DOI:10.47765/0869-7175-2020-10031

УДК 552.11:553.3/.4:550.4:551.2
© А.И.Гусев, Н.И.Гусев, 2020

Новые данные по абсолютному возрасту, петрологии и потенциальной рудоносности Мурзинского интрузивного массива (северо-западный Алтай)

А.И.ГУСЕВ (Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет имени В.М.Шукшина; 659333, Алтайский край, г. Бийск, ул. Короленко, 53),
Н.И.ГУСЕВ (Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П.Капинского» (ФГБУ «ВСЕГЕИ»); 199106, г. Санкт-Петербург, Средний пр., 74)

Приведены геологические, петро-геохимические данные, определения абсолютного возраста и сведения об эндогенной рудоносности Мурзинского интрузивного массива Алтая. Сопоставлением составов пород и меланократовых включений установлено, что золотоносность глубинного очага связана с гибридными расплавами, формировавшимися в процессе смешения различных по кислотности магм. В рудном поле, кроме скарнового, предполагается обнаружение и медно-золото-порфирового оруденения. Золото поступало из кислых выплавок в результате плавления амфиболитов и граувакк нижней коры.
Ключевые слова: кварцевые диориты, монцодиориты, гранодиориты, меланограниты, меланократовые включения, мантийно-коровое взаимодействие, золото.

Гусев Анатолий Иванович
доктор геолого-минералогических наук anzerg@mail.ru

Гусев Николай Иванович
кандидат геолого-минералогических наук nikolay_gusev@vsegei.ru

New data on absolute age, petrology and potential of ore mineralization within Murzinsky intrusive massif (northwestern Altai)

A.I.GUSEV (Shukshin Altai State University for Humanities & Pedagogy, Biisk),
N.I.GUSEV (A.P.Karpinsky Russian Geological Research Institute, Department of composite geological mapping, St Petersburg)

The geological, petrogeochemical data, absolute age dating and information about endogenetic ore mineralization of Murzinsky intrusive massif of Altai are presented. Comparison of rock compositions and melanocratic inclusions suggests that gold potential of deep spot melting is related to hybrid melts forming as basalt and crust acidic magma mixed. Along with skarn, the ore field could host copper-gold-porphyry mineralization. Gold was supplied from acidic melting as a result of amphibolites and lower crust greywacke melting.
K*ey words*: quartz diorites, monzodiorites, granodiorites, melanogranites, melanocratic inclusions, mantle-crust interaction, gold.

Металлогеническую специфику Горного Алтая определяют интрузивно связанные скарновые месторождения различного профиля: Cu, Au, W, Mo, Fe. В настоящее время наиболее востребованы золото-скарновые объекты, к числу которых относятся известные Синюхинское и Ульменское золото-медно-скарновые, Чойское золото-теллуридно-скарновое месторождения, в которых помимо скарнов присутствуют руды и других геолого-промышленных типов оруденения [2, 4]. Следует отметить, что некоторые золото-скарновые месторождения относятся к крупным по масштабам объектам, в которых запасы золота могут превышать 200 т: Фотитьюд в штате Невада [8], Рэд Доум в Северном Квинсленде Австралии. В настоящее время уделяется пристальное внимание изучению комплексных объектов,

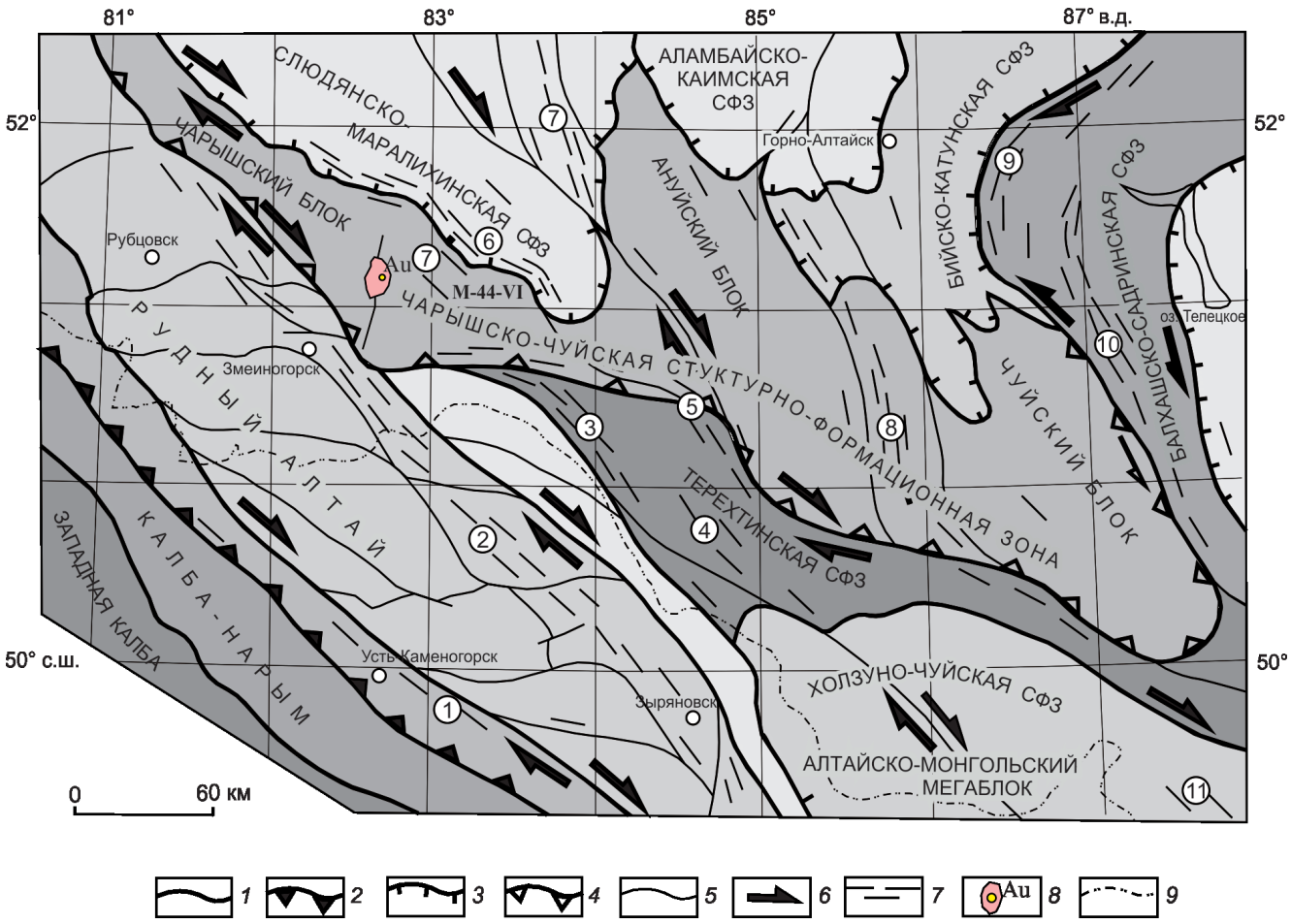


Рис. 1. Структурно-тектоническая схема западной части Алтае-Саянской складчатой области. *Составлена Ю.А.Туркиным, с добавлениями авторов*:

