

ВОЗРАСТ И ГЕНЕЗИС ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОКРОВСКОЕ (Дальний Восток, Россия)

А.А. Сорокин¹, А.Ю. Кадашникова¹, А.В. Пономарчук², А.В. Травин², В.А. Пономарчук^{2,3}

¹Институт геологии и природопользования ДВО РАН, 675000, Благовещенск, пер. Релочный, 1, Россия

²Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

³Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1, Россия

Приведены результаты геохронологических исследований пород различных магматических комплексов, а также рудных образований (гидротермально-измененных вулканических пород с промышленным Au-Ag оруденением), представленных в пределах месторождения Покровское. Показано, что возраст гранитов Сергеевского массива верхнеамурского комплекса, вмещающих рудные тела, составляет ~ 129 млн лет. Первичный возраст дацитов силлообразного тела оценен 128—125 млн лет, что соответствует возрасту вулканических пород талданского комплекса. Возраст наложенных на эти дациты процессов пропилитизации в первом приближении оценен интервалом 122—119 млн лет. Принимая во внимание присутствие в рассматриваемых породах промышленных концентраций золота и серебра, мы полагаем, что этот возрастной интервал может быть распространен и на процесс формирования рудных тел. В пределах Умлеканской вулканической зоны на рассматриваемый возрастной интервал (122—119 млн лет) приходится становление галькинского вулканического комплекса, сопровождаемое гранитоидным магматизмом. На этом основании мы полагаем, что формирование месторождения Покровское, вероятно, связано с галькинским комплексом.

Месторождение Покровское, Аргунский континентальный массив, Ar-Ar геохронология, мезозой, магматизм

AGE AND GENESIS OF THE POKROVSKOE GOLD-SILVER DEPOSIT (Russian Far East)

A.A. Sorokin, A.Yu. Kadashnikova, A.V. Ponomarchuk, A.V. Travin, V.A. Ponomarchuk

We present results of geochronological studies of rocks from different igneous complexes and of hydrothermally altered volcanics with commercial Au-Ag mineralization from the Pokrovskoe deposit. The age of the ore-hosting granites of the Sergeevsky pluton of the Upper Amur complex is estimated at ~129 Ma. The primary age of dacites of a sill-like body is within 128–125 Ma and is close to the age of volcanics of the Taldan complex. Propylitization processes superposed on these dacites are dated at ~122–119 Ma. Taking into account the commercial contents of gold and silver in these rocks, we believe that the age of the hosted orebodies is in the same interval. The period 122–119 Ma is also the time of formation of the Gal'ka volcanic complex in the Umlekan volcanic zone, which was accompanied by granitoid magmatism. This suggests that the formation of the Pokrovskoe deposit was associated with the accumulation of the Gal'ka complex.

Pokrovskoe deposit, Argun continental massif, Ar-Ar geochronology, Mesozoic, magmatism

ВВЕДЕНИЕ

Северо-восточная окраина Аргунского континентального массива, обращенная в сторону Монголо-Охотского складчатого пояса, является ареной широкомасштабного проявления мезозойского магматизма (рис. 1). Здесь же представлены многочисленные и разнообразные по своему составу месторождения и рудопоявления цветных, редких и благородных металлов (Покровское (Au-Ag), Пионер (Au), Буринда (Au-Ag), Боргуликан (Cu-Мо-порфиоровое с Au), Икан (Cu-Мо-порфиоровое с Au), Верхне-тыгдинское (Cu-Мо-порфиоровое с Au), Елна (Cu-порфиоровое с Au), Двойное (Cu-порфиоровое с Au), Ельничное (Cu-порфиоровое с Au) и др.) (рис. 2). При этом главной эпохой рудообразования в пределах рассматриваемого региона является позднемезозойская [Эйриш, 2002; Геодинамика..., 2006].

В последние годы для целого ряда «реперных» рудных объектов рассматриваемого региона выполнены геохронологические исследования, позволяющие с большой надежностью связывать процессы рудообразования с конкретными магматическими комплексами и тектоническими событиями [Сотни-

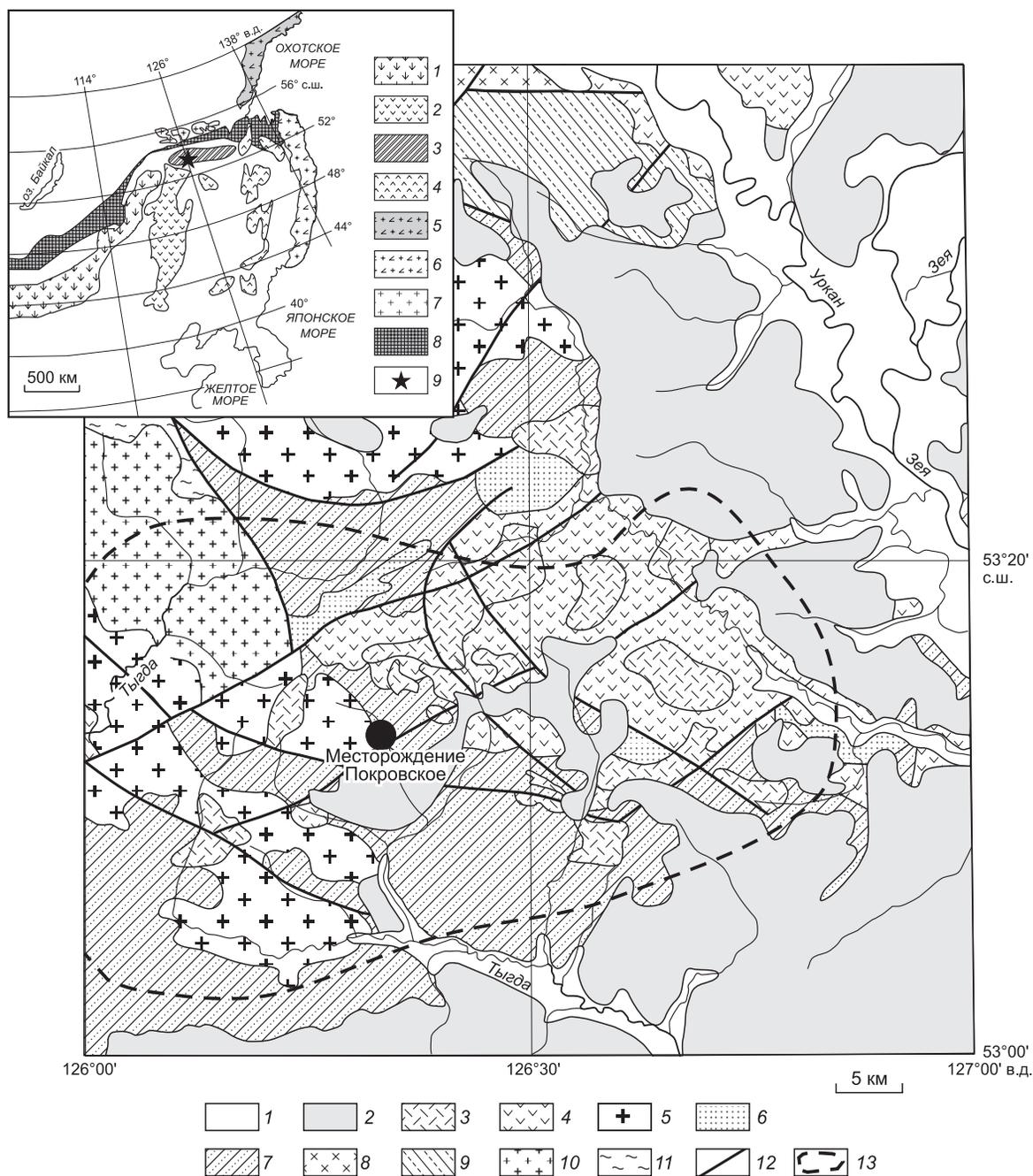


Рис. 1. Геологическая схема северо-восточной окраины Аргунского континентального массива. Составлена по [Зубков, Вольский, 1984] с упрощениями.

