



ПЕТРО-ГЕОХИМИЯ СУБВУЛКАНИЧЕСКИХ И ЭКСТРУЗИВНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ КЕДРОВО-КОРГОНЧИКОВСКОГО РАЙОНА ГОРНОГО АЛТАЯ

А. И. Гусев

Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В. М. Шукшина, Бийск, Алтайский край, Россия

Приведены данные по петрогеохимии, петрологии и рудоносности субвулканических и экструзивных образований коргонского комплекса девона Кедрово-Коргончиковского района Горного Алтая. Охарактеризованы низкощелочные риодациты, натрий-калиевые риодациты, трахириодациты, трахириолиты и риолиты, отнесенные к пералюминиевой серии и преимущественно к магнезиальным разновидностям. В породах отмечаются повышенные содержания золота и пониженные – серебра. Отношения легких лантаноидов к тяжелым значительно варьируют – от 2,1 до 26,2, легких к средним – от 1,94 до 11,8. В породах проявлен тетрадный эффект фракционирования РЗЭ W-типа, меняющийся от 0,29 до 0,68 и указывающий на обилие летучих компонентов (H_2O , CO_2 , S или H_2S), что способствовало образованию кварцитов и аргиллизитов. Вулканиты имеют признаки мантийных образований и контаминации их коровым материалом за счет плавления граувакк и амфиболитов нижней коры. Рудоносность района реализована в формировании перспективных эпитегрмальных золото-серебряных и медно-молибден-золото-порфиновых проявлений. Предположительно район – объект проявления процессов флюидного мантийно-корового рудогенеза при формировании крупнообъемного эпитегрмального золото-серебряного и медно-молибден-золото-порфинового оруденения.

Ключевые слова: Горный Алтай, низкощелочные риодациты, натрий-калиевые риодациты, трахириодациты, трахириолиты, риолиты, летучие компоненты, золото, серебро, медь, молибден.

PETRO-GEOCHEMISTRY OF SUBVOLCANIC AND EXTRUSIVE FORMATIONS OF THE KEDROVO-KORGONCHIKOVSKY DISTRICT OF THE GORNY ALTAI

A. I. Gusev

V.M.Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University, Biysk, Altai Krai, Russia

The paper provides data on petro-geochemistry, petrology and ore content of subvolcanic and extrusive formations of the Korgon Devonian complex of the Kedrovo-Korgonchikovskiy district of the Gorny Altai. Low-alkali rhyodacites, sodium-potassium rhyodacites, trachyrhyodacites, trachyrhyolites and rhyolites are characterized. They are attributed to the aluminous series and mainly to magnesian varieties. Increased gold contents and decreased silver contents are observed in rocks. Ratios of light to heavy lanthanoids show a large range of values – from 2.1 to 26.2 and light ones to medium ones – from 1.94 to 11.8. The tetrad effect of W-type REE fractionation, varying from 0.29 to 0.68 and indicating an abundance of volatile components, including H_2O , CO_2 , S or H_2S , was revealed in rocks, that served as the formation of quartzites and argillizites. Volcanites contain signs of mantle formations and contamination by crustal material due to melting of greywackes and amphibolites of the lower crust. The ore content of the district is realized in the formation of promising epithermal gold-silver and copper-molybdenum-gold-porphyry occurrences. The district is thought to be the object of the process manifestation of the fluid mantle-crustal ore genesis during formation of large-volume epithermal gold-silver, copper-molybdenum-gold-porphyry mineralization.

Keywords: Gorny Altai, low-alkali rhyodacites, sodium-potassium rhyodacites, trachyrhyodacites, trachyrhyolites, rhyolites, volatile components, gold, silver, copper, molybdenum.

DOI 10.20403/2078-0575-2022-3-45-54

Специфика минерализации вулканогенно-осадочных разрезов раннего – среднего девона Уйменского, Лебедского, Коргонского, Чарышского, Делюно-Юстыдского прогибов Горного Алтая определяется наличием эпитегрмальных золото-серебряных и медно-молибден-золото-порфиновых месторождений и проявлений. Некоторые из них разрабатывались (Суричское и др.), другие подготавливаются к разработке (Красноярское и др.). В Коргонском прогибе в последнее время обнаружено несколько перспективных проявлений указанных типов, сосредоточенных в левом борту р. Кумир (Кедрово-Коргончиковский район). Примечательно, что в указанном районе оба типа проявлений часто пространственно совме-

щены, а это считается одним из факторов возможного обнаружения крупных по запасам металлов месторождений, включая крупнообъемные [1, 4, 5, 16].

Цель работы – изучение субвулканических и экструзивных образований Кедрово-Коргончиковского района, с которыми пространственно и парагенетически связаны перспективные проявления медно-золото-серебряного эпитегрмально-порфинового семейства руд. Актуальность их исследования определяется тем, что субвулканические, экструзивные, эпитегрмальные и порфиновые объекты вместе с аргиллизитами и вторичными кварцитами в таких обстановках формируют единые магмо-рудно-метасоматические системы.

Геологическое строение Кедрово-Коргончиковского района

Кедрово-Коргончиковский район (площадь более 70 км²) характеризуется многочисленными эпитермальными золото-серебряными и порфировыми молибден-золото-медными проявлениями. Ему соответствует аномальное комплексное геохимическое поле Au, Ag, Mo, Cu. Находится он

в междуречье Коргона и Кумира, приурочен к зоне сочленения субширотного Тигерекского разлома и примыкающих к нему сбросо-сдвигов северо-западной ориентировки. Вдоль зоны Тигерекского разлома трассируются несколько каров с озерами (рис. 1), выстраивающимися в линию северо-западного направления.

Следует отметить, что указанные кары характеризуются околожерловыми фациями вулканитов