1 – разломы – границы структурно-формационных зон (СФЗ) и тектонических мегаблоков; *2* – границы девонской активной окраины континента; контуры: *3* – аллохтонов, *4* – параавтохтонов; *5* – прочие разломы; *6* – направления относительного перемещения тектонических блоков; *7* – дайковые пояса базальтоидов и долеритов (цифры в кружках): 1 – Вавилонский, 2 – Белорецко-Маркакольский, 3 – Коргонский, 4 – Карагайский, 5 – Верхнечарышский, 6 – Чарышско-Засурьинский, 7 – Слюдянско-Вятчихинский, 8 – Урсульский, 9 – Малоишинский, 10 – Сумультинский, 11 – Рахмановский; *8* – контур Мурзинского рудного поля; *9* – государственная граница Российской Федерации

включающих в себя различные геолого-промышленные типы оруденения, так как такое совмещение разных типов оруденения иногда приводит к формированию крупных месторождений. Так, в золоторудном месторождении Пэйтинг провинции Гуижоу (Китай) присутствуют руды типа Карлин и орогенного жильного золото-сульфидно-кварцевого [16]. На золото-урановом месторождении Ромпас (Северная Финляндия) совмещены уранинит-пиробитумное и самородное золото с галенитом, алтаитом, хунчитом, никелином, кобальтином, мальдонитом, пиритом, пирротином, халькопиритом, молибденитом [9].

В северной части Горного Алтая давно известен один из интереснейших золото-медно-скарновых объектов – Мурзинское рудное поле, в пределах которого разрабатываются и эндогенные, и гипергенные руды золота. Для эндогенного этапа характерно совмещение разных типов оруденения: золото-медно-скарнового, золото-ртутного и золото-марганцевого [3]. Актуальность изучения интрузивного магматизма Мурзинского штока, в контактах которого развиты

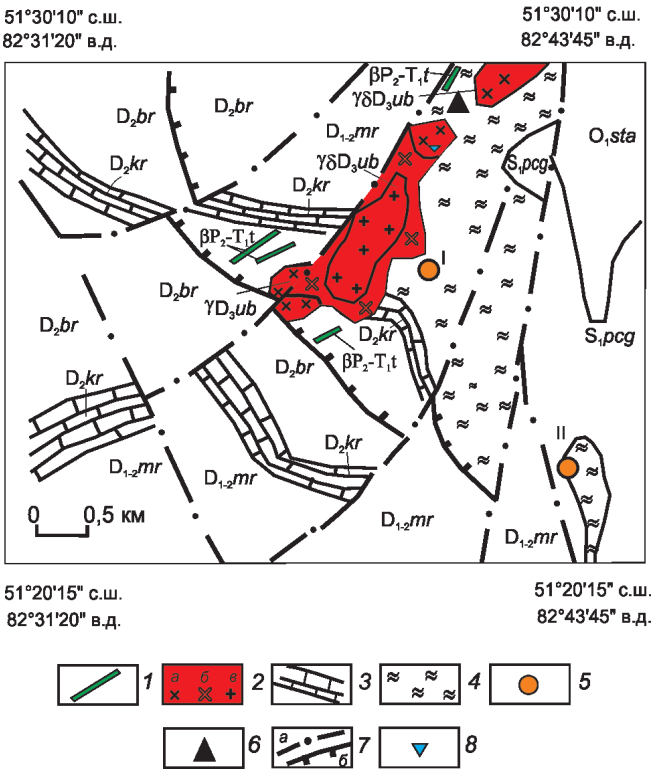


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Мурзинского рудного поля. *Составлена авторами с учётом данных Б.В.Сорокина*:

1 – дайки долеритов и пикродолеритов терехтинского комплекса, βP_2–T_1t; *2* – типы пород Мурзинского массива: *а* – монцодиориты, кварцевые диориты, *б* – гранодиориты, *в* – меланограниты; *3* – известняки курьинской свиты; *4* – скарны гранатовые, гранат-пироксеновые; *5* – Мурзинские месторождения (Мурзинское I, Мурзинское II); *6* – Надеждинское проявление железа; *7* – разрывные нарушения: *а* – сбросы, сбросо-сдвиги, *б* – надвиги; *8* – место отбора пробы на определение абсолютного возраста; свиты: D_2*br* – барагашская (желтовато-серые песчаники, алевролиты, аргиллиты), D_2*kr* – курьинская (известняки, желтовато-серые алевролиты, песчаники), $D_{1–2}$*mr* – мурзинская (конгломераты, известняки, песчаники, алевролиты, аргиллиты), S_1*pcg* – подчагырская (известково-глинистые сланцы, песчаники, алевролиты, конгломераты), O_1*sta* – суеткинская (зеленовато-серые, серые, лиловые песчаники, конгломераты, глинистые сланцы)

скарновые образования месторождения, не вызывает сомнений.

Цель исследования – осветить новые данные по определению абсолютного возраста пород Мурзинского штока, его петрологии и потенциальной рудоносности.

Геологическое строение Мурзинского рудного поля. *Мурзинское рудное поле* площадью около 50 км^2 находится в северо-западной части Горного Алтая. Оно располагается в пределах Чарышского тектонического блока в той части, где его пересекает одноимённый рой базитовых даек (рис. 1).

Мурзинское рудное поле включает известные золоторудные месторождения Мурзинское I, Мурзинское II, Мурзинское III, мелкие делювиально-элювиальные россыпи золота, а также оруденение золота в коре выветривания, которое в настоящее время разрабатывается старательской артелью ООО «Поиск». Мурзинское рудное поле структурно приурочено к восточной области замыкания Курьинско-Акимовской синклинали, срезанной и осложнённой Акимовским взбросо-надвигом субмеридионального простирания. В строении рудного поля принимают участие терригенно-карбонатные отложения нижнедевонской барагашской свиты, залегающие с базальными конгломератами на пестроцветных терригенных образованиях позднего силура (черноануйская свита). Северо-восточный тектонический блок сложен терригенными, нередко грубообломочными породами нижнеануйской серии раннего–среднего ордовика. Магматические образования в рудном поле представлены Мурзинской интрузией кварцевых диоритов-гранодиоритов усть-беловского комплекса, а также более поздними образованиями – дайками долеритов и пикродолеритов, трассирующих разломы субширотной и северо-восточной ориентировок (рис. 2).