1 — голоценовые рыхлые отложения; 2 — неогеновые и доголоценовые четвертичные рыхлые отложения; 3 — раннемеловые базальты, риолиты, туфы, туфобрекчии, туфопесчаники галькинской свиты; 4 — раннемеловые андезиты, дациты, их туфы, кластолавы, субвулканические диоритовые порфириты талданской свиты; 5 — раннемеловые граниты, гранодиориты верхнеамурского и буриндинского комплексов; 6 — раннемеловые песчаники, конгломераты, алевролиты перемыкинской свиты; 7 — позднеюрские песчаники, алевролиты, аргиллиты осежинской свиты; 8 — позднепалеозойские кварцевые диориты, гранодиориты урушинского комплекса; 9 — девонские и позднекаменноугольные песчаники, алевролиты с пластами известняков большеверской, имачинской, ольдойской, типаринской свит; 10 — условно раннепалеозойские граниты, гранодиориты, кварцевые диориты; 11 — условно позднепротерозойские метаморфические комплексы; 12 — главные разломы; 13 — контур Улунгинского медно-серебро-золоторудного узла.

На врезке приведена схема расположения мезозойских вулканических и вулканоплутонических поясов (ареалов) восточной окраины азиатского континента, по [Геологическая..., 1999]. 1 — Монголо-Забайкальский вулканический пояс ($J_{2-3}-K_1$); 2 — Большехинганский вулканоплутонический пояс (J_3-K_1); 3 — Умлекано-Огоджинский вулканоплутонический пояс (K_1-K_2); 4 — Хингано-Охотский вулканоплутонический пояс (K_1-K_2); 5 — Охотско-Чукотский вулканоплутонический пояс (K_1-K_2); 6 — Восточно-Сихотэ-Алинский вулканоплутонический пояс (K_1-K_2); 7 — Становой плутонический пояс (K_1-K_2); 8 — Монголо-Охотский складчатый пояс; 9 — район исследований.

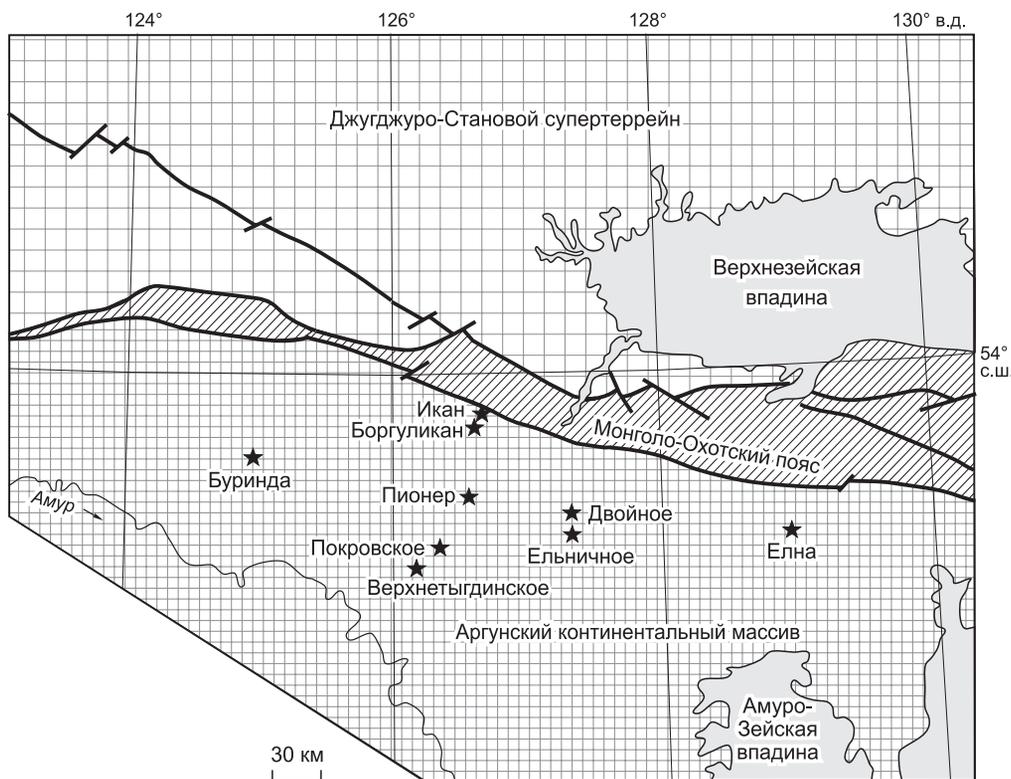


Рис. 2. Позиция рудных месторождений северо-восточной окраины Аргунского континентального массива.

ков и др., 2005, 2007а; Бучко и др., 2017, 2018; Ефремов и др., 2019]. Результаты этих исследований представляют необходимый базис для металлогенических построений нового поколения, однако таких данных явно недостаточно для разработки общей концепции формирования рудных месторождений, связанных с мезозойскими процессами.

Единственным путем решения этой проблемы являются комплексные геолого-структурные, геохронологические исследования типовых месторождений данного региона. К таким объектам, безусловно, относится золото-серебряное месторождение Покровское, которое и является объектом нашего исследования. Это месторождение расположено в северо-восточной части Аргунского континентального массива (восточная часть Центрально-Азиатского складчатого пояса) на правом берегу р. Зeya (бассейн р. Амур) (см. рис. 1—3) и относится к числу наиболее известных в Приамурье.

Цель данной работы — установить возраст магматических пород, а также рудных образований (гидротермально-измененных вулканических пород с промышленным Au-Ag оруденением), представленных в пределах месторождения. На основании полученных данных будет намечена связь рудного процесса с тем или иным магматическим комплексом.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОКРОВСКОЕ

Как было отмечено выше, месторождение Покровское расположено в северо-восточной части Аргунского континентального массива.

Согласно традиционным представлениям, фундамент Аргунского континентального массива сложен раннедокембрийскими метаморфическими комплексами [Решения..., 1994; Геодинамика..., 2006; Петрук, Козлов, 2009; и др.]. Вместе с тем полученные за последние годы геохронологические и изотопно-геохимические данные свидетельствуют, что наиболее древние породы в строении рассматриваемого массива имеют возраст не древнее неопротерозоя [Котов и др., 2009, 2013; Wu et al., 2011, 2012; Сальникова и др., 2012; Miao et al., 2015; Гордиенко и др., 2019; и др.].

На ранний палеозой (кембрий, ордовик) в геологической истории Аргунского континентального массива приходится этап интенсивного проявления интрузивного преимущественно кислого магматизма и вулканизма [Сорокин и др., 2004а, 2014б; Wu et al., 2011; и др.]. Значительную роль в строении рассматриваемого массива играют терригенные и терригенно-карбонатные отложения, охватывающие