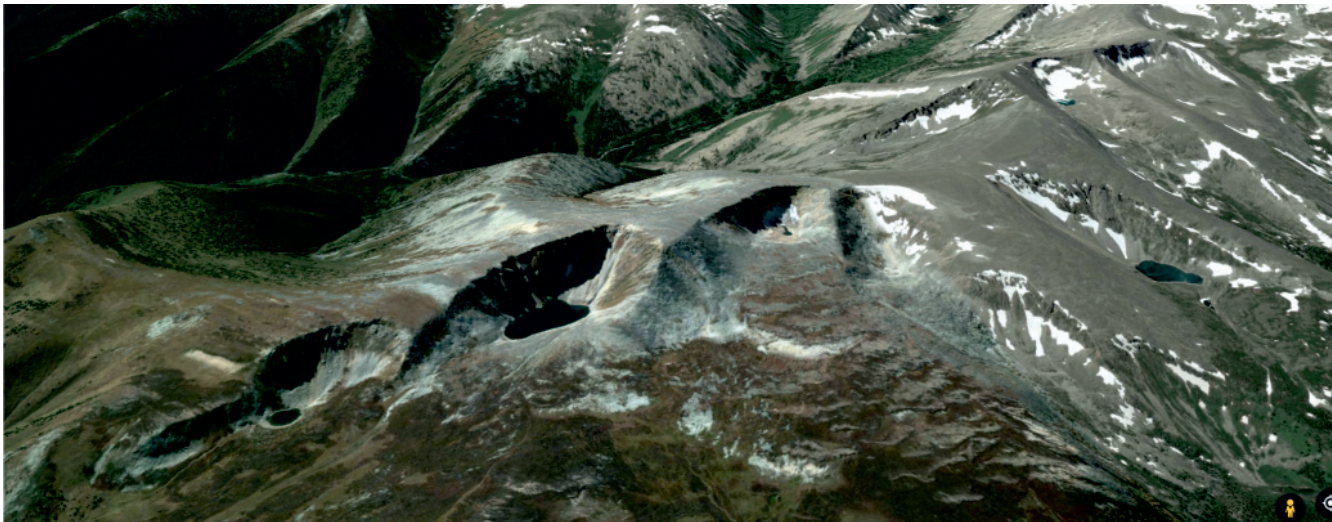


Рис. 1. Космоснимок Коргонского хребта с карами, приуроченными к Тигерекскому разлому

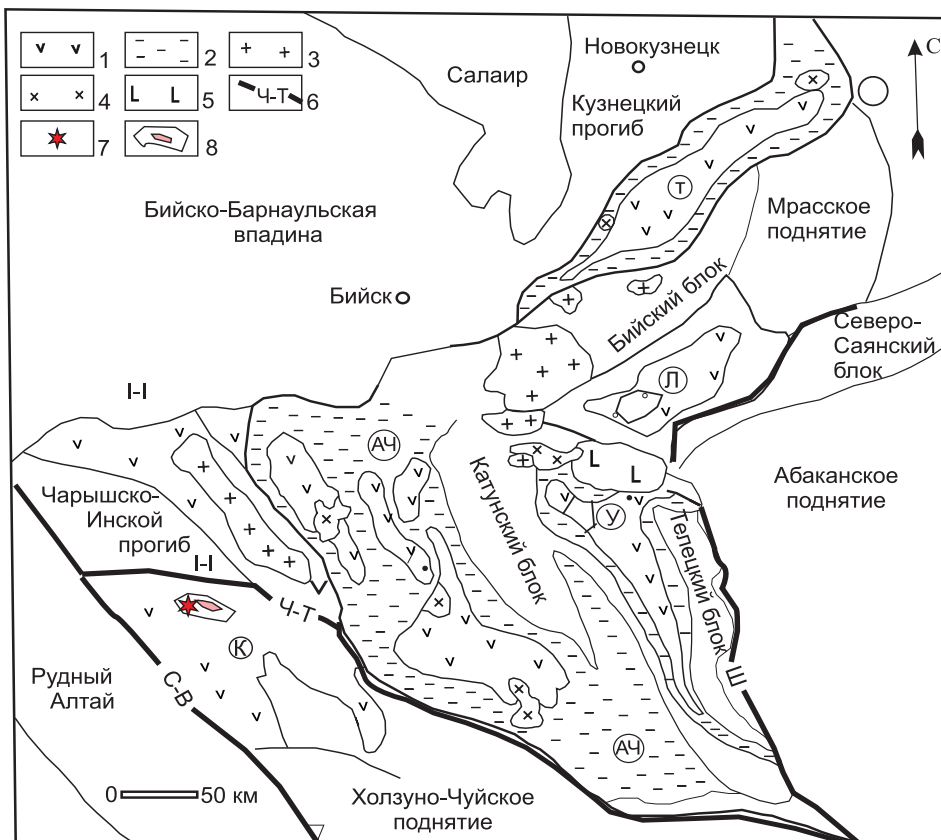


Рис. 2. Положение Кедрово-Коргончиковского вулканического центра на структурно-тектонической схеме западной части Алтае-Саянской складчатой области и полезных ископаемых на этап O_1 – P_1 (составлена автором с использованием материалов С. П. Шокальского, Г. А. Бабина, Н. А. Берзина, М. М. Булова и др.)

1–2 – структурно-вещественные комплексы активной континентальной окраины: 1 – вулканогенные образования нижнего – среднего девона (базальты, трахибазальты, андезиты, риолиты и их туфы, игнимбриты); 2 – туфогенные образования ордовика – нижнего девона (конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты); 3–5 – коллизионные комплексы: 3 – граниты, умеренно-щелочные граниты (I-типа), кварцевые сиениты среднего девона; 4 – габбро,

диориты, тоналиты, граниты (I-типа) нижнего силура – нижнего девона; 5 – габбро, плагиограниты среднего кембрия; 6 – глубинные разломы (С-В – Северо-Восточный, Ч-Т – Чарышко-Теректинский, Ш – Шапшальский; прогибы: Т – Тельбесский, АЧ – Ануйско-Чуйский, Л – Лебедской, У – Уйменский, К – Коргонский); 7 – Кедрово-Коргончиковский вулканический центр; 8 – контур Кедрово-Коргончиковского потенциального рудного поля с залежью золотоносных кварц-карбонат-серицитовых метасоматитов