Мурзинский массив площадью 0,9 км^2 – типичная трещинная интрузия с неровными заливообразными контактами, имеет северо-восточную ориентировку и, предположительно, юго-восточное падение. Северо-западный его контакт подсорван по разлому. В составе массива выделены 3 фазы внедрения: 1) кварцевые диориты, монцодиориты, 2) гранодиориты и 3) меланограниты. Ранние фазы внедрения локализуются по периферии, а меланограниты тяготеют к центральной части интрузива. Такой характер зональности интрузива свидетельствует о том, что дифференциация глубинного очага происходила сравнительно быстро и ранние фазы не успевали закристаллизоваться и легко прорывались последующими с формированием прямой зональности [14].

Петрографический состав пород массива и меланократовых включений. Петрографическое описание пород приведено в таблицах 1 и 2. Характерная особенность пород массива – наличие обильных округлых (эллипсоидальных) меланократовых включений размерами от 2 до 15 см в поперечнике. Количество их варьирует от 20 до 35% по объёму. Наличие зонального плагиоклаза в меланократовых включениях интерпретируется переходом от кристаллизации в базальтовом расплаве, а затем в более

1. Петрографическое описание породных типов

Интрузивные фазы	Названия пород	Петрографическое описание
1	Кварцевые диориты и монцодиориты	Чаще всего представляют собой светло-серые и серые среднезернистые породы массивной и шлирово-такситовой текстуры. Под микроскопом обнаруживают призматически-зернистую структуру с элементами и вариациями до пойкилоофитовой и монцонитовой в связи с развитием крупных ситовидных пойкилобластов калиевого полевого шпата, изредка кварца. Для петрографического состава пород характерно развитие: плагиоклаза (от 30 до 40%), калиевого полевого шпата (10–20%), зелёной обыкновенной роговой обманки (до 20%) и в меньших и переменных количествах биотита (до 10%), кварца (5–7%). Иногда в реликтовых зёрнах присутствуют клинопироксен и ортопироксен (гиперстен). Плагиоклаз обычно наиболее идиоморфен и представлен нередко слабозональным андезином, в порфировидных и порфировых разностях образует фенокристаллы размером до 1 см. Такие интрателлурические вкрапленники корродируются кварцем, калиевым полевым шпатом и имеют прямую зональность: в ядре они представлены андезином № 45-47, а по периферии андезином № 32-34. Слабоупорядоченный калиевый полевой шпат ксеноморфен. Акцессорные минералы: апатит, сфен, циркон, сульфиды. В кварцевых диоритах обильны меланократовые включения габброидов, диоритов.
2	Гранодиориты	Гранодиориты являются наиболее распространённой разновидностью пород второй фазы (>55%), имеют подобные кварцевым диоритам состав и основные структурно-текстурные особенности, но уже с количественным преобладанием биотита над актинолитизированной роговой обманкой, в целом несколько меньшим количеством темноцветных минералов (15–20%) и большим количеством кварца (до 20%) при практически подобном, слабо варьирующем содержании калиевого полевого шпата. Среди акцессорных минералов гранодиоритов доминирует магнетит (в отдельных пробах до 1209 г/т), менее развит ильменит (до 40 г/т). Иногда в значительных количествах присутствует циркон (до 8 г/т) и сфен, характерны рутил, апатит, монацит, гранат, ортит, пирит. Из меланократовых включений обильны диориты и гранодиориты.
3	Меланограниты	Меланограниты (около 15% от объёма массива) чаще всего представляют собой самостоятельную фазу внедрения и имеют секущее положение относительно гранодиоритов. Структура основной ткани гипидиоморфнозернистая. От гранодиоритов отличаются более высоким (до 28%) содержанием кварца и резким количественным преобладанием биотита (до 15%) над роговой обманкой, всегда присутствующей хотя бы в отдельных единичных зёрнах. Акцессорные минералы: магнетит, апатит, титанит, циркон. Биотит по составу отвечает ряду аннит-сидерофиллита (f+50,2; l=28,4).

кислом. Иными словами, породные типы массива с меланократовыми включениями относятся к гибридным магмам, которые являются следствием смешения горячей мантийной базальтовой магмы и более холодной кислой коровой, возникшей в результате плавления корового материала под воздействием базальтового расплава.

Определение абсолютного возраста. Цирконы из монцодиоритов светло-жёлтого цвета, прозрачные, представлены идиоморфными коротко призматическими кристаллами и их обломками. Длина зёрен циркона составляет от 150 до 300 мкм. Коэффициент удлинения – от 1,5 до 3,5. В катодолюминесценции кристаллы имеют двухфазное строение: светлая центральная часть с нарушенной осциляционной зональностью и секториальностью и тёмная краевая с нарушенной ритмичной зональностью. Анализы выполнены по центральным частям зёрен.

2. Петрографическое описание меланократовых включений

Разновидности включений	Наименования пород	Описание пород
1	Габбро-диориты	Тёмно-серой до чёрной окраски, мелкокристаллические породы, офитовой и призматически-зернистой структуры с размерами зёрен минералов от 0,5 до 2 мм. Они содержат (в %): ортопироксен (5–10), амфибол (35–40), зональный плагиоклаз (лабрадор № 45-51 в ядрах и № 15-34 по периферии) (30–37), кварц (1–2). Акцессорные минералы: магнетит (1–2), единичные зёрна титанита, апатита. Ортопироксен наблюдается среди амфибола и свидетельствует о замещении пироксена роговой обманкой.
2	Диориты	Серой, тёмно-серой окраски мелкокристаллические, местами до среднекристаллических. Микроструктура призматически-зернистая. Состав (в %): ортопироксен (2–5), амфибол (30–35), зональный плагиоклаз (андезин № 35-39 в ядрах и олигоклаз № 12-15 по периферии) (50–53), биотит (3–7), кварц (1–4), ортоклаз (1–2). Акцессорные минералы: магнетит, титанит, апатит, циркон, пирит. Первичные мафические минералы (пироксены), вероятно, замещены амфиболом.
3	Кварцевые диориты	Серой, светло-серой окраски. Микроструктура призматически-зернистая. Состав (в %): ортопироксен (1–3), амфибол (40–32), биотит (5–11), плагиоклаз (андезин) (50–51), ортоклаз (5–12), кварц (5–12). Акцессорные минералы: пирит, пирротин, магнетит, титанит, магнетит, апатит, циркон. Местами отмечаются крупные кристаллы плагиоклаза (олигоклаз-андезина), вероятно, представляющие собой ксенокристаллы вмещающих гранодиоритов Мурзинского интрузива.