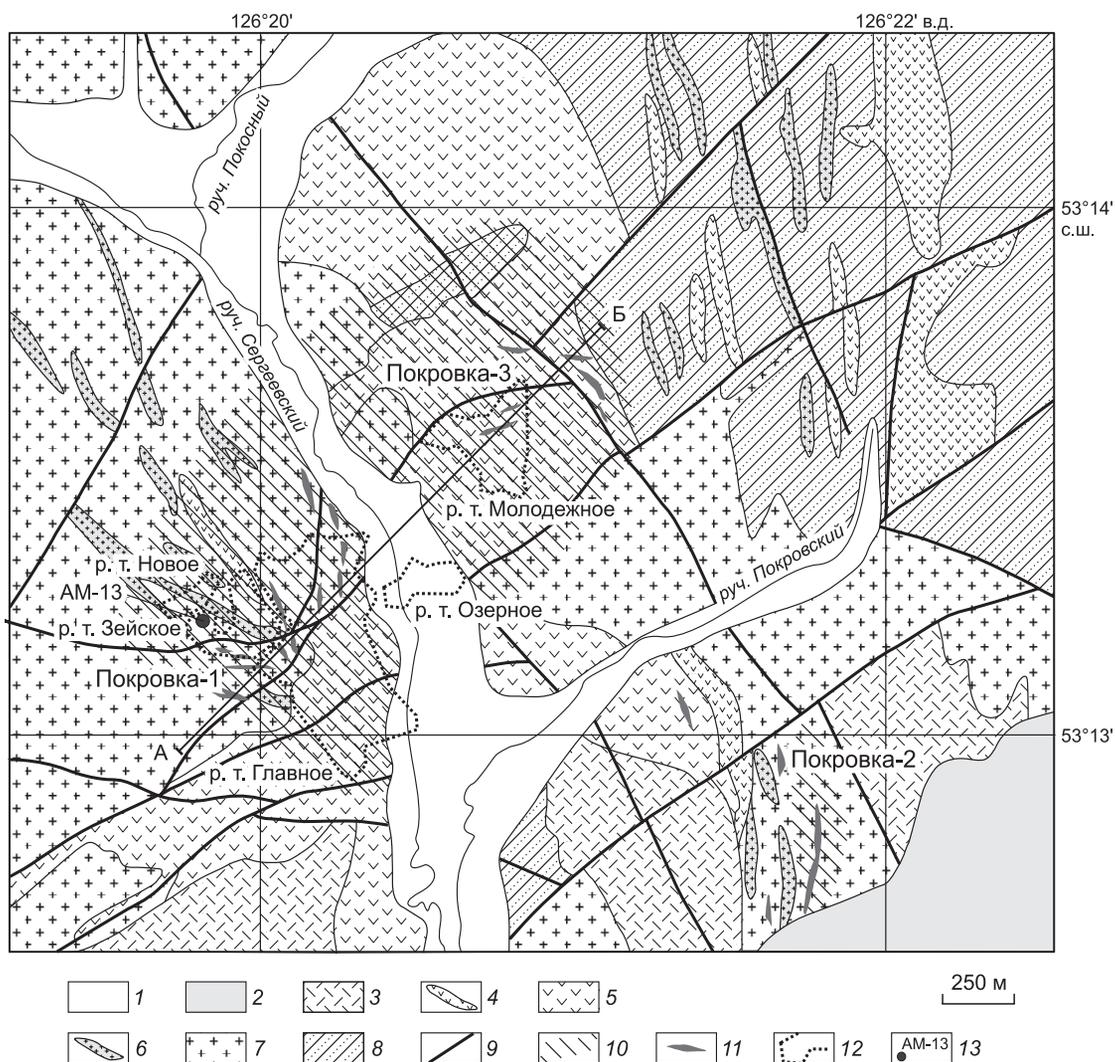


Рис. 3. Схематическая геологическая карта месторождения Покровское. Составлена по [Пересторонин, Степанов, 2016] с упрощениями авторов.

1 — голоценовые рыхлые отложения; 2 — неогеновые и доголоценовые четвертичные рыхлые отложения; 3 — раннемеловые базальты, риолиты, туфы, туфобрекчии, туфопесчаники галькинской свиты; 4 — субвулканические и дайковые тела дацитов; 5 — нижнемеловые андезиты, дациты, их туфы, кластолавы, субвулканические диоритовые порфириты талданской свиты; 6 — дайковые тела гранит-порфиров; 7 — раннемеловые граниты, гранодиориты верхнеамурского и буриндинского комплексов; 8 — позднеюрские песчаники, алевриты, аргиллиты осежинской свиты; 9 — главные разломы; 10 — ареалы развития кварц-серицит-гидрослюдистых метасоматитов; 11 — кварцевые тела (жилы); 12 — проекции рудных тел (р. т.); 13 — места отбора образцов для геохронологических исследований и их номера.

стратиграфический интервал от силура до нижнего карбона [Геодинамика..., 2006; Петрук, Козлов, 2009]. Позднепалеозойский магматизм представлен интрузиями габбро-диорит-гранодиорит-гранитного состава, приуроченными к северной окраине Аргунского континентального массива, обращенной в сторону Монголо-Охотского складчатого пояса [Мартынюк и др., 1990; Сорокин и др., 2005; Петрук, Козлов, 2009].

К наиболее молодым образованиям относятся деформированные поздне триасовые(?) юрские осадочные отложения Верхнеамурского прогиба, поздне мезозойские вулканические и вулканоплутонические комплексы, а также кайнозойские рыхлые отложения Амуро-Зейской впадины.

Большинство рудных объектов северо-восточной части Аргунского континентального массива связаны именно с Умлекано-Огоджинским поясом [Эйриш, 2002; Хомич, Борискина, 2003, 2006; Геодинамика..., 2006; и др.]. По существующим представлениям [Мартынюк и др., 1990; Геологическая..., 1999; Парфенов и др., 1999; Геодинамика..., 2006; и др.], этот пояс в виде цепочки вулканических полей

и интрузивных тел прослеживается в субширотном направлении более чем на 500 км вдоль границы Монголо-Охотского складчатого пояса.

В пределах Умлекано-Огоджинского пояса выделяются до 20 вулканических структур, объединяемых в Умлеканскую (западную) и Огоджинскую (восточную) вулканические зоны [Мартынюк и др., 1990; Геодинамика..., 2006]. Согласно этой схеме районирования, месторождение Покровское находится в пределах Улунгинской вулканотектонической структуры [Хомич, Борискина, 2003] Умлеканской вулканической зоны. В металлогеническом плане оно расположено в пределах Улунгинского медно-серебро-золоторудного узла в составе Умлекано-Огоджинской молибденово-медно-серебро-золоторудной минерагенической зоны [Сереевский, Волкова, 2007] (см. рис. 1).

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОКРОВСКОЕ

Структурная позиция, строение, минеральный состав руд месторождения Покровское неоднократно описаны в литературе [Эйриш, 2002; Хомич, Борискина, 2003, 2006; Золоторудные..., 2010; Пересторонин, Степанов, 2016]. В этой связи ниже мы приводим лишь краткую информацию, имеющую отношение к проблеме связи оруденения и магматизма.

В пределах Покровского рудного поля наиболее древние образования представлены позднеюрскими песчаниками, алевролитами, аргиллитами осежинской свиты [Зубков, Вольский, 1984]. Они смяты в брахиформные складки и прорваны биотитовыми гранитами и гранодиоритами раннемелового верхнеамурского комплекса (Сереевский массив).

Улунгинская вулканотектоническая структура сложена раннемеловыми андезитами, дацитами, их туфами, кластолавами талданской свиты и базальтами, риолитами, туфами, туфобрекчиями, туфопесчаниками галькинской свиты. Субвулканические фации вулканитов талданской свиты слагают многочисленные силлы и дайки дацитов, диоритовых порфиров. Широко развиты также дайки гранит-порфиров, гранодиорит-порфиров. Это палеовулканическое сооружение является стержневым элементом структуры Покровского рудного поля [Эйриш, 2002; Хомич, Борискина, 2003, 2006; Золоторудные..., 2010]. Основные рудоносные участки расположены среди гранитоидов Сереевского массива и эффузивно-пирокластических образований вблизи от выводного канала палеовулкана (палеожерловины, по [Хомич, Борискина, 2003]) (см. рис. 3, 4).

По характеру геологического строения и степени рудоносности в пределах рудного поля выделены три участка: Покровка-1, Покровка-2 и Покровка-3 (см. рис. 3, 4). Рудные тела, вмещающие основные запасы золота (Главное, Новое, Озерное, Зейское и Молодежное), расположены в западной части месторождения на участках Покровка-1 и Покровка-3. Они локализованы в гранитоидах или приурочены к контакту гранитов и перекрывающих их вулканитов, а также в вулканитах [Золоторудные..., 2010; Пересторонин, Степанов, 2016]. Содержание золота в рудных телах обычно не превышает 1—3 г/т. По совокупности геологических и минералогических признаков месторождение Покровское относится к золото-серебряной формации [Эйриш, 2002; Золоторудные..., 2010].