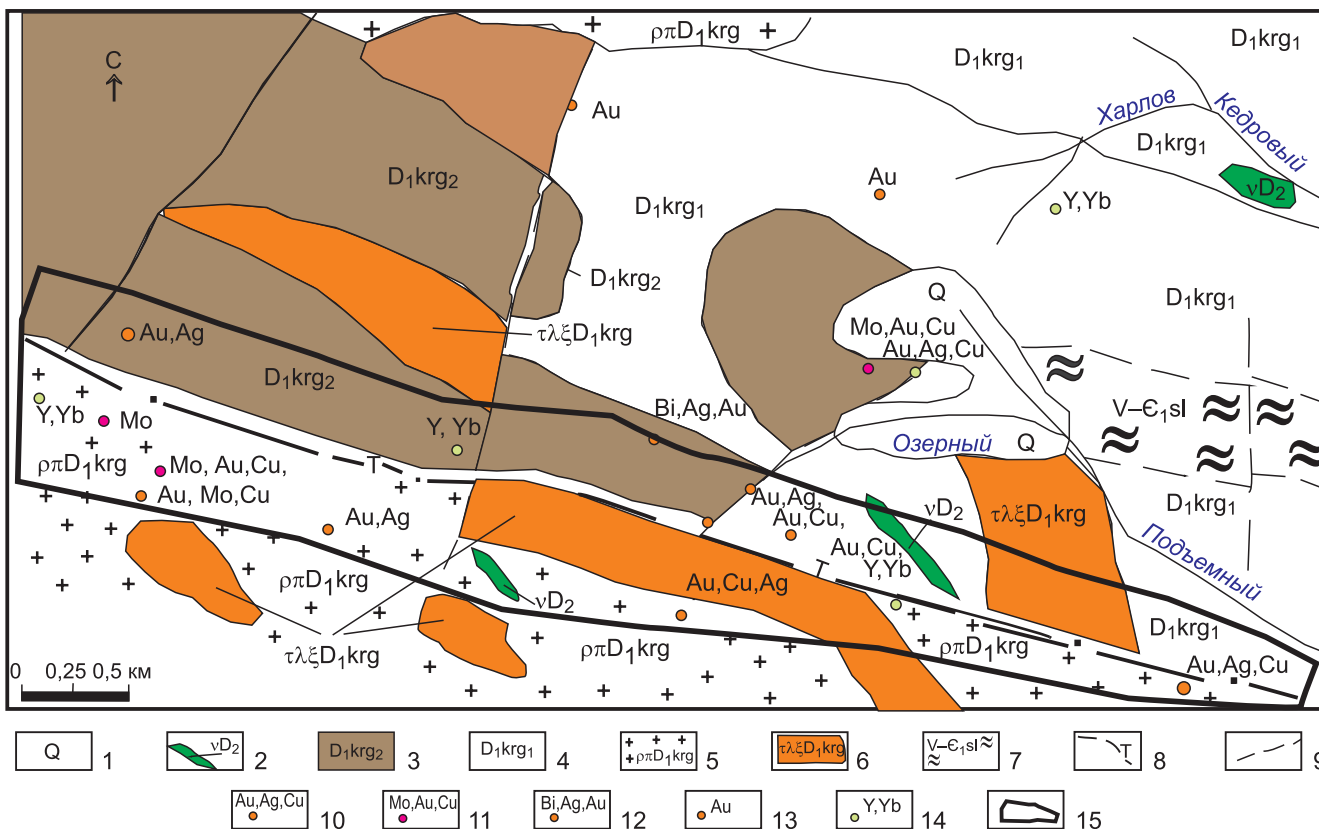


Рис. 3. Схематическая геологическая карта и полезные ископаемые Кедрово-Коргончиковского золоторудного поля
 1 – неразделенные отложения квартера; 2 – дайки габброидов среднедевонского возраста; 3 – туфы, лавы дацитов, трахидацитов, андезидацитов, андезитов, андезибазальтов, реже риолитов среднекоргонской подсвиты; 4 – туфы, игнимбриты, лавы дацитов, риодацитов, риолитов нижней подсвиты коргонской свиты; 5 – субвулканические тела риолитов, риодацитов; 6 – экструзии трахириодацитов, трахириолитов; 7 – серицит-хлоритовые, серицит-хлорит-кварцевые сланцы шельдянской свиты; 8 – Тигерекский разлом; 9 – прочие разломы; 10–14 – рудные проявления: 10 – эпитермальное золото-серебряные, 11 – медно-молибден-золото-порфировые, 12 – жильные проявления висмута, серебра, золота, 13 – жильные золото-сульфидно-кварцевые, 14 – жильные кварц-редкоземельные, 15 – залежь золотоносных кварц-карбонат-серицитовых метасоматитов

с редкими бомбовыми горизонтами и кластолавами, а также субвулканическими и экструзивными телами, сложенными риодацитами, трахидацитами, трахириолитами, риолитами. Кары имеют разнообразную форму в плане: эллипсоидную, неправильную изометричную и вытянутую вдоль Тигерекского разлома. Размеры их в поперечнике от первых сотен метров до 2 км. Часть каров сопровождается небольшими озерами. Стенки каров субвертикальные высотой 100–250 м. При картировании установлено, что кары, будучи экзарационными морфологическими формами, унаследованы от палеоокеанов, этим и объясняется их приуроченность к долгоживущему Тигерекскому разлому, который в свое время контролировал линейное распределение жерл палеовулканов раннедевонского вулканизма, а также субвулканических и экструзивных тел.

В пределах Коргонского хребта выявлено несколько вулканических центров, которые контролируют размещение не только субвулканических тел, но и связанных с ними золото-серебряных проявлений эпитермального типа и медно-молибден-золото-порфировых объектов (рис. 2).

Пространственно с Кедрово-Коргончиковским вулканическим центром ассоциируют золото-се-

ребряные, медно-молибден-золото-порфировые, жильные кварц-редкоземельные и жильные золото-сульфидно-кварцевые проявления (рис. 3).

Петро-геохимические особенности пород

Петрографическое описание пород приведено в табл. 1, а химический состав породных типов субвулканических и экструзивных тел – в табл. 2.

Во всех породах различные соотношения калия и натрия при суммарном содержании щелочей 6,8–9,45 %; отмечаются повышенные концентрации золота и значительные их колебания (105–230 мг/т) при относительно низких содержаниях серебра (3,4–45,9 г/т). Обращают на себя внимание аномально высокие содержания золота в вулканических породах, свидетельствующие о потенциально золоторудной специализации вулкаников. На постмагматической стадии это выражено в формировании зоны кварц-серицитовых метасоматитов размером 1×10 км, в пределах которой определены отдельные интервалы мощностью более 5 м с содержанием Au от 3 до 13,5 г/т, Ag от 65 до 960 г/т.

На фоне умеренных концентраций суммы редких земель (118,4–318,5 г/т) проявлена значительная разница отношений легких лантаноидов к тяжелым



Таблица 1

Петрографическое описание породных типов

Порода	Петрографическое описание
Низкощелочной риодацит	Макроскопически светло-серая порода, местами со слабо выраженной флюидалностью и пористостью. Во вкрапленниках присутствуют амфибол и олигоклаз-андезин (№ 28–34). Амфибол представлен обыкновенной роговой обманкой, местами замещаемой хлоритом. Плагиоклаз незональных вкрапленников относится к олигоклаз-андезину, зональные индивиды в центральной части сложены лабрадором (№ 52–56), а периферия – олигоклазом (№ 32–37). Основная ткань породы имеет сферолитовую микроструктуру, состав (%): олигоклаз (70), кварц (20), моноклинный пироксен (10). Последний местами замещен эпидотом. Акцессорные минералы: пирит, апатит, титанит, халькопирит
Натрий-калиевый риодацит	По внешнему виду серые с кремовым оттенком породы, массивные, местами с отчетливо выраженной флюидалностью. Структура порфировая. Во вкрапленниках присутствуют кварц, биотит и плагиоклаз. Последний, как правило, зонален. В ядре определяется андезин № 38–42, периферия сложена олигоклазом № 16–21. Биотит вкрапленников по оптическим показателям близок к аннит-сидерофиллиту. Замещается эпидотом. Микроструктура основной массы сферолитовая, состав (%): калишпат (75), олигоклаз (15), биотит (10). Акцессорные минералы: титаномагнетит, циркон, апатит, халькопирит
Трахириодацит	Светло-серая порода с голубоватым оттенком. Текстура массивная, нередко флюидалная. Флюидалность подчеркивается различной зернистостью полос. Структура порфировая. Во вкрапленниках – щелочной полевой шпат, моноклинный пироксен, биотит. Щелочной полевой шпат развит в виде призматических кристалликов, обычно представленных анортоклазом ($Ort_{45}Ab_{55}-Ort_{55}Ab_{45}$). Моноклинный пироксен идиоморфен и встречается в виде короткопризматических кристалликов авгита размером до 1 мм. Биотит таблитчатый и близок по оптическим показателям к анниту. Микроструктура основной массы сферолитовая. Основная ткань породы сложена мелкими выделениями калиевого полевого шпата, альбита, биотита. Акцессорные минералы: титанит, апатит, циркон, пирит, ортит
Трахириолит	Серая порода с голубоватым оттенком, полосчатая. Полосчатость обусловлена чередованием разнотернистых линейных участков. Иногда характерны пористые разности. Это порфировые образования, во вкрапленниках которых присутствуют кварц, щелочной полевой шпат, амфибол, биотит. Щелочной полевой шпат овеществлен анортоклазом ($Ort_{52}Ab_{48}-Ort_{58}Ab_{42}$). Биотит присутствует в виде чешуек, относящихся к ряду аннит–сидерофиллит. Замещается хлоритом. Основная ткань породы сложена щелочным полевым шпатом, кварцем, биотитом. Микроструктура основной ткани гранофировая с отчетливыми ихтиоглиптами кварца в щелочном полевым шпате. Акцессорные минералы: циркон, ортит, апатит, титанит
Риолит	Светлая порода с розоватым оттенком, отчетливой флюидалностью и порфировой структурой. Во вкрапленниках присутствуют кварц и щелочной полевой шпат. Последний представлен анортоклазом ($Ort_{56}Ab_{44}-Ort_{61}Ab_{39}$). Основная ткань породы имеет микросферолитовую структуру и состоит из кварца, щелочного полевого шпата, кислого плагиоклаза, биотита. Акцессорные минералы: ортит, циркон, монацит, апатит, титанит, сульфиды