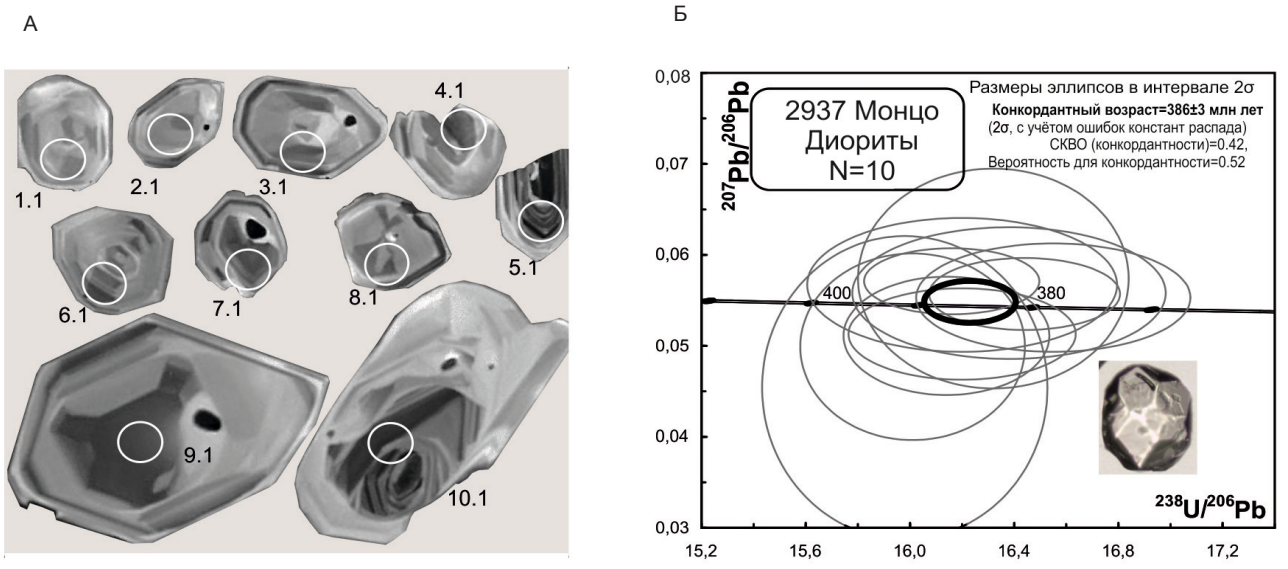


Рис. 3. Определение абсолютного возраста монцодиоритов:

А – морфология кристаллов циркона, по которым определён абсолютный возраст (увеличение >1000) и точки замеров; Б – диаграмма U-Pb отношений с конкордией для циркона (проба 2937)

Содержание U=107–416, Th=52–210 ppm, отношение Th/U=0,42–0,76 соответствует магматическому типу циркона. Конкордантный возраст 386±3 млн. лет, что отвечает среднему девону и принимается как время кристаллизации пород (рис. 3). Результаты U-Pb (SHRIMP II) анализов цирконов приведены в табл. 3.

Петро-геохимия пород массива и меланократовых включений. Представительные анализы пород Мурзинского массива и меланократовых включений приведены в таблицах 4 и 5.

Химический состав пород массива указывает на их принадлежность к известково-щелочной и высококалиевой известково-щелочной сериям, что наглядно подтверждается на рис. 4. Породные типы характеризуются повышенными концентрациями Cr, Ni, Co, варьирующими содержаниями золота (от 26 до 209 мг/т), значительными колебаниями нормированных отношений $(La/Yb)_N$ (от 1,9 до 8,8), свидетельствующими о различной степени фракционирования редкоземельных элементов. Отношения Eu/Eu* повсеместно ниже хондритовых. В гранодиоритах и меланогранитах проявлен тетрадный эффект фракционирования (ТЭФ) редкоземельных элементов М-типа (пограничное значение 1,1). Проявление последнего указывает на значительную роль в магматогенных флюидах поздних фаз таких летучих компонентов, как F, Cl, H_2O, CO_2, игравших ведущую роль в экстракции из расплава золота и других рудных компонентов, и их перенос в места рудолокализации.

На диаграмме $Au–TE_{1,3}$ наблюдается тренд увеличения содержаний золота с повышением значений ТЭФ РЗЭ М-типа (рис. 5).

В отличие от гранитоидов массива, меланократовые включения характеризуются более широким спектром пород и эволюцией состава от известково-щелочных до шошонитовых (см. рис. 4). В породных типах включений менее дифференцированный тип распределения РЗЭ (отношение $(La/Yb)_N$ варьирует от 1,39 до 3,95) и более низкие концентрации золота. Отношения Eu/Eu* ниже и выше хондритовых значений. ТЭФ РЗЭ в них отвечает незначимым величинам.

Интерпретация полученных результатов. Ранее установлено, что породные типы интрузива в Мурзинском рудном поле образовались путём частичного плавления амфиболитов и граувакк нижней коры [1]. В Легенде по Алтаю дериваты усть-беловского комплекса принимались позднедевонскими [5]. Новые данные, полученные при изучении Мурзинского массива, показывают, что возраст Мурзинского массива среднедевонский, а на ранних стадиях его становления помимо диоритов отмечаются монцодиориты, имеющие близость к шошонитовым породам.