Непосредственными объектами наших исследований были магматические породы различных комплексов, а также рудные образования, представленные на участке Покровка-1. Оруденение на этом участке сосредоточено преимущественно в гранитах (см. рис. 4). Рудная залежь ограничена сверху надрудной толщей метасоматически преобразованных вулканитов и снизу дайковым телом силлообразной формы дацитов-гранодиорит-порфиров («силлом», по [Хомич, Борискина, 2003, 2006; Геодинамика..., 2006; Золоторудные..., 2010, Пересторонин, Степанов, 2016]).

Для геохронологических исследований нами были использованы следующие образцы.

1. Граниты (обр. АМ-3, АМ-13) Сереевского массива, вмещающие рудные тела Озерное и Зейское. Эти породы в обоих случаях претерпели в незначительной степени окварцевание, аргиллизацию.

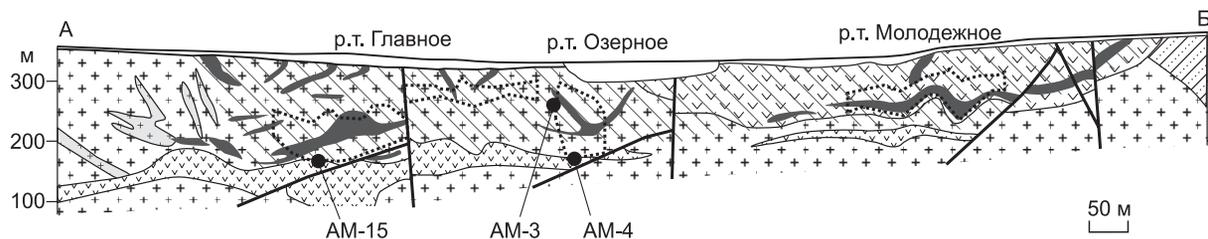


Рис. 4. Схематический геологический разрез месторождения Покровское по линии А—Б, показанной на рис. 3. Составлен по [Золоторудные..., 2010; Пересторонин, Степанов, 2016] с упрощениями авторов.

Усл. обозн. см. на рис. 3.

Последняя выражается в замещении плагиоклазов глинистыми минералами, гидрослюдой, развитии по темноцветным минералам хлорита, сульфидов, гематита. При этом калиевый полевой шпат остается относительно устойчивым к этим преобразованиям.

2. Дациты (обр. АМ-4, АМ-15) верхней части дайкового тела силлообразной формы, снизу ограничивающего рудное тело Озерное и Главное. Породы в значительной степени пропилитизированы, окварцованы, аргиллизированы. Минералогически это проявлено в хлоритизации биотита, замещении плагиоклазов глинистыми минералами, развитии хлорита, гидрослюд по основной массе. Эти вторичные преобразования, по нашему мнению, относятся непосредственно к рудному процессу, поскольку данные образцы характеризуются промышленными концентрациями Au (0.7—0.8 г/т), Ag (5—12 г/т).

Места отбора образцов показаны на рисунках 3, 4.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ изотопно-геохронологические исследования выполнены в Институте геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск) методом ступенчатого прогрева по методике, опубликованной в работах [Пономарчук и др., 1998; Травин и др., 2009]. Отбор материала проводился вручную под бинокулярной лупой из фракции 0.25—0.15 мм. Навески образцов совместно с мусковитом МСА-11, используемым в качестве монитора, заворачивали в алюминиевую фольгу, помещали в кварцевую ампулу и после откачки из нее воздуха запаивали. Мусковит МСА-11, подготовленный в ВИМС в 1988 г. как стандартный К/Аг-образец, был аттестован в качестве $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -монитора с помощью международных стандартных образцов мусковита Bern 4m, биотита LP-6 [Baksi et al., 1996]. В качестве интегрального возраста мусковита МСА-11 принято среднее результатов калибровки, составившее 311.0 ± 1.5 млн лет. Ампулы с образцами помещались в алюминиевый пенал, заполненный для защиты от тепловых нейтронов карбидом бора, и облучали в охлаждаемом водой канале научного реактора ВВР-К-типа (исследования проводились в Физико-техническом институте при Томском политехническом университете). Градиент нейтронного потока не превышал 0.5 % в размере образца. Эксперименты по ступенчатому прогреву проводились в кварцевом реакторе с печью внешнего прогрева. Холостой опыт по определению ^{40}Ar (10 мин при 1200 °С) не превышал 5×10^{-10} нсм³. Очистка аргона производилась с помощью ZrAl-SAES-геттеров. Изотопный состав аргона измерялся на масс-спектрометре Noble Gas 5400 фирмы Micromass (Англия). Для коррекции на мешающие изотопы аргона, образовавшиеся во время облучения на Са и К, использовались следующие коэффициенты: $(^{39}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}} = 0.00083 \pm 0.000005$, $(^{36}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}} = 0.00052 \pm 0.000006$, $(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{K}} = 0.089 \pm 0.001$. Особое внимание уделялось контролю фактора изотопной дискриминации с помощью измерения порции очищенного атмосферного аргона. Среднее значение отношения $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ на период измерений составило 296.8 ± 0.5 . Величины температур ступенчатого прогрева выбирались по [Berger, York, 1981]. В случае согласованных значений возраста, полученных при расчете по плато и в изохронном варианте, нами принималось значение с меньшей погрешностью. При интерпретации данных использованы критерии, предложенные в работах [Fleck et al., 1977; Gustafson et al., 2001].

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты проведенных исследований приведены в таблице и на рис. 5 и сводятся к нижеследующему.

Возраст полевого шпата из аргиллизированных окварцованных гранитов Сергеевского массива (обр. АМ-3), вмещающих рудное тело Озерное, при расчете по плато составил 126 ± 3 млн лет (90 % выделенного ^{39}Ar) (см. таблицу, рис. 5, а), в изохронном варианте — 122 ± 6 млн лет, СКВО=0.88 (см. рис. 5, б).

Возраст биотита из пропилитизированных дацитов (обр. АМ-4) дайкового тела силлообразной формы, подстилающего рудное тело Озерное, при расчете по плато составил 125 ± 2 млн лет (94 % выделенного ^{39}Ar) (см. таблицу, рис. 5, в), возраст основной массы (хлорит-гидрослюдистого агрегата) 122 ± 1 млн лет (83 % выделенного ^{39}Ar) (см. таблицу, рис. 5, д). Близкие значения возрастов, но с большей погрешностью, получены и в изохронном варианте расчета: 123 ± 2 млн лет, СКВО = 1.8 (см. рис. 5, з) и 123 ± 2 млн лет, СКВО = 2.1 (см. рис. 5, е).

Возраст биотита из аргиллизированных окварцованных гранитов Сергеевского массива (обр. АМ-13), вмещающих рудное тело Зейское, при расчете по плато составил 124 ± 5 млн лет (70 % выделенного ^{39}Ar) (см. таблицу, рис. 5, ж), в изохронном варианте — 119 ± 6 млн лет, СКВО = 0.65 (см. рис. 5, з). При этом следует отметить и отчетливую ступень с возрастом ~ 115 млн лет (25 % выделенного ^{39}Ar). Возраст полевого шпата из этого же образца оценивается нами по «псевдоплато», образованному 5—6 ступенями (69 % выделенного ^{39}Ar), которое соответствует 129 ± 6 млн лет (см. таблицу, рис. 5, и).

Аргонограмма для основной массы из пропилитизированных дацитов (обр. АМ-15) дайкового тела силлообразной формы, подстилающего рудное тело Главное, не позволяет выделить плато (см. таблицу, рис. 5, к). Тем не менее на ней отчетливо выражены ступени с возрастом ~ 128, ~ 125, ~ 120 и ~ 119 млн лет.