Таблица 2

Содержания оксидов (мас. %) и микроэлементов (г/т, золота – мг/т) в субвулканических и экструзивных породах коргонского комплекса Озерного проявления

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	70,2	70,5	71,9	70,7	71,1	75,1	76,0	75,9	75,0
TiO ₂	0,68	0,35	0,21	0,27	0,3	0,13	0,09	0,19	0,12
Al ₂ O ₃	13,8	11,9	13,1	13,85	12,9	12,7	11,75	14,6	12,9
Fe ₂ O ₃	4,88	2,5	2,95	2,4	2,86	1,9	2,76	0,85	1,86
MnO	0,03	0,19	0,04	0,05	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03
MgO	1,56	0,37	0,92	0,84	0,98	0,73	0,79	0,22	0,74
CaO	0,47	2,76	0,23	0,97	0,43	0,24	0,1	0,2	0,22
Na ₂ O	4,2	0,42	0,46	2,9	1,6	2,5	2,73	5,1	2,6
K ₂ O	2,6	7,57	8,99	6,3	7,5	5,5	4,59	1,9	5,7
P ₂ O ₅	0,2	0,08	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,07	0,05
П.п.п.	1,36	2,4	1,2	1,6	1,3	0,96	1,0	0,9	0,93
Сумма	99,9	99,04	99,1	99,93	99,1	99,8	99,9	99,9	99,8



Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V	3,6	4,7	0,21	0,6	0,5	0,2	0,4	0,7	0,1
Cr	2,6	3,4	0,8	0,5	0,7	0,4	0,5	0,5	0,2
Ba	141	650	125	648	206	95	460	640	105
Ni	2,8	2,2	0,9	0,7	0,8	0,7	0,72	1,4	0,4
Co	2,9	2,8	0,6	0,9	0,5	0,3	2,3	3,5	0,2
Cu	3,0	5,2	0,3	0,5	0,7	0,2	0,5	1,0	0,6
Zn	9,2	11,5	0,92	1,2	1,0	0,77	0,8	7,0	0,9
Pb	7,9	9,2	10,4	11,5	11,4	8,3	8,0	7,0	9,6
Sn	2,8	3,1	5,2	6,2	5,8	6,3	6,1	4,5	6,9
Sc	14,3	9,2	72	9,3	65	75	5,1	8,4	76
Sr	256	205	110	105	112	45	48	7,1	50
Zr	176	183	235	387	176	206	278	206	256
Nb	12,9	13,0	12,6	12,3	12,1	12,7	12,0	11,9	13,1
Y	30,6	29,7	28,7	26,7	27,2	30,2	28,9	27,6	29,9
U	2,3	2,2	3,3	2,3	3,1	2,9	3,1	2,4	2,8
Th	6,7	6,2	10,5	6,6	9,8	10,6	11,4	8,7	10,1
Li	2,9	9,0	0,1	9,1	0,6	0,28	10,0	21,0	0,7
Be	5,7	6,1	9,2	10,6	9,4	10,4	10,3	9,3	10,6
W	2,6	1,9	4,3	5,5	4,4	2,5	2,2	2,0	2,6
Mo	1,8	2,2	4,1	6,2	5,2	5,5	5,3	5,8	6,0
Rb	46	142	95	142	126	25	71	74	30
Cs	0,27	0,34	8,98	9,2	9,4	5,8	5,9	3,4	6,0
Ga	14,8	16,2	15,7	18,5	17,3	19,5	19,3	19,1	19,6
La	19,4	25,3	99,9	101	94,3	99,9	95,6	18,3	101
Ce	38,7	58	36,4	57	112,7	51,6	44,9	35,3	51,4
Pr	4,3	4,6	4,1	5,2	4,9	4,5	4,4	4,0	4,3
Nd	16,6	17,4	17,1	18,3	49,8	26,4	26,2	15,3	27,4
Sm	6,1	6,3	6,0	5,8	9,7	5,2	5,3	3,77	5,3
Eu	1,97	1,7	1,0	1,65	1,62	0,87	0,86	0,68	0,85
Gd	11,4	12,0	12,1	11,8	7,3	5,4	5,6	3,4	5,5
Tb	1,61	1,0	1,4	1,55	1,18	0,94	0,93	0,5	0,93
Dy	0,9	1,0	0,95	0,98	0,64	0,66	0,67	0,8	0,67
Ho	3,4	3,6	3,5	3,2	3,6	3,5	3,6	3,5	3,6
Er	0,73	0,8	1,0	0,96	0,83	0,9	1,3	1,5	1,4
Tm	2,0	1,3	1,8	2,0	2,0	1,98	0,7	0,9	0,6
Yb	6,0	3,6	4,2	3,8	2,37	2,7	2,9	2,5	2,8
Lu	0,9	0,7	0,8	0,73	0,4	0,41	0,44	0,37	0,43
Hf	5,66	5,8	7,4	6,0	5,9	4,4	4,5	5,4	4,6
Ta	0,39	0,7	1,2	0,86	0,8	0,65	0,66	0,4	0,7
Au	110	105	215	190	195	220	235	105	230
Ag	3,5	3,4	15,9	15,0	16,7	20,3	35,6	5,7	45,9
Sb	0,11	0,21	12,6	11,8	12,1	16,7	22,7	0,6	29,6
Ge	1,1	1,7	2,2	3,5	2,7	3,1	2,8	3,0	3,6
ΣREE	166,6	167,0	317,9	223,7	318,5	235,2	222,3	118,4	236,08
La/Yb _N	2,1	4,6	15,7	17,5	26,2	24,4	21,8	4,8	23,9
La/Sm _N	1,94	2,46	10,2	10,7	5,9	10,8	11,0	2,9	11,8
Eu/Eu*	0,72	0,59	0,03	0,6	0,57	0,5	0,48	0,58	0,49
U/Th	0,34	0,35	0,31	0,35	0,32	0,27	0,27	0,28	0,28
TE _{1,3}	0,61	0,68	0,31	0,4	0,33	0,31	0,29	0,6	0,29