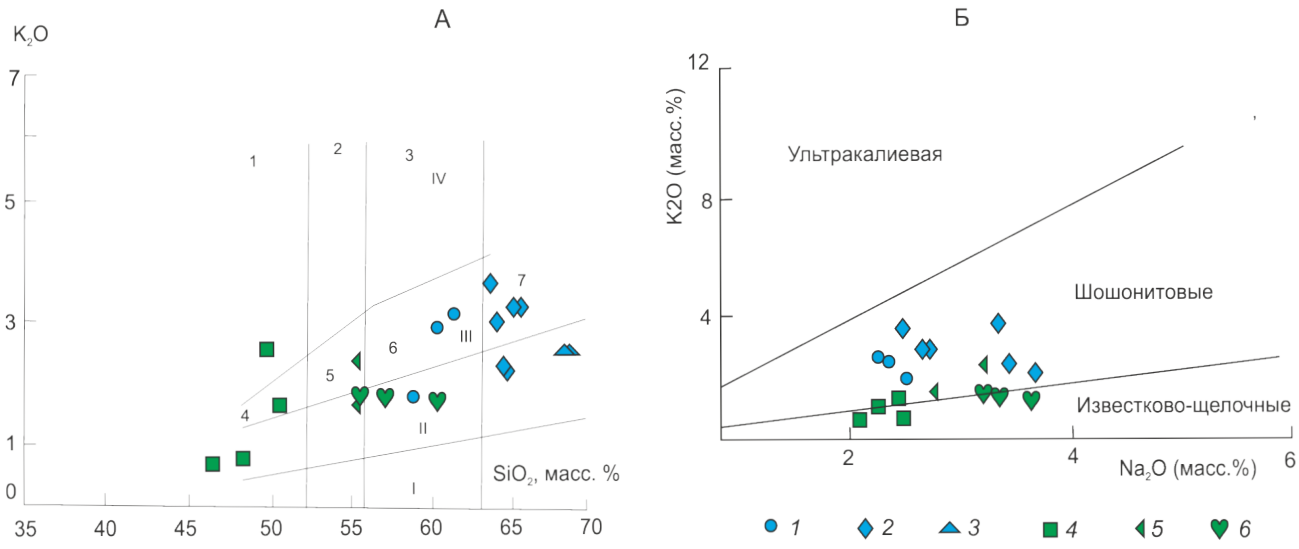


Рис. 4. Диаграммы для пород Мурзинского массива и мафитовых включений:

А – $K_2O–SiO_2$, поля пород: 1 – абсарокит, 2 – шошонит, 3 – банакит, 4 – высококалиевый базальт, 5 – высококалиевый андезибазальт, 6 – высококалиевый андезит, 7 – высококалиевый, по [11]; серии пород: I – толеитовая, II – известково-щелочная, III – высококалиевая известково-щелочная, IV – шошонитовая; Б – $K_2O–Na_2O$, породы Мурзинского массива: *1* – кварцевые монцодиориты, *2* – гранодиориты, *3* – меланограниты, меланократовые включения, *4* – габбро-диориты, *5* – диориты, *6* – кварцевые диориты

3. Результаты U-Pb измерений в цирконах из монцодиоритов (проба 2937)

Номера точек	$^{206}Pb_c$, %	U, ppm	Th, ppm	$^{232}Th/^{238}U$	$^{206}Pb^*$, ppm	(1) Возраст $^{206}Pb/^{238}U$, млн. лет		(1) $^{207}Pb^*/^{235}U$	±%	(1) $^{206}Pb^*/^{238}U$	±%	Корреляция ошибок
1.1	0,00	107	62	0,60	5,6	382	±5,6	0,47	5,5	0,06105	1,5	0,272
2.1	0,00	107	52	0,50	5,7	386,1	±5,6	0,483	5,5	0,06172	1,5	0,269
3.1	0,83	181	121	0,69	9,62	383,4	±4,9	0,485	8,7	0,06127	1,3	0,151
4.1	0,40	263	191	0,75	14,1	387,5	±3,9	0,437	5,3	0,06196	1	0,196
5.1	0,00	359	194	0,56	18,7	380,7	±3,3	0,467	3,1	0,06083	0,91	0,295
6.1	1,36	200	124	0,64	10,9	391,1	±5,3	0,392	15	0,06255	1,4	0,092
7.1	0,00	212	80	0,39	11,3	386,1	±4,2	0,436	4,1	0,06173	1,1	0,272
8.1	0,00	165	66	0,42	8,56	378,2	±4,6	0,461	4,6	0,06042	1,3	0,275
9.1	0,58	275	202	0,76	14,8	390,6	±4,2	0,429	8,5	0,06246	1,1	0,131
10.1	0,00	416	210	0,52	22,1	387,1	±3,2	0,487	2,8	0,06188	0,85	0,306

Примечание. Ошибки приведены для интервала 1s; Pb_c и Pb^* указывают на обыкновенную и радиогенную составляющие, соответственно; ошибка калибровки стандарта 0,5%; (1) поправка на обыкновенный свинец проведена по измеренному ^{204}Pb; корреляция ошибок отношений $^{207}Pb^*/^{235}U$–$^{206}Pb^*/^{238}U$.

По данным Р.Силлитоу [11], около 20% крупных золоторудных месторождений ассоциированы с шошонитовыми и щелочными породами, которые превышают 3% объёма Циркум-Тихоокеанских



Рис. 5. Диаграмма Au–$TE_{1,3}$ для интрузивных пород Синюхинского рудного поля:

жёлтое поле показывает концентрации золота в магматических породах, по [1]; содержания золота в хондритах, по [16]; см. услов. обозн. к рис. 4.

изверженных пород, среди которых важнейшую роль играют порфировые системы. Следовательно, можно предположить, учитывая наличие кварцевых монцодиоритов в составе Мурзинского массива, имеющих шошонитовую близость, что для Мурзинского рудного поля возможно выявление, кроме скарнового, и порфирового оруденения по аналогии с Синюхинским рудным полем [13]. Это предположение подкрепляется тем, что с массивами усть-беловского комплекса в Горном Алтае связано медно-золото-порфировое оруденение в других районах его распространения (проявления Чикетаманское, Полосухинское, Барковское, Плотбищенское и другие).

Заключение. Мурзинский массив в Горном Алтае среднедевонского возраста. В его составе выявлены монцодиориты, имеющие близость с шошонитовыми образованиями, а также многочисленные меланократовые включения. Массив образовался путём смешения различных по кислотности расплавов. Главные породные типы массива образовались путём частичного плавления амфиболитов и граувакк нижней коры. Предполагается, кроме скарнового, обнаружение в рудном поле и порфирового оруденения. Такое совмещение в рудном поле различных геолого-промышленных типов оруденения позволяет предположительно соотносить его с комплексным медно-золото-скарново-порфировым семейством руд.