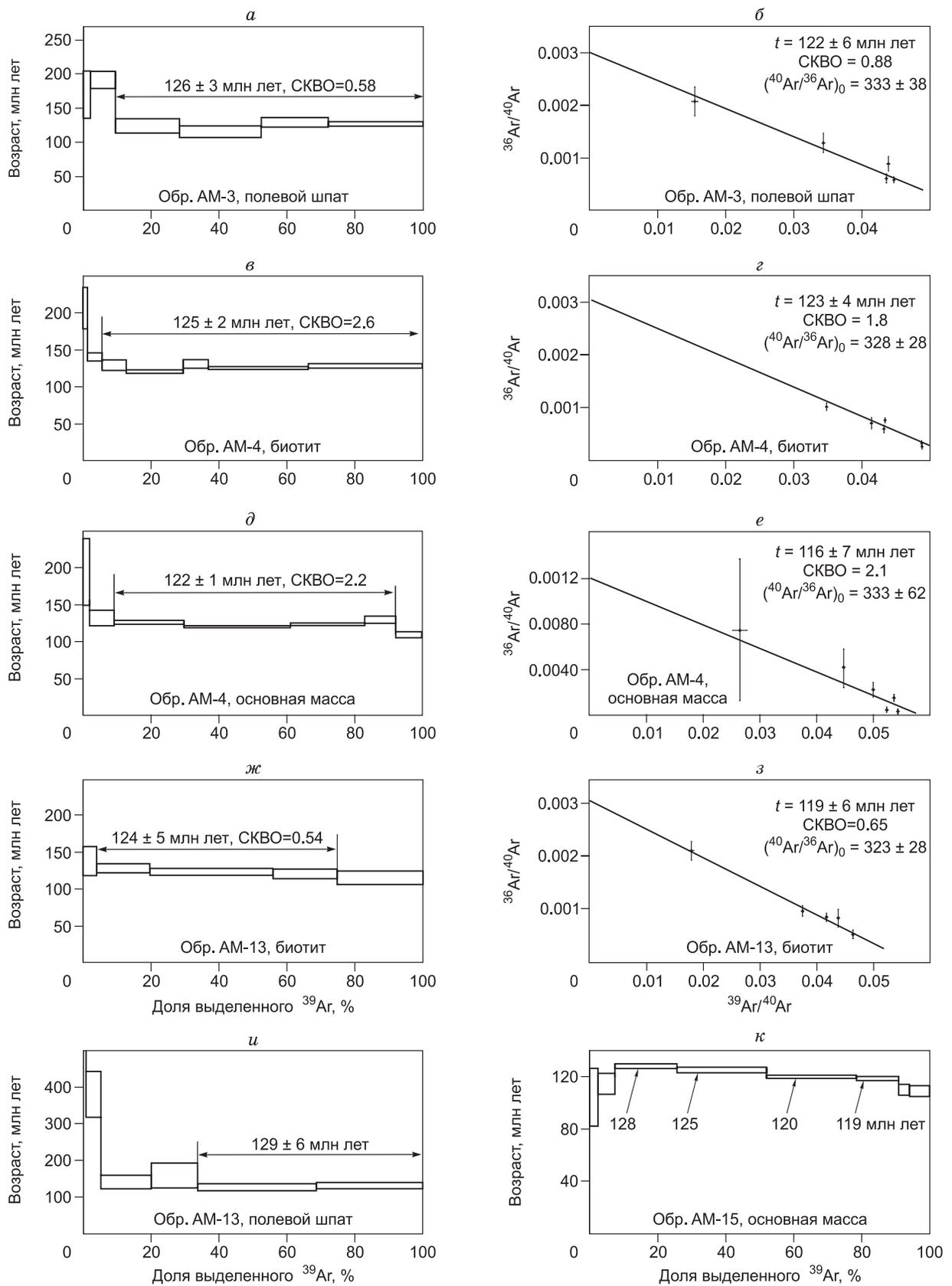


Рис. 5. Графики ступенчатого прогресса и изохроны для минеральных фракций из магматических и гидротермально-измененных пород месторождения Покровское.

Номера образцов соответствуют номерам в тексте, таблице. СКВО для плато рассчитано по программе ISOPLOT 3 [Ludwig, 2003]. Возраст приведен с погрешностью $\pm 2\sigma$.

**Результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования минеральных фракций из магматических
и гидротермально-измененных пород месторождения Покровское методом ступенчатого прогрева**

Ступень	$T, ^\circ\text{C}$	$\Sigma ^{39}\text{Ar}, \%$	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar} (\pm 1\sigma)$	$^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar} (\pm 1\sigma)$	$^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar} (\pm 1\sigma)$	Возраст, млн лет ($\pm 1\sigma$)
Обр. АМ-3, полевой шпат, $J = 0.003913 \pm 0.00004$						
1	550	2.2	64.805 ± 1.907	52.896 ± 30.168	0.134 ± 0.018	169.6 ± 34.6
2	670	9.5	37.830 ± 0.500	54.721 ± 14.766	0.031 ± 0.007	191.7 ± 13.0
3	790	28.3	29.148 ± 0.194	12.700 ± 4.992	0.037 ± 0.005	123.8 ± 10.7
4	900	52.4	22.801 ± 0.193	3.091 ± 9.363	0.020 ± 0.004	115.4 ± 8.7
5	1000	72.1	22.949 ± 0.146	26.858 ± 6.841	0.014 ± 0.004	128.9 ± 7.0
6	1130	100.0	22.392 ± 0.064	4.923 ± 3.040	0.013 ± 0.002	126.7 ± 3.3
Обр. АМ-4, биотит, $J = 0.003906 \pm 0.00004$						
1	500	1.5	44.44 ± 0.97	40.46 ± 35.44	0.0452 ± 0.0149	206.7 ± 28.0
2	600	5.8	28.74 ± 0.24	1.00 ± 1.00	0.0271 ± 0.0027	140.6 ± 5.5
3	700	12.8	24.17 ± 0.09	1.00 ± 1.00	0.0173 ± 0.0037	129.5 ± 7.3
4	800	29.6	23.03 ± 0.13	1.00 ± 1.00	0.0179 ± 0.0010	120.8 ± 2.4
5	900	37.0	23.15 ± 0.12	1.00 ± 1.00	0.0130 ± 0.0030	131.2 ± 5.9
6	1000	66.5	20.48 ± 0.04	1.00 ± 1.00	0.0068 ± 0.0008	125.7 ± 2.0
7	1130	100.0	20.50 ± 0.02	1.00 ± 1.00	0.0055 ± 0.0013	128.3 ± 2.9
Обр. АМ-4, основная масса, $J = 0.004901 \pm 0.000063$						
1	500	2.1	37.73 ± 1.77	74.03 ± 52.27	0.0279 ± 0.0240	195.0 ± 45.3
2	620	9.3	22.37 ± 0.15	5.77 ± 4.60	0.0094 ± 0.0055	131.9 ± 10.7
3	720	29.9	19.98 ± 0.04	3.20 ± 1.65	0.0044 ± 0.0012	125.9 ± 2.7
4	820	61.3	18.63 ± 0.01	2.23 ± 0.70	0.0029 ± 0.0004	120.1 ± 1.4
5	920	83.1	18.43 ± 0.02	3.63 ± 0.98	0.0006 ± 0.0006	123.2 ± 1.7
6	1020	92.3	19.08 ± 0.09	13.13 ± 4.84	0.0010 ± 0.0010	129.5 ± 4.9
7	1130	100.0	17.99 ± 0.06	8.48 ± 3.61	0.0063 ± 0.0020	109.3 ± 4.0
Обр. АМ-13, биотит, $J = 0.003882 \pm 0.000039$						
1	650	4.0	55.42 ± 1.25	0.010 ± 0.010	0.118 ± 0.011	137.8 ± 19.7
2	800	19.6	26.60 ± 0.04	0.010 ± 0.005	0.026 ± 0.003	128.2 ± 6.0
3	915	55.9	21.53 ± 0.07	0.009 ± 0.003	0.011 ± 0.002	122.8 ± 4.8
4	1020	74.8	23.92 ± 0.07	0.010 ± 0.004	0.021 ± 0.003	120.2 ± 6.4
5	1130	100.0	22.80 ± 0.15	0.011 ± 0.004	0.020 ± 0.005	115.2 ± 9.4
Обр. АМ-13, полевой шпат, $J = 0.00386 \pm 0.000039$						
1	500	0.8	391.40 ± 140.31	1330.78 ± 603.02	0.352 ± 0.252	1346.4 ± 401.3
2	600	5.2	78.00 ± 4.91	221.72 ± 68.79	0.058 ± 0.036	380.7 ± 63.0
3	720	20.1	34.38 ± 0.63	23.47 ± 20.26	0.045 ± 0.010	140.8 ± 18.4
4	830	33.8	29.04 ± 0.97	48.94 ± 36.88	0.017 ± 0.018	159.2 ± 33.8
5	980	68.7	22.35 ± 0.14	11.92 ± 5.53	0.012 ± 0.005	126.8 ± 9.4
6	1130	100.0	22.79 ± 0.19	17.72 ± 9.12	0.011 ± 0.004	130.9 ± 8.4
Обр. АМ-15, основная масса, $J = 0.0038 \pm 0.000038$						
1	500	2.5	25.89 ± 0.46	22.96 ± 17.40	0.0345 ± 0.0115	104.5 ± 22.1
2	600	7.5	21.92 ± 0.10	2.04 ± 2.04	0.0159 ± 0.0042	114.5 ± 8.0
3	700	25.6	20.67 ± 0.03	5.31 ± 1.42	0.0043 ± 0.0008	128.4 ± 1.9
4	780	52.0	19.12 ± 0.03	3.00 ± 1.83	0.0008 ± 0.0009	125.0 ± 2.2
5	880	78.5	18.54 ± 0.01	0.39 ± 0.39	0.0014 ± 0.0003	120.2 ± 1.3
6	980	90.9	18.39 ± 0.02	0.83 ± 0.83	0.0017 ± 0.0006	118.7 ± 1.6
7	1050	94.1	19.90 ± 0.07	3.22 ± 3.23	0.0114 ± 0.0021	110.0 ± 4.2
8	1140	100.0	16.49 ± 0.05	8.94 ± 2.56	0.0020 ± 0.0021	108.9 ± 4.2

