

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПЕТРОЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И РУДОНОСНОСТИ
СУБВУЛКАНИЧЕСКИХ ПЛАГИОГРАНИТОИДОВ ЩЕБНЮХИНСКОГО
МАССИВА ГОРНОГО АЛТАЯ**

Гусев А.И., Гусев Н.И.*, Беликова Р.М., Шубин Т.М.

Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, г. Бийск, E-mail - anzerq@mail.ru

**ФГУП «Всероссийский геологический исследовательский институт им. А.П. Карпинского», Россия, Санкт-Петербург, E-mail: Nicolay_Gusev@mail.ru*

Приведены данные о петрографии, возрасте, петрологии