Примечания. 1. Порода: 1 – низкощелочной риодацит, 2 – натрий-калиевый риодацит, 3–5 – натрий-калиевые трахириодациты, 6–8 – риолиты, 9 – трахириолит. 2. Анализы выполнены: силикатный на главные компоненты химическим методом и на микроэлементы – методом ICP-MS и ICP-AES в лабораториях ВСЕГЕИ (Санкт-Петербург) и ИМГРЭ (Москва). 3. N – элементы нормированы по [7]. 4. TE_{1,3} – тетрадный эффект фракционирования РЗЭ (среднее между первой и третьей тетрадами) по [9]; Eu* = (Sm_N + Gd_N)/2.

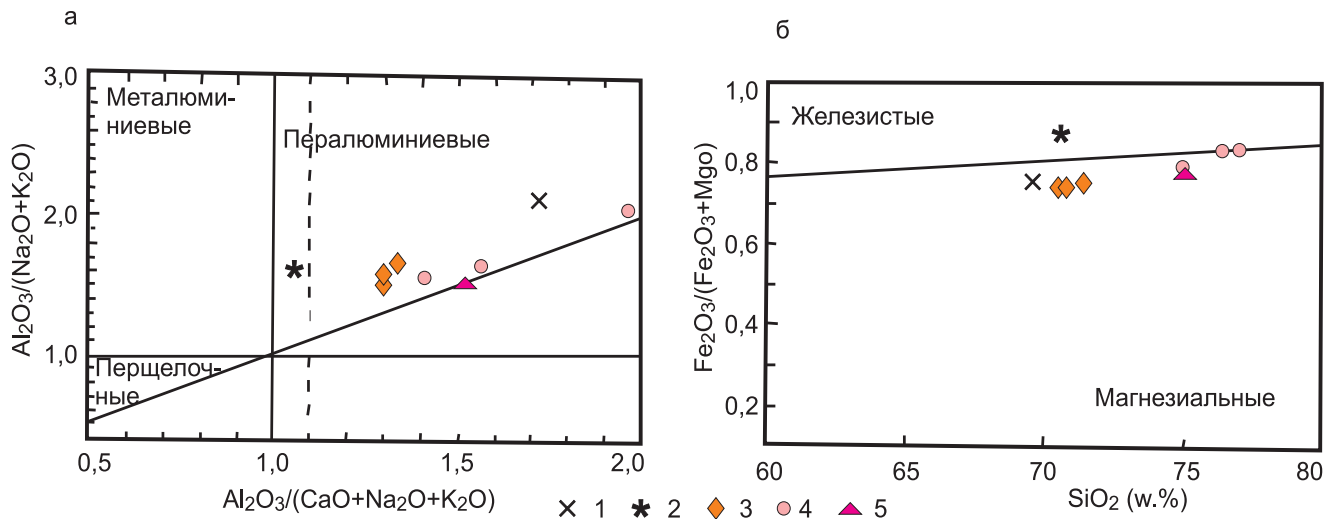


Рис. 4. Диаграммы $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O) - Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ (а) по [12] и $Fe_2O_3/(Fe_2O_3+MgO) - SiO_2$ (б) по [17] для пород Кедрово-Коргончиковского рудного поля

1 – низщелочной риодацит; 2 – натрий-калиевый риодацит; 3 – натрий-калиевые трахириодациты; 4 – риолиты; 5 – трахириолиты

(2,1–26,2) и легких к средним (1,94–11,8), указывающая на дифференцированный тип распределения РЗЭ. Уран-ториевые отношения колеблются в узких пределах (0,27–0,35), что свидетельствует о незначительных вторичных изменениях пород. Тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов (ТЭФ РЗЭ) W-типа варьирует от 0,29 до 0,68 (граничное значение менее 0,9), подчеркивая существенную роль магматогенных флюидов в расплавах, обогащенных летучими компонентами (H_2O , CO_2 , S или H_2S) [2]. Обилие летучих компонентов в расплавах создавало условия для формирования в последующем золото-серебряного и медно-молибден-золото-порфирирового оруденения и обеспечивало интенсивные вторичные изменения, выразившиеся в формировании кварцитов и аргиллизитов.

На классификационных диаграммах породные типы анализируемых образований локализуются в областях пералюминиевых и в большинстве случаев магнезиальных, за исключением натрий-калиевого риодацита, который попадает в поле железистой серии (рис. 4).

Интерпретация полученных результатов

Соотношение La/Nb и Ce/Y в породах Кедрово-Коргончиковского рудного поля показывает тренд, близкий к происхождению их в результате смешения мантийного расплава с коровым материалом (рис. 5, а). Мантийную природу процессов вдоль Тигерекского разлома подтверждают базитовые дайки, а также повышенные концентрации РЗЭ и золота. На пути подъема расплавов из глубинных мантийных очагов, вероятно, происходила коровая контаминация, о чем свидетельствуют значительные негативные корреляции отношений Nb/La и La/Sm (см. рис. 5, б).

Указанная контаминация коровым материалом подтверждается также высокими отношениями

Nb/U (3,8–5,9) и сильно варьирующими отношениями Nb/La (0,12–0,66), отличающимися от средних значений в континентальной коре (3,91 и 0,40 соответственно) [15].

Определить возможные источники контаминации материала коры можно, используя экспериментальные диаграммы по плавлению различных пород по [8, 10, 11]. На этих диаграммах составы субвулканических и экструзивных пород Кедрово-Коргончиковского рудного поля попадают в поля или близки к грауваккам, амфиболитам и реже – фельзитическим пелитам нижней коры (рис. 6, а–в).

По соотношению кремнекислотности пород и индексу A/CNK фигуративные точки анализируемых составов пород близки к известково-щелочному тренду вулканических пород орогенных регионов; кроме того, они локализуются вблизи среднего состава палеозойских граувакк (см. рис. 6, г).