Примечание. J — параметр, характеризующий нейтронный поток.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные данные позволяют оценить возраст магматических пород, а также рудных образований (гидротермально-измененных вулканических пород с промышленным Au-Ag оруденением), представленных в пределах Покровского месторождения.

Прежде чем обсуждать проблему связи формирования рассматриваемого месторождения с тем или иным магматическим комплексом напомним, что в истории образования Умлеканской вулканической зоны выделяется следующая последовательность магматизма: верхнеамурский и буриндинский гранитоидные комплексы — 140—127 млн лет; талданский андезит-дацитовый комплекс — 127—123 млн лет; галькинский бимодальный комплекс — 119—115 млн лет; трахиандезитовый комплекс — 105—94 млн лет [Сорокин и др., 2004б, 2009, 2010, 2013; Сотников и др., 2007а].

Далее обратимся к геохронологическим данным, полученным в ходе настоящего исследования.

С учетом вторичных преобразований минимальный возраст гранитов Сергеевского массива верхнеамурского комплекса может быть оценен по возрасту биотита из образцов АМ-3 (126 ± 3 млн лет, см. рис. 5, а) и АМ-13 (124 ± 5 млн лет, см. рис. 5, ж), а также возраста калиевого полевого шпата из обр. АМ-13 (129 ± 6 млн лет, см. рис. 5, и). При этом наиболее древний возраст получен для калиевого полевого шпата — одному из наиболее устойчивых минералов в процессе аргиллизации [Волостных, 1972]. Таким образом, по нашим данным, возраст рассматриваемых пород составляет ~ 129 млн лет. Эти результаты согласуются как с датировкой 128 ± 1 млн лет (U-Pb метод по цирконам [Стриха, 2016]) для гранитов этого же массива вне рудного поля, так и данными для гранитоидов верхнеамурского и буриндинского комплексов 140—127 млн лет [Сорокин и др., 2004б].

Более сложная ситуация отмечается для дацитов дайкового тела силлообразной формы («силла»), что обусловлено вторичными преобразованиями пород. По нашему мнению, наиболее реальный возраст первичной породы может быть оценен по возрасту биотита из обр. АМ-4 (125 ± 2 млн лет, см. рис. 5, в). В этом случае рассматриваемые дациты соответствуют по своему возрасту породам талданского вулканического комплекса, для которых получены датировки в интервале 127—123 млн лет [Сорокин и др., 2004б; Сотников и др., 2007а]. В то же время существует точка зрения (в частности, [Хомич, Борискина, 2003; и др.]), согласно которой дациты силлообразного тела относятся к керакскому комплексу. Здесь следует отметить, что в результате геологосъемочных работ последнего поколения [Козырев, 2002] керакский комплекс был упразднен. Это подтверждается и упомянутыми выше геохронологическими данными, согласно которым вулканические и субвулканические образования, ранее выделявшиеся в качестве керакского комплекса, имеют возраст, аналогичный породам либо талданского, либо галькинского комплексов.

Основная масса из этого же образца (АМ-4) дацитов силлообразного тела имеет более молодой возраст, а именно 122 ± 1 млн лет (см. рис. 5, в). И здесь следует учитывать два обстоятельства. Во-первых, в данном образце основная масса представлена хлорит-гидрослюдистым агрегатом, являющимся собственно продуктом гидротермальных вторичных преобразований. Во-вторых, этот образец характеризуется промышленными концентрациями Au (0.8 г/т), Ag (12 г/т). Это дает нам определенные основания предполагать, что гидротермальные вторичные преобразования связаны с рудным процессом. Соответственно, возраст преобразований (пропилитизации) в первом приближении можно считать возрастом гидротермального рудного процесса.

Как было отмечено выше, аргонограмма для основной массы из другого образца пропилитизированных дацитов (обр. АМ-15) силлообразного тела не позволяет выделить плато (см. таблицу, рис. 5, к). Тем не менее на ней отчетливо выражены ступени с возрастом ~ 128, ~ 125, ~ 120 и ~ 119 млн лет. Если рассматривать такой результат, как полученный для отдельно взятого образца, то он не имеет геологического смысла. Но в совокупности с имеющимися данными эта информация может быть использована для рассуждений. Так, учитывая полученный результат 125 ± 2 млн лет для биотита из образца (АМ-4) того же тела, мы полагаем, что ступени 128—125 млн лет, вероятнее всего, отражают возраст первичной породы, а смежные ступени с возрастом 120—119 млн лет (в совокупности 39 % выделенного ^{39}Ar) — возраст наложенного термального процесса. При этом данный образец (АМ-15) характеризуется промышленными концентрациями Au (0.7 г/т), Ag (5 г/т).

В целом полученные геохронологические результаты указывают на то, что первичный возраст дацитов силлообразного тела может быть оценен в интервале 128—125 млн лет, что соответствует возрасту вулканических пород талданского комплекса, для которых ранее получены датировки в интервале 127—123 млн лет [Сорокин и др., 2004б; Сотников и др., 2007а].

Возраст наложенных на эти дациты процессов пропилитизации приблизительно оценен интервалом 122—119 млн лет. С учетом присутствия в рассматриваемых породах золота и серебра мы имеем основания предполагать, что этот возрастной интервал может быть распространен и на процесс формирования рудных тел.

