metasomatic formations of Little Baikal-Amur Main Road]. Yakutsk, Ya. F. SO AN SSSR, 31-48. (In Russian)
- Ugryumov A.N., Dvornik G.P. (1997) Petrochemical and chronological correlation epileucitic phonolite Polevskoy region, Middle Urals, North Kazakhstan, North Transbaikalian, Aldan shield: New aspects mineralogy this rocks. *Magmatizm, metamorfizm i glubinnoe stroenie Urala. Tez. dokl. VI Ural. petrograf. soveshch. Ch. 2* [Magmatism, metamorphism and deep structure Urals. Proc. 6-th Urals Petrograf. Conf]. Ekaterinburg, UrO RAN, 55-57. (In Russian)
- Ugryumov A.N., Dvornik G.P. (2000) Minerageny metasomatites potash alkaline series and some questions study gold-bearing and possible diamond-bearing Polevskoi ore region Middle Urals. *Metallogeniya i geodinamika Urala. Tez. dokl. III Vseurals. metallogenich. soveshch.* [Metallogeny and geodynamic of the Urals. Proc. 3-rd All-Uralian Metallogenic Conf]. Ekaterinburg, UrO RAN, 167-170. (In Russian)
- Ugryumov A.N., Dvornik G.P., Balakhonov V.S. (1988) Experience small-volume mineral sampling talus sediments by search gold-bearing copperporphyry and gold ores jasperoid deposits. *Geologiya, poiski i razvedka rudnykh i nerudnykh poleznykh iskopaemykh. Mezhvuz. nauch. temat. sb.* [Geology, prospecting and exploration of ore and non-metallic minerals. Interuniversity. sci. thematic collection]. Sverdlovsk, UNTs AN SSSR, 44-48. (In Russian)
- Ugryumov A.N., Dvornik G.P., Balakhonov V.S. (1996) Metasomatic zoning and gold mineralization (Aldanskiy shield). *Izv. UGGGA. Ser. Geologiya i geofizika*, (5), 82-87. (In Russian)
- Vetluzhskikh V.G., Kazanskii, V.I., Kochetkov V.Ja., Ianovskii V.M. (2002) Gold ores deposits Central Aldan. *Geol. Rudn. Mestorozhd.*, **44**(64), 467-499. (In Russian)
- Werle I.L., Ikramuddin M., Mutschler F.E. (1984) Allard hosted porphyry copper-precious metal deposit. *Can. J. Earth Sci.*, **21**, 630-641.
- Zaraiskii G.P. (1989) *Zonal'nost' i usloviya obrazovaniya metasomaticeskikh porod* [Zoning and conditions formation metasomatic rocks]. Moscow, Nauka Publ., 324 p. (In Russian)