4. Химический состав интрузивных пород Мурзинского массива

Компоненты	Монцодиориты			Гранодиориты						Меланограниты	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO_2	58,2	62,9	61,2	63,21	63,2	64,8	64,7	65,2	64,64	69,1	69,4
TiO_2	0,76	0,61	0,65	0,65	0,8	0,5	0,52	0,61	0,63	0,55	0,53
Al_2O_3	16,8	15,1	15,6	15,51	15,3	16,2	16,2	15,2	14,83	14,7	14,6
FeO*	7,34	6,2	6,95	6,62	7,1	5,15	5,2	5,4	5,89	4,5	4,4
MnO	0,15	0,11	0,13	0,12	0,14	0,11	0,12	0,10	0,11	0,1	0,09
MgO	3,71	3,01	2,94	2,65	1,8	1,97	1,95	2,08	2,3	1,5	1,44
CaO	6,76	5,1	5,54	3,58	4,2	4,6	4,53	4,77	4,38	3,4	3,36
Na_2O	2,3	2,2	2,24	2,25	3,3	3,7	3,8	2,61	2,45	3,2	3,11
K_2O	2,78	2,8	2,75	3,4	2,7	2,04	2,1	3,05	3,15	2,6	2,56
P_2O_5	0,18	0,11	0,13	0,17	0,21	0,15	0,16	0,12	0,15	0,14	0,13
Be	<1	1,6	1,42	1,92	1,77	1,09	1,2	1,02	1,51	1,5	1,44
Sc	26,3	21,4	21,3	19,8	28,2	23,9	24,2	13,7	18,23	12,1	11,4
V	200	136	140	145	105	99,7	100	100	112,7	76,2	75,4
Cr	60,9	83,8	86,6	54,6	36,5	41,8	42,6	44,8	66,56	25,2	22,5
Co	24,1	18,9	19	21,7	12,1	12,7	13,1	12,9	14,67	12,3	10,7
Ni	21,7	22,7	31,4	13,5	14,2	16,9	17,3	17,1	24,07	15,1	14,7
Ga	18,8	16,1	16,2	15,6	19,2	15,1	15,6	15,8	15,54	16,1	16,2
Rb	62,6	83,8	76,7	95,8	104	79,7	81,3	104	95,33	93,1	92,8
Sr	338	218	240	371	202	253	262	234	227	160	159
Y	24	25,8	25,2	25,1	74,2	17,5	16,1	25,5	30,16	29,2	15,5
Zr	143	155	144	173	243	194	195	171	185	181	178
Nb	9,16	9,8	9,4	9,8	14,4	9,8	9,9	9,9	10,24	10,1	8,9
Cs	–	1,99	3,2	3,4	4,4	2,6	2,9	6,5	3,76	4,5	4,2
Ba	380	384	378	581	461	361	365	413	449	335	332
La	23,2	23,8	20,4	16,8	21,2	29,8	30,1	31,8	21,91	20,1	42,1
Ce	47,8	47,1	42,4	48,1	51,4	21,0	21,2	61,1	48,44	42,2	39,2
Pr	5,56	5,3	4,97	5,1	7,1	3,2	3,3	7,02	5,80	4,6	4,6
Nd	21	21,2	19,8	22,2	33,2	10,1	10,3	24,2	22,51	20,2	19,0
Sm	4,63	4,4	4,1	4,6	9,6	2,4	2,5	4,4	4,78	4,3	3,7
Eu	1,04	0,91	0,95	1,2	1,6	0,49	0,5	0,93	1,05	1,02	0,86
Gd	4,35	4,5	4,2	5,2	10,8	0,33	0,4	3,6	4,86	4,5	0,93
Tb	0,65	0,71	0,72	0,81	2,13	2,6	2,7	0,69	0,86	0,7	2,45
Dy	3,99	4,42	4,34	4,5	12,6	2,47	2,5	3,9	5,07	4,7	2,4
Ho	0,84	0,91	0,9	0,88	2,7	0,9	0,93	0,78	1,07	0,99	0,87
Er	2,31	2,5	2,64	2,7	8,1	2,2	2,3	2,4	3,16	3,1	2,3
Tm	0,35	0,41	0,42	0,4	1,2	0,3	0,35	0,36	0,48	0,5	0,32
Yb	2,13	2,7	2,69	2,7	7,5	1,5	1,6	2,4	3,10	3,2	1,4
Lu	0,36	0,4	0,4	0,41	1,5	0,25	0,26	0,38	5,20	0,48	0,24

Окончание табл. 4

Компоненты	Монцодиориты			Гранодиориты						Меланограниты	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hf	3,62	4,5	4,13	4,83	6,6	5,1	5,3	4,6	5,11	5,5	5,3
Ta	0,61	0,65	0,65	0,66	1,14	0,72	0,8	0,72	0,78	0,98	0,96
W	1,85	1,59	0,95	0,36	0,36	0,81	0,9	3,1	1,2	0,22	0,2
Th	5,23	9,2	7,6	7,3	6,5	10,6	11,2	10,8	9,36	11,2	10,1
U	1,55	1,44	1,55	1,26	1,51	3,1	3,2	3,2	2,01	3,1	2,8
Cu	132	10,7	12,7	15,9	14,9	98,8	101	16,2	15,7	8,9	87,1
Pb	11,7	34,5	43,5	32,9	21,8	54,8	55,1	34,1	23,5	25,9	43,7
Zn	90,2	15,8	16,8	17,1	14,1	20,1	20,6	16,8	18,3	17,4	19,2
Ag	0,024	3,3	4,6	3,7	2,1	8,7	9,1	3.4	2,7	4,1	7,7
Au	–	26	31	41	37	209	150	33	28	29	190
Bi	0,2	0,26	0,28	0,31	0,30	0,32	0,33	0,32	0,36	0,4	0,38
∑REE	142,2	145	134	141	245	95	95	207	158	140	136
$(La/Yb)_N$	7,2	5,8	5,0	3,9	1,9	5,7	12,4	8,8	4,7	4,1	4,2
Eu/Eu*	0,7	0,63	0,7	0,75	0,49	0,66	0,95	0,7	0,66	0,71	0,75
U/Th	0,3	0,16	0,2	0,17	0,23	0,29	0,28	0,3	0,21	0,27	0,28
Nb/Ta	15	15,1	14,5	14,8	12,6	13,6	12,4	13,7	13,1	10,3	9,3
$TE_{1,3}$	0,98	0,98	1,0	1,06	1,03	1,8	1,6	1,03	0,96	0,98	1,7

Примечание. FeO* – суммарное железо; $Eu^*=(Sm_N*Gd_N)/2$; элементы нормированы по хондриту [5]; $TE_{1,3}$ – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ, как среднее между первой и третьей тетрадами, по [9]; анализы 2–11, по [3]; оксиды – в %, элементы – в г/т, золото – мг/т.