Рассматриваемый интервал 122—119 млн лет существенно моложе датировок, полученных в последние годы для вулканических и субвулканических образований талданского комплекса, поэтому свя-

зять процессы рудообразования с этим комплексом не представляется возможным. В то же время этот интервал соответствует возрасту формирования галькинского вулканического комплекса (119—115 млн лет), сопровождаемого гранитоидным магматизмом [Сорокин и др., 2013]. Мы также не исключаем, что по крайней мере часть даек гранит-порфиров, проявленных в пределах месторождения Покровское, может относиться к галькинскому комплексу.

Кроме того, полученные данные позволяют провести сравнительный анализ возрастов рудных объектов Приамурья, и прежде всего в пределах северной части Аргунского континентального массива. Так, золото-серебряное месторождение Покровское имеет более молодой возраст, чем золото-серебряное месторождение Буринда (128—126 млн лет, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ метод) [Бучко и др., 2019], молибден-медно-порфировое с золотом месторождение Боргуликан (123—122 млн лет, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ метод) [Сотников и др., 2007а] и практически совпадает с возрастом медно-порфирового с золотом рудопроявления Елна (122—117 млн лет, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ метод) [Бучко и др., 2017].

Далее обратимся к месторождениям, расположенным в пределах юго-восточного обрамления Северо-Азиатского кратона. К ним относятся золото-полиметаллическое месторождение Березитовое (~132—125 млн лет, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ метод [Мельников и др., 2009; Сорокин и др., 2014а]), серебро-полиметаллическое месторождение Моготинское (~127—125 млн лет, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ метод [Бучко и др., 2014]), золото-серебряное рудопроявление Дёсс (~129 млн лет, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ метод [Бучко и др., 2012]), молибден-медно-порфировое рудопроявление Выходное (~125—122 млн лет, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ метод [Сотников и др., 2007б]).

Приведенные данные указывают, что месторождение Покровское отвечает наиболее молодому этапу рудообразования в пределах рассматриваемого региона.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты позволяют сформулировать следующие выводы.

Возраст гранитов Сергеевского массива верхнеамурского комплекса, вмещающих рудные тела, составляет ~ 129 млн лет.

Первичный возраст дацитов силлообразного тела может быть оценен в интервале 128—125 млн лет, что соответствует возрасту вулканических пород талданского комплекса.

Возраст наложенных на эти дациты процессов пропилитизации приблизительно оценен интервалом 122—119 млн лет. Принимая во внимание присутствие в рассматриваемых породах промышленных концентраций золота и серебра, мы имеем основания предполагать, что этот возрастной интервал может быть распространен и на процесс формирования рудных тел.

В пределах Умлеканской вулканической зоны на рассматриваемый возрастной интервал (122—119 млн лет) приходится становление галькинского вулканического комплекса, сопровождаемое гранитоидным магматизмом. На этом основании мы полагаем, что формирование месторождения Покровское, вероятно, связано с галькинским комплексом.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лабораторий Института геологии и природопользования ДВО РАН О.Н. Белозеровой, В.В. Глушковой за подготовку препаратов для геохронологических исследований.

Исследования выполнены при поддержке комплексной программы фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток» (проект 18-2-015).

ЛИТЕРАТУРА

Бучко И.В., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В., Бучко Ир.В. Возраст и связь с магматизмом золото-серебряного оруденения рудопроявления Дёсс Северо-Становой металлогенической зоны (юго-восточное обрамление Северо-Азиатского кратона) // Тихоокеанская геология, 2012, т. 31, № 2, с. 69—74.

Бучко И.В., Бучко Ир.В., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В. Закономерности локализации оруденения, возраст и связь с магматизмом серебро-полиметаллического месторождения Моготинское (Северо-Становая металлогеническая зона, юго-восточное обрамление Северо-Азиатского кратона) // Геология руд. месторождений, 2014, т. 56, № 2, с. 118—130.

Бучко И.В., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В., Пономарчук В.А. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраст и связь с магматизмом медно-порфирового с золотом оруденения рудопроявления Елна (северо-восточная часть Аргунского супертеррейна) // ДАН, 2017, т. 472, № 2, с. 175—179.

Бучко И.В., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраст и связь с магматизмом золото-серебряного оруденения месторождения Буринда (северо-восточная часть Аргунского супертеррейна) // ДАН, 2019, т. 485, № 3, с. 321—325.

Волостных Г.Т. Аргиллизация и оруденение. М., Недра, 1972, 240 с.

Геодинамика, магматизм и металлогения востока России. Кн. 1 / Ред. А.И. Ханчук. Владивосток, Дальнаука, 2006, 572 с.

Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. М-б 1:2 500 000. Объяснительная записка / Л.И. Красный, А.С. Вольский, И.А. Васильев, Пэн Юньбяо, Сюй Яньцзянь, Ван Ин. СПб., ВСЕГЕИ, 1999, 135 с.

Гордиенко И.В., Метелкин Д.В., Ветлужских Л.И. Строение Монголо-Охотского складчатого пояса и проблема выделения Амурского микроконтинента // Геология и геофизика, 2019, т. 60 (3), с. 318—341.

Ефремов С.В., Спиридонов А.М., Травин А.В. Новые данные о возрасте, генезисе и источниках вещества гранитоидов Карийского золоторудного узла (Восточное Забайкалье) // Геология и геофизика, 2019, т. 60 (6), с. 772—788.

Золоторудные месторождения России / Ред. М.М. Константинов. М., Акварель, 2010, 349 с.

Зубков В.Ф., Вольский А.С. Геологическая карта региона БАМ. М-б 1: 500 000. Лист N-52-B / Ред. В.Ф. Зубков. Л., ВСЕГЕИ, 1984.

Козырев С.К. Государственная геологическая карта РФ м-ба 1:200 000. Издание второе. Зейская серия. Лист N-51-XXIV. СПб., ВСЕГЕИ, 2002.

Котов А.Б., Сорокин А.А., Сальникова Е.Б., Сорокин А.П., Ларин А.М., Великославинский С.Д., Беляков Т.В., Анисимова И.В., Яковлева С.З. Мезозойский возраст гранитоидов бекетского комплекса (Гонжинский блок Аргунского террейна Центрально-Азиатского складчатого пояса) // ДАН, 2009, т. 429, № 6, с. 779—783.

Котов А.Б., Мазукабзов А.М., Сквитина Т.М., Великославинский С.Д., Сорокин А.А., Сорокин А.П. Структурная эволюция и геодинамическая позиция Гонжинского блока (Верхнее Приамурье) // Геотектоника, 2013, № 5, с. 48—60.

Мартынюк М.В., Рямов С.А., Кондратьева В.А. Объяснительная записка к схеме корреляции магматических комплексов Хабаровского края и Амурской области. Хабаровск, ПГО Дальгеология, 1990, 215 с.

Мельников А.В., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В., Сорокин А.П. Золото-полиметаллическое месторождение Березитовое (Восточная Сибирь): основные минералогические особенности, возраст и связь с магматизмом // Геология и геофизика, 2009, т. 50 (3), с. 258—265.

Парфенов Л.М., Попеко Л.И., Томуртоого О. Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса // Тихоокеанская геология, 1999, т. 18, № 5, с. 24—43.

Пересторонин А.Е., Степанов В.А. Вулканогенные золото-серебряные месторождения Приамурья // Металлогения, 2016, № 66, с. 113—125.

Петрук Н.Н., Козлов С.А. Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 1:1 000 000. Лист N-51 (Сковородино). Третье поколение. Дальневосточная серия / Ред. А.С. Вольский. СПб., ВСЕГЕИ, 2009.

Пономарчук В.А., Лебедев Ю.Н., Травин А.В., Морозова И.П., Киселева В.Ю., Титов А.Т. Применение тонкой магнитно-сепарационной технологии в K-Ar, ⁴⁰Ar-³⁹Ar, Rb-Sr методах датирования пород и минералов // Геология и геофизика, 1998, т. 39 (1), с. 55—64.