Результатом становления вулканогенных и экструзивных пород участка стало формирование различных типов оруденения, из которых важнейшее значение имеют эпитермальное золото-серебряное и медно-молибден-золото-порфирировое. В верховьях ручьев Коргончик, Кедровый и истоков Подъемного ручья во вмещающих риолитах, трахириолитах коргонской свиты, тектонически контактирующих с субвулканическими риолитами и риодацитами, закартирована мощная (1×6 км), ориентированная в западно-северо-западном направлении зона вторичной кварцитовой ассоциации. Кварц-серицитовые метасоматиты, близкие к аргиллизитам (с диккитом и монтмориллонитом), преимущественно в северо-западной части зоны и вторичным кварцитам главным образом в юго-восточной сопровождаются шлиховыми ореолами и единичными знаками золота по всей площади. Постепенно выклинивающаяся в юго-восточном направлении, полоса кварцитов прослежена до р. Кумир еще на 4 км. В коренном

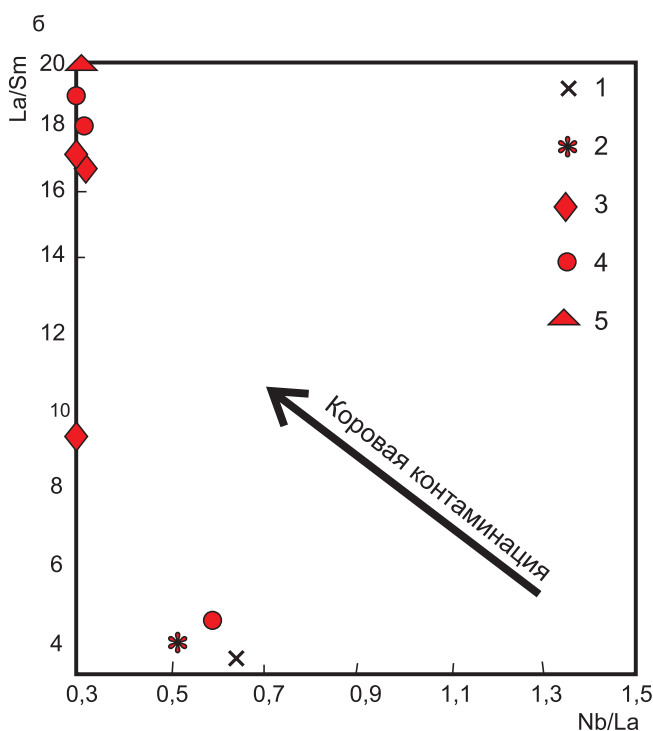
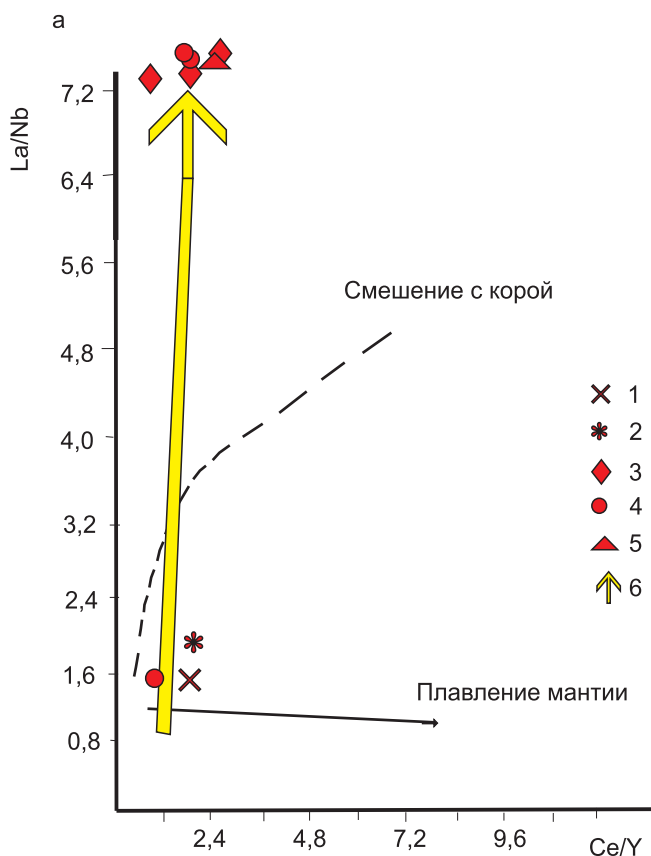


Рис. 5. Диаграммы соотношений La/Nb – Ce/Y (а) и Nb/La – La/Sm (б) по [13] для пород Кедрово-Коргончиковского рудного поля
Усл. обозн. см. на рис. 4

залегании повышенные содержания золота установлены в мощной (более 5 м) зоне кварца и карбонатов: золота 3–13,5 г/т, серебра 65–960 г/т, меди 1–2,2 %.

Параметры зоны общей протяженностью около 10 км с высокими содержаниями благородных металлов впечатляют и позволяют рекомендовать проведение в ее пределах детальных поисково-оценочных работ.

Детальное изучение этой залежи интересно по следующим причинам:

- 1) размещение залежи среди вулканических пород с аномально высокими значениями фоновой золотоносности (0,2–0,3 г/т);
- 2) отсутствие в районе интрузивных массивов, на постмагматической стадии которых могли бы формироваться золотосодержащие кварц-карбонат-серицитовые метасоматиты, слагающие залежь;
- 3) пространственная приуроченность залежи к зоне глубинного Тигерекского разлома.

Приведенные данные позволяют высказать предположение об участии в формировании залежи золотоносных кварц-карбонат-серицитовых метасоматитов рудоносных мантийных (интрателлурических) флюидов с аномальными параметрами и комплексным составом летучих компонентов.

В северо-западной части района в верховьях руч. Озерный среди аргиллизированных и пропилитизированных вулканитов отмечены проявления с содержаниями золота 2–10 г/т, меди 0,5–1,2 %, молибдена 0,05–0,2 %, серебра 50–1250 г/т; в суб-

вулканических дайках риолитов с сульфидами содержание Au составляет 0,8–2,6 г/т.

К этой же полосе метасоматитов приурочены перспективные проявления эпитермального золото-серебряного состава, а также золото-молибден-медно-порфиорового типа, представляющие единую рудно-магмо-метасоматическую систему. Это позволяет выделять в указанном районе потенциальное Кедрово-Коргончиковское рудное поле. В нем вот уже 3-й год ведет поисковые работы с бурением до глубины 200 м отряд московского объединения ООО ORE MARA.

В целом приведенные факты указывают, что рудообразование в Кедрово-Коргончиковском потенциальном рудном поле несет в себе черты не только коровых, но и мантийных процессов [1]. Формирование этого объекта следует рассматривать с учетом мантийного фактора, т. е. с позиций нелинейной металлогении [6], предполагающей непосредственное участие рудоносных мантийных (интрателлурических) флюидов в процессах мантийно-корового рудогенеза.