5. Представительные анализы меланократовых включений

Компоненты	Меланократовые включения								
	Габбро-диориты				Диориты		Кварцевые диориты		
SiO_2	48,2	49,9	46,12	50,41	55,9	55,52	56,24	54,9	60,6
TiO_2	0,83	0,79	0,95	0,99	1,08	0,66	0,76	0,77	0,99
Al_2O_3	17,6	17,75	17,52	16,93	17,25	14,65	16,6	16,55	16,41
Fe_2O_3	11,23	11,1	11,68	9,5	9,09	8,7	8,9	9,33	7,2
MnO	0,25	0,26	0,23	0,2	0,27	0,22	0,3	0,35	0,24
MgO	5,03	4,92	4,7	4,7	3,35	5,65	3,29	3,86	2,35
CaO	7,3	8,11	8,5	6,2	5,2	7,13	6,2	6,6	5,6
Na_2O	2,34	2,31	2,15	2,28	3,13	2,5	3,2	3,24	3,8
K_2O	0,94	1,53	0,92	1,51	2,98	1,94	1,76	1,83	1,49
P_2O_5	0,3	0,25	0,24	0,24	0,25	0,13	0,18	0,19	0,22
П.П.П.	4,6	2,33	6,5	5,7	1,08	2,39	1,45	1,28	0,91
Сумма	98,62	99,25	99,51	98,3	99,58	99,49	98,88	98,9	99,81
Li	21,4	12,7	23,1	23,2	61,1	20,1	31,0	33,4	28,9
Be	3,1	4,39	2,02	2,44	3,75	1,17	5,38	3,47	1,77
Sc	35,7	20,2	23,6	34,2	22,1	26,6	35,0	34,4	20,4
V	210	170	208	150	179	177	151	208	108

Окончание табл. 5

Компоненты	Меланократовые включения								
	Габбро-диориты				Диориты		Кварцевые диориты		
Cr	134	111	125	113,2	24,3	210	40,8	35,3	38,9
Co	36,7	34,7	32,2	33,3	22,2	30,3	19,8	21,3	13,9
Ni	56,3	52,1	50,1	53,0	16,7	67,3	14,2	14,1	8,6
Cu	34,7	491	12,2	138	50,7	133	19,5	23,3	26,4
Zn	232	242	202	207	194	170	201	199	166
Ga	21,6	19,0	20,5	18,3	19,6	15,5	20,0	19,7	18,2
Rb	32,5	42,3	33,1	95,4	150	74,0	89,9	96,3	74,5
Sr	219	245	221	209	186	210	228	199	210
Y	33,6	27,2	35,8	43,9	43,6	43,7	65,8	69,6	37,7
Zr	33,6	52,0	47,8	48,9	93	71,0	92	104	101,6
Nb	10,9	10,4	11,8	10,6	21,7	15,0	24,1	22,1	16,1
Cs	0,65	0,61	0,76	1,4	7,1	1,7	2,4	3,7	3,8
Ba	186	290	174	378	524	250	310	284	240
La	18,0	17,8	18,1	19,8	18,9	25,8	16,0	17,0	20,8
Ce	42,1	40,0	41,9	46,3	41,2	57,7	44,2	48,6	43,0
Pr	5,1	4,91	5,05	5,73	5,24	6,96	5,71	6,91	5,06
Nd	20,4	17,9	20,6	23,2	21,5	26,4	26,1	30,4	19,9
Sm	4,4	3,41	4,43	5,13	5,17	5,51	7,20	8,22	4,45
Eu	1,1	1,18	1,12	1,04	0,918	1,27	1,0	1,22	1,09
Gd	4,75	3,36	4,71	5,46	5,16	5,3	7,35	7,74	4,59
Tb	0,8	0,531	0,771	0,91	0,879	0,915	1,35	1,39	0,827
Dy	5,1	3,33	4,94	5,86	5,78	5,82	8,84	9,25	5,01
Ho	1,11	0,742	1,03	1,23	1,24	1,24	1,94	2,01	1,1
Er	2,9	2,15	2,92	3,52	3,61	3,7	5,46	5,77	3.14
Tm	0,45	0,379	0,445	0,537	0,55	0,568	0,847	0,922	0,451
Yb	3,1	2,62	3,0	3,63	3,74	3,94	5,82	6,23	3,24
Lu	0,49	0,425	0,482	0,567	0,595	0,649	0,902	0,973	0,508
Hf	1,4	1,67	1,39	1,86	2,69	2,17	2,96	2,63	2,15
Ta	0,77	0,768	0,756	0,954	1,22	0,572	1,55	1,21	0,804
W	5,1	5,6	4,6	4,1	9,84	8,4	13,2	12,8	20,4
Au	26	28	31	37	28	29	30	39	33
Pb	8,5	11,4	8,45	8,1	8,84	14,7	7,36	9,54	7,46
Bi	0,65	0,93	0,7	0,24	0,049	0,101	0,045	0,065	0,04
Th	2,8	2,17	2,93	6,08	8,0	4,45	7,32	8,0	6,12
U	0,5	0,448	0,499	0,672	1,58	0,561	1,31	2,18	1,24
∑REE	143,4	125,04	145,3	161,8	158,08	187,9	197,5	216,2	150,9
$(La/Yb)_N$	3,95	3,47	3,09	2,79	2,6	3,34	1,4	1,39	3,3
Eu/Eu*	0,74	1,06	0,75	0,6	0,54	0,72	0,42	0,47	0,74
U/Th	0,18	0,21	0,17	0,11	0,2	0,13	0,18	0,27	0,2
Nb/Ta	14,2	13,5	15,6	14,3	17,8	19,2	15,5	18,3	19,2
$TE_{1,3}$	1,06	1,01	1,02	1,02	1,0	1,04	1,05	1,07	1,01