Решения IV межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою юга Дальнего Востока и Восточного Забайкалья. Комплект схем. Хабаровск, ХГГПП, 1994.

Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Ковач В.П., Великославинский С.Д., Джан Б.-М., Сорокин А.А., Сорокин А.П., Ван К.-Л., Чан С.-Л., Ли Х.-Я., Толмачева Е.В. О возрасте гонжинской серии (Аргунский террейн Центрально-Азиатского складчатого пояса): результаты U-Pb и Lu-Hf изотопных исследований детритовых цирконов // ДАН, 2012, т. 444, № 5, с. 519—522.

Сережников А.Н., Волкова Ю.Р. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1:1 000 000. Третье поколение. Дальневосточная серия. Лист N-52 (Зей). СПб., ВСЕГЕИ, 2007.

Сорокин А.А., Кудряшов Н.М., Ли Цзиньи, Журавлев Д.З., Ян Пин, Сун Гуйхуа, Гао Лиминг. Раннепалеозойские гранитоиды восточной окраины Аргунского террейна (Приамурье): первые геохронологические и геохимические данные // Петрология, 2004а, т. 12, № 4, с. 414—424.

Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Сорокин А.П., Козырев С.К. Геохронология и корреляция мезозойских магматических образований северной окраины Амурского супертеррейна // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2004б, т. 12, № 6, с. 38—54.

Сорокин А.А., Котов А.Б., Кудряшов Н.М., Ковач В.П. Позднепалеозойский урушинский магматический комплекс южного обрамления Монголо-Охотского пояса (Приамурье): возраст и геодинамическая позиция // Петрология, 2005, т. 13, № 6, с. 654—670.

Сорокин А.А., Сорокин А.П., Пономарчук В.А., Травин А.В., Мельникова О.В. Позднемезозойский вулканизм восточной части Аргунского супертеррейна (Дальний Восток): ⁴⁰Ar/³⁹Ar геохронологические и геохимические данные // Стратиграфия, Геологическая корреляция, 2009, т. 17, № 6, с. 90—104.

Сорокин А.А., Сорокин А.П., Пономарчук В.А., Травин А.В. Возраст и геохимические особенности вулканических пород восточного фланга Умлекано-Огоджинского вулканоплутонического пояса (Приамурье) // Геология и геофизика, 2010, т. 51 (4), с. 473—485.

Сорокин А.А., Котов А.Б., Пономарчук В.А., Сорокин А.П., Ковач В.П., Саватенков В.М. Аптские бимодальные вулканические ассоциации и гранитоиды северной окраины Амурского микроконтинента: возраст, источники и геодинамическая обстановка формирования // *Петрология*, 2013, т. 21, № 1, с. 74—93.

Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В., Рогулина Л.И., Пономарчук А.В. Корреляция процессов рудообразования на золото-полиметаллическом месторождении Березитовое западной части Селенгино-Станового супертеррейна и региональных тектономагматических событий // *Геология и геофизика*, 2014а, т. 55 (3), с. 432—448.

Сорокин А.А., Смирнов Ю.В., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Сорокин А.П., Ковач В.П., Яковлева С.З., Анисимова И.В. Раннепалеозойский возраст исагачинской толщи чаловской серии Гонжинского террейна (восточная часть Центрально-Азиатского складчатого пояса) // *ДАН*, 2014б, т. 457, № 3, с. 323—326.

Сотников В.И., Пономарчук В.А., Сорокин А.А., Сорокин А.П., Гимон В.О. Возрастные рubeжи формирования Cu-Mo-порфировых месторождений в структурах обрамления Монголо-Охотского орогенного пояса // *ДАН*, 2005, т. 403, № 4, с. 522—525.

Сотников В.И., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Гимон В.О., Сорокин А.П. Возраст Мо-Cu-(Au)-порфирового оруденения и магматических комплексов Боргуликанского рудного поля (Верхнее Приамурье) // *Геология и геофизика*, 2007а, т. 48 (2), с. 229—237.

Сотников В.И., Сорокин А.А., Пономарчук В.А., Травин А.В., Сорокин А.П., Гимон В.О. Геохронология мезозойских гранитоидов и связанного с ними молибденового оруденения западной части Джугджуро-Станового супертеррейна // *ДАН*, 2007б, т. 416, № 6, с. 794—798.

Стриха В.Е. U-Pb изотопный возраст (SHRIMP-II) гранитоидов магдагачинского комплекса Умлекано-Огоджинской вулканоплутонической зоны // *Вестник АмГУ*, 2016, вып. 75, с. 73—79.

Травин А.В., Юдин Д.С., Владимиров А.Г., Хромых С.В., Волкова Н.И., Мехоношин А.С., Колотилина Т.Б. Термохронология Чернорудской гранулитовой зоны (Ольхонский регион, Западное Прибайкалье) // *Геохимия*, 2009, т. 11, с. 1181—1199.

Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Инъективные структуры и золото-серебряное оруденение Покровского рудного поля (Приамурье) // *Геология рудных месторождений*, 2003, т. 45, № 1, с. 24—43.

Хомич В.Г., Борискина Н.Г. Геологическая позиция благороднометалльных месторождений интрузивно-вулканогенного обрамления Гонжинского выступа докембрия (Верхнее Приамурье) // *Тихоокеанская геология*, 2006, т. 25, № 3, с. 53—65.

Эйриш Л.В. Металлогения золота Приамурья (Амурская область, Россия). Владивосток, Дальнаука, 2002, 194 с.

Baksi A.K., Archibald D.A., Farrar E. Intercalibration of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating standards // *Chem. Geol.*, 1996, v. 129, № 3—4, p. 307—324. doi:10.1016/0009-2541(95)00154-9.

Berger G.W., York D. Geothermometry from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating experiments // *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1981, v. 45, № 6, p. 795—811. doi:10.1016/0016-7037(81)90109-5.

Fleck R.J., Sutter J.F., Elliot D.H. Interpretation of discordant $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age-spectra of Mesozoic tholeites from Antarctica // *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1977, v. 41, № 1, p. 15—32. doi:10.1016/0016-7037(77)90184-3

Gustafson L.B., Orquera W., McWilliams M., Castro M., Olivares O., Rojas G., Maluenda J., Mendez M. Multiple centers of mineralization in the Indio Muerto District, El Salvador, Chile // *Econ. Geol.*, 2001, v. 96, № 2, p. 325—350.

Ludwig K.R. User's manual for Isoplot/Ex, Version 3.0. A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley, Berkeley Geochronology Center Special Publication, v. 4, 2003, 74 p.

Miao L., Zhang F., Zhu M., Liu D. Zircon SHRIMP U-Pb dating of metamorphic complexes in the conjunction of the Greater and Lesser Xing'an ranges, NE China: Timing of formation and metamorphism and tectonic implications // *J. Asian Earth Sci.*, 2015, v. 114, p. 634—648. doi: 10.1016/j.jseaes.2014.09.035

Wu F.Y., Sun D.Y., Ge W.C., Zhang Y.B., Grant M.L., Wilde S.A., Jahn B.M. Geochronology of the Phanerozoic granitoids in northeastern China // *J. Asian Earth Sci.*, 2011, v. 41, p. 1—30. doi:10.1016/j.jseaes.2010.11.014.

Wu G., Chen Y.C., Chen Y.J., Zeng Q.T. Zircon U-Pb ages of the metamorphic supracrustal rocks of the Xinghuadukou Group and granitic complexes in the Argun massif of the northern Great Hinggan Range, NE China, and their tectonic implications // *J. Asian Earth Sci.*, 2012, v. 49, p. 214—233. doi:10.1016/j.jseaes.2011.11.023

*Поступила в редакцию 22 января 2019 г.,
после доработки — 10 сентября 2019 г.*