По нашему мнению, указанный район представляет собой уникальный объект совмещения процессов мантийного воздействия с участием интрателлурических флюидов мантийной природы на всех стадиях формирования эпитермального золото-серебряного, медно-молибден-золото-порфиорового и предполагаемого крупнообъемного оруденения, связанного с глубинными разломами, несущими черты мантийной природы. Это находится в прямой связи с рекомендациями Государствен-

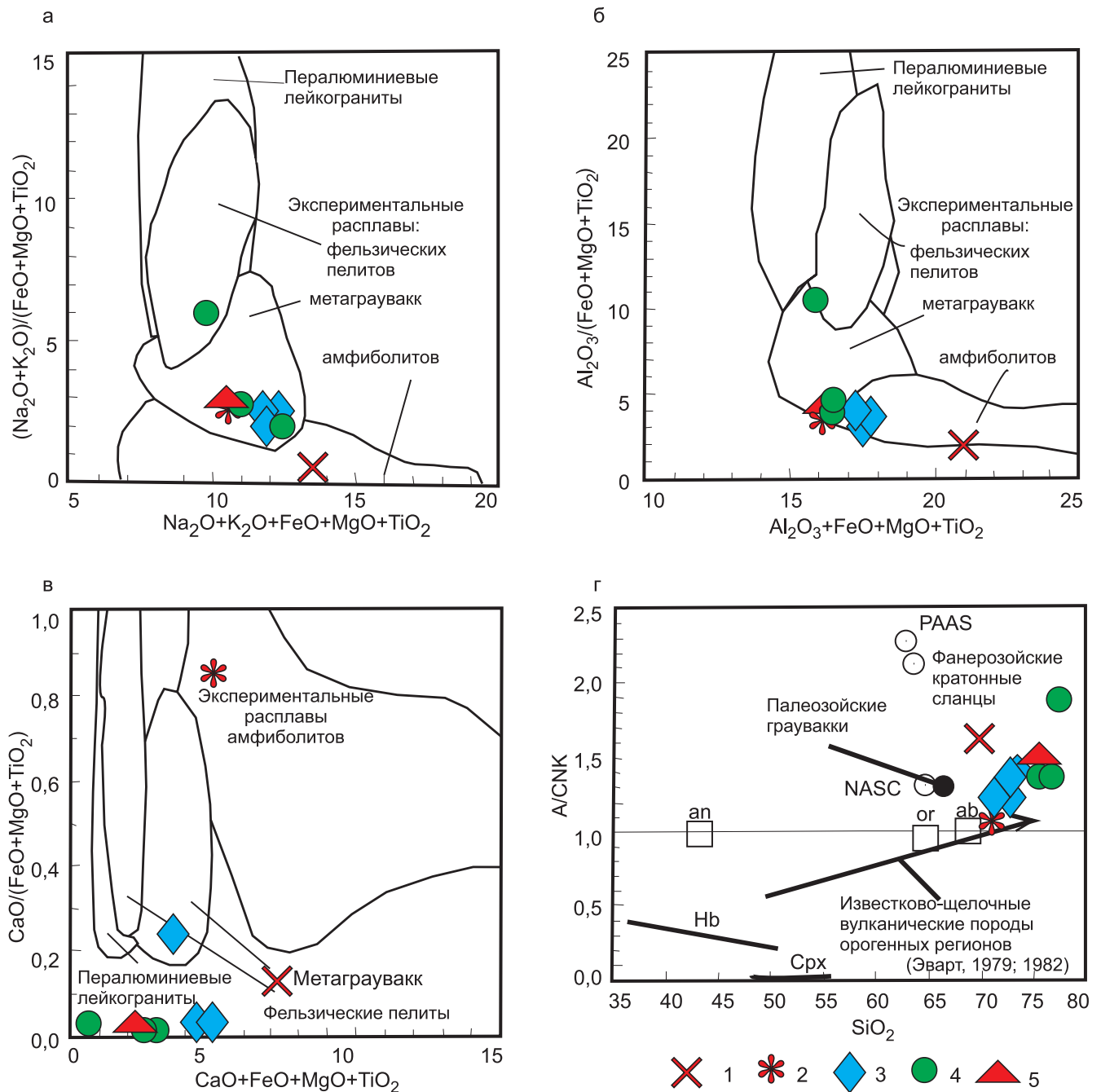


Рис. 6. Экспериментальные диаграммы для субвулканических и экструзивных пород Кедрово-Коргончиковского рудного поля: а–в – композиционных экспериментальных расплавов из плавления фельзических пелитов (мусковитовых сланцев), метаграувакк и амфиболитов; г – диаграмма $\text{SiO}_2 - \text{A/CNK}$. Тренд известково-щелочного фракционирования вулканических пород орогенных регионов по [8, 10, 11]; А – Al_2O_3 , CNK – сумма CaO , Na_2O , K_2O ; an – анортит, or – ортоклаз, ab – альбит, Hb – роговая обманка; PAAS – постаршейская средняя австралийская осадочная порода; NASC – североамериканский континентальный сланец. Остальные усл. обозн. см. на рис. 4

ной геологической службы МПР России за 2001 г. В условиях истощения минерально-сырьевой базы в известных золоторудных районах России одной из важных задач, обеспечивающих устойчивое развитие золотодобывающей отрасли, является проведение геолого-разведочных работ, ориентированных на выявление крупных месторождений с рядовыми и бедными рудами [3], т. е. крупнообъемных. Подобный положительный опыт имеется в соседнем регионе, где проведена оценка на такой тип золотого оруденения зоны золотоносных березитоподобных

метасоматитов, развитых в калтасском зеленосланцевом комплексе раннего рифея в пределах Федоровско-Магызы-Калтасской структурно-металлогенической зоны Кузнецко-Алатауского золоторудного пояса Алтае-Саянской складчатой области [4, 5].

Выводы

Субвулканические и экструзивные образования Кедрово-Коргончиковского района относятся к пералюминиевой серии пород и преимущественно к магнезиальной. Они формировались в результа-

те мантийно-корового взаимодействия с контаминацией нижнекорового компонента, последний, в свою очередь, – в результате процессов плавления граувакк и амфиболитов. Глубинные очаги характеризуются высокими концентрациями летучих компонентов, преимущественно H_2O , CO_2 , S или H_2S , которые обеспечивали интенсивные процессы аригиллизации, пропицитизации вулканитов и образование вторичных кварцитов, а также перенос металлов в гидротермальных растворах. Комплекс этих процессов приводил к формированию эпитеpmальных Au-Ag, Cu-Mo-Au-порфировых, редкоземельных и крупных протяженных совмещенных в пространстве залежей, сформированных под воздействием мантийных (интрателлурических) флюидов, приуроченных к глубинному Тигерекскому разлому. В Кедрово-Коргончиковском районе имеются возможности обнаружения крупнообъемных золоторудных месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев А. И., Коробейников А. Ф. Факторы мантийно-корового взаимодействия в магматогенных флюидах рудогенерирующих систем // Изв. ТПУ. – 2009. – Т. 315, № 1. – С. 11–18.
2. Гусев А. И., Табакаева Е. М. Магматизм и эпитеpmальное Ag-Au оруденение Красноярского рудного поля Горного Алтая // Изв. ТПУ. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 1. – С. 26–38.
3. Караганов В. В. Итоги работы государственной геологической службы за 2001 г. и приоритетные направления деятельности МПР России в развитии минерально-сырьевой базы России и ее континентального шельфа в 2002 г. // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2002. – № 1–2. – С. 4–11.
4. Шепель А. Б., Гавриленко М. Е. Петрохимические особенности оруденения и вопросы генезиса Кедровского большеобъемного золоторудного проявления нетрадиционного типа (Кузнецкий Алатау) // Золото и технологии. – 2017. – № 2 (36). – С. 84–94.
5. Шепель А. Б., Белоножко Е. А., Гавриленко М. Е. Поисковые критерии крупных большеобъемных золоторудных месторождений нетрадиционного типа // Золото и технологии. – 2015. – № 2 (28). – С. 95–104.
6. Щеглов А. Д., Говоров И. Н. Нелинейная металлогения и глубины Земли. – М.: Наука, 1985. – 325 с.
7. Anders E., Greevesse N. Abundances of the elements: meteoric and solar // Geochim. et Cosmochim. Acta. – 1989. – Vol. 53. – P. 197–214.
8. Barbarin B. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments // Lithos. – 1999. – Vol. 46, issue 3. – P. 605–626.
9. 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. et