Примечание. Оксиды даны в %, элементы – в г/т, золото – в мг/т.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Виноградов А.П.* Среднее содержание химических элементов в горных породах // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555–571.
2. *Гусев А.И.* Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. – Томск: Изд-во STT, 2003. – 308 с.
3. *Гусев А.И., Гусев Н.И., Табакаева Е.М.* К геохимии минералов Мурзинского медно-золоторудного месторождения // Природные ресурсы Горного Алтая: геология, геофизика, экология, минеральные, водные и лесные ресурсы Алтая. – 2018. – № 1–2. – С. 18–29.
4. *Гусев А.И., Табакаева Е.М.* Магматизм и оруденение Мурзинского золоторудного поля (Горный Алтай) // Известия Томского политехнического университета. – 2017. – Т. 328. – № 11. –С. 16–30.
5. *Шокальский С.П., Бабин Г.А., Владимиров А.Г.* и др. Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. – 187 с.
6. *Anders E., Greevesse N.* Abundences of the elements: meteoric and Solar // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1989. – V. 53. – P. 197–214.
7. *Irber W.* The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // Geochim Cosmochim Acta. – 1999. – Vol. 63. – № 3/4. – P. 489–508.
8. *Meinert L.D.* Gold in skarn deposits – a preliminary overview // Proceedings of the Seventh Quadrennial IAGOD Symposium. – Stuttgart, 1998. – P. 363–374.
9. *Molnár F., Oduro H., Cook N.D.J.* et al. Association of gold with uraninite and pyrobitumen in the metavolcanic rock hosted hydrothermal Au-U mineralisation at Rompas, Peräpohja Schist Belt, northern Finland // Miner Deposita. – 2016. – Vol. 51. – P. 681–702.
10. *Peccerillo A., Taylor S.* Rare earth elements in East Carpathian volcanic rocks // Earth and Planetary Science Letters. – 1976. – Vol. 32. – P. 121–126.
11. *Sillitoe R.H.* Some metallogenic features of gold and copper deposits related to alkaline rocks and consequences for exploration // Miner Deposita. – 2002. – Vol. 37. – P. 4–13.
12. *Soloviev S.G., Kryazhev S.G., Dvurechenskaya S.S., Uyutov V.I.* Geology, mineralization, fluid inclusion, and stable isotope characteristics of the Sinyukhinskoe Cu-Au skarn deposit, Russian Altai, SW Siberia // Ore Geology Reviews. – 2019. – Vol. 112. – P. 103039.
13. *Torrey C.E., Karjalainen H., Joyce P.J.* et al. Geology and Mineralization of the Red Dome (Mungana) gold skarn deposit, North Queensland, Australia // Proceedings of Gold ‘86 Symposium. – Toronto, 1986. – P. 504–517.
14. *Vigneresse J.L.* The role of discontinuous magma inputs in felsic magma and ore generation // Ore geology Reviews. – 2007. – Vol. 30. – P. 181–216.
15. *Wasson J.T., Kallemeyn G.W.* et al. Compositions of chondrites // Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical & Engineering Sciences. – 1988. – Vol. 325. – № 1587. – P. 535–544.
16. *Xie Z.-J., Xia Y., Cline J.S.* et al. Comparison of the native antimony-bearing Paiting gold deposit, Guizhou Province, China, with Carlin-type gold deposits, Nevada, USA // Miner Deposita. – 2017. – Vol. 52. – P. 69–84.

REFERENCES

1. *Vinogradov A.P.* Sredneye soderzhaniye khimicheskikh elementov v gornykh porodakh [Average content of chemical elements in rocks]. Geokhimiya. 1962. No. 7. P. 555–571.
2. *Gusev A.I.* Metallogeniya zolota Gornogo Altaya i yuzhnoy chasti Gornoy Shorii [Metallogeny of gold in Gorny Altai and the southern part of Gornaya Shoria]. Tomsk, STT publ. 2003. 308 p.
3. *Gusev A.I., Gusev N.I., Tabakayeva Ye.M.* K geokhimii mineralov Murzinskogo medno-zolotorudnogo mestorozhdeniya [K geokhimii mineralov Murzinskogo medno-zolotorudnogo mestorozhdeniya]. Prirodnyye resursy Gornogo Altaya: geologiya, geofizika, ekologiya, mineral’nyye, vodnyye i lesnyye resursy Altaya. 2018. No. 1–2. P. 18–29.
4. *Gusev A.I., Tabakayeva Ye.M.* Magmatizm i orudeneniye Murzinskogo zolotorudnogo polya (Gornyy Altay) [Magmatism and mineralization of the Murzinsky gold field (Gorny Altai)]. Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. 2017. Vol. 328. No. 11. P. 16–30.
5. *Shokal’skiy S.P., Babin G.A., Vladimirov A.G.* et al. Korrelyatsiya magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov zapadnoy chasti Altaye-Sayanskoy skladchatoy oblasti [Correlation of magmatic and metamorphic complexes in the western part of the Altai-Sayan folded area]. Novosibirsk, SO RAN publ., filial «Geo». 2000. 187 p.
6. *Anders E., Greevesse N.* Abundences of the elements: meteoric and Solar. Geochim. Cosmochim. Acta. 1989. V. 53. P. 197–214.
7. *Irber W.* The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites. Geochim Cosmochim Acta. 1999. Vol. 63. No. 3/4. P. 489–508.
8. *Meinert L.D.* Gold in skarn deposits – a preliminary overview. Proceedings of the Seventh Quadrennial IAGOD Symposium. Stuttgart, 1998. P. 363–374.
9. *Molnár F., Oduro H., Cook N.D.J.* et al. Association of gold with uraninite and pyrobitumen in the metavolcanic rock hosted hydrothermal Au-U mineralisation at Rompas, Peräpohja Schist Belt, northern Finland. Miner Deposita. 2016. Vol. 51. P. 681–702.

10. *Peccerillo A., Taylor S.* Rare earth elements in East Carpathian volcanic rocks. Earth and Planetary Science Letters. 1976. Vol. 32. P. 121–126.
11. *Sillitoe R.H.* Some metallogenic features of gold and copper deposits related to alkaline rocks and consequences for exploration. Miner Deposita. 2002. Vol. 37. P. 4–13.
12. *Soloviev S.G., Kryazhev S.G., Dvurechenskaya S.S., Uyutov V.I.* Geology, mineralization, fluid inclusion, and stable isotope characteristics of the Sinyukhinskoe Cu-Au skarn deposit, Russian Altai, SW Siberia. Ore Geology Reviews. 2019. Vol. 112. P. 103039.
13. *Torrey C.E., Karjalainen H., Joyce P.J.* et al. Geology and Mineralization of the Red Dome (Mungana) gold skarn deposit, North Queensland, Australia. Proceedings of Gold '86 Symposium. Toronto, 1986. P. 504–517.
14. *Vigneresse J.L.* The role of discontinuous magma inputs in felsic magma and ore generation. Ore geology Reviews. 2007. Vol. 30. P. 181–216.
15. *Wasson J.T., Kallemeyn G.W.* et al. Compositions of chondrites. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical & Engineering Sciences. 1988. Vol. 325. No. 1587. P. 535–544.
16. *Xie Z.-J., Xia Y., Cline J.S.* et al. Comparison of the native antimony-bearing Paiting gold deposit, Guizhou Province, China, with Carlin-type gold deposits, Nevada, USA. Miner Deposita. 2017. Vol. 52. P. 69–84.

По всем вопросам, связанными со статьями, следует обращаться в редакцию
по тел. +7 (495)315-28-47,
E-mail: ogeo@tsnigri.ru

Адрес редакции: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 129, корп. 1