Cosmochim. Acta. – 1999. – Vol. 63, no. 3/4. – P. 489–508.

10. Ewart A. A review of the mineralogy and chemistry of Tertiary–Recent dacitic, latitic, rhyolitic and related salic rocks // Trondjemites, Dacites and Related Rocks. – Amsterdam, 1979. – P. 13–121.

11. Ewart A. The mineralogy and petrology of Tertiary–Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range // Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks. – Chichester, 1982. – P. 25–95.

12. Maniar P. D., Piccoli P. M. Tectonic discrimination of granitoids // Geol. Soc. Amer. Bull. – 1989. – Vol. 101. – P. 635–643.

13. Nb and Pb in oceanic basalts – new constraints on mantle evolution / A. W. Hofmann, K. P. Jochum, M. Seufert, W. M. White // Earth Planet. Sci. Lett. – 1986. – Vol. 79. – P. 33–45.

14. Porphyry to epithermal transition at the Rongna Cu-(Au) deposit, Tibet: Insights from H-O isotopes and fluid inclusion analysis / X.-N. Zhang, G.-M. Li, K.-Z. Qin, et al. // Ore Geology Reviews. – 2020. – Vol. 123. – P. 103–585.

15. Rudnick R. L., Gao S. Composition of the continental crust // Treat. Geochem. – 2003. – Vol. 3. – P. 1–64.

16. Structural control on overprinting high-sulfidation epithermal on porphyry mineralization in the Chodarchay deposit, northwestern Iran / N. Yasami, M. Ghaderi, S. Madanipour, B. Taghilou // Ore Geology Reviews. – 2017. – Vol. 86. – P. 212–224.

17. Villaseca C., Barbero L., Herreros V. A re-examination of the typology of peraluminous granite types in intracontinental orogenic belts // Trans. of Royal Soc. of Edinburg Earth Science. – 1998. – Vol. 89. – P. 113–119.

REFERENCES

1. Gusev A.I., Korobeynikov A.F. [Factors of mantle-crust interaction in magmatogene fluids of ore parent systems]. *Izvestiya Tomskogo Polytekhnikeskogo Universiteta – Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2009, vol. 315, no. 1, pp. 11–18. (In Russ.).
2. Gusev A.I., Tabakaeva E.M. [Magmatizm and epithermal Ag-Au ore mineralization of Krasnoyarsk gold ore field of Gorny Altai]. *Izvestiya Tomskogo Polytekhnikeskogo Universiteta – Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2019, vol. 330, no. 1, pp. 26–38. (In Russ.).
3. Karaganov V.V. [Results of the work of the State Geological Survey for 2001 and key priorities of the MNR of Russia in the development of the mineral resource base of Russia and its continental shelf in 2002]. *Mineralnyye Resursy Rossii. Ekonomika i Upravleniye – Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 2002, no. 1–2, pp. 4–11. (In Russ.).
4. Shepel A.B., Gavrilenko M.E. [Petrochemical features of mineralization and genesis questions of the Kedrovsky large-volume gold ore exposure of uncon-



ventional type (Kuznetsk Alatau)]. *Zoloto i tekhnologii*, 2017, no. 2 (36), pp. 84–94. (In Russ.).

5. Shepel A.B., Belonozhko E.A., Gavrilenko M.E. [Prospecting criteria for major large-volume gold ore fields of unconventional type]. *Zoloto i tekhnologii*, 2015, no. 2 (28), pp. 95–104. (In Russ.).

6. Shcheglov A.D., Govorov I.N. *Nelineynaya metallogeniya i glubiny Zemli* [Non-linear metallogeny and deep subsurface of the Earth]. Moscow, Nauka Publ., 1985. 325 p. (In Russ.).

7. Anders E., Greevesse N. Abundences of the elements: meteoric and solar. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1989, vol. 53, pp. 197–214.

8. Barbarin B. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. *Lithos*, 1999, vol. 46, issue 3, pp. 605–626.

9. 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. et Cosmochim. Acta*, 1999, vol. 63, no. 3/4, pp. 489–508.

10. Ewart A. A review of the mineralogy and chemistry of Tertiary–Recent dacitic, latitic, rhyolitic and related salic rocks. *Trondjemites, Dacites and Related Rocks*. Amsterdam, 1979, pp. 13–121.

11. Ewart A. The mineralogy and petrology of Tertiary–Recent orogenic volcanic rocks: with special ref-

erence to the andesitic-basaltic compositional range. *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*, Chichester, 1982, pp. 25–95.

12. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 1989, vol. 101, pp. 635–643.

13. Hofmann A.W., Jochum K.P., Seufert M., White W.M. Nb and Pb in oceanic basalts – new constraints on mantle evolution. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1986, vol. 79, pp. 33–45.

14. Zhang X.-N., Li G.-M., K.-Z.Qin, et al. Porphyry to epithermal transition at the Rongna Cu-(Au) deposit, Tibet: Insights from H-O isotopes and fluid inclusion analysis. *Ore Geology Reviews*, 2020, vol. 123, pp. 103–585.

15. Rudnick R.L., Gao S. Composition of the continental crust. *Treat. Geochem.*, 2003, vol. 3, pp. 1–64.

16. Yasami N., Ghaderi M., Madanipour S., Taghiloou B. Structural control on overprinting high-sulfidation epithermal on porphyry mineralization in the Chodarchay deposit, northwestern Iran. *Ore Geology Reviews*, 2017, vol. 86, pp. 212–224.

17. Villaseca C., Barbero L., Herreros V. A re-examination of the typology of peraluminous granite types in intracontinental orogenic belts. *Trans. of Royal Soc. of Edinburg Earth Science*, 1998, vol. 89, pp. 113–119.

© А. И. Гусев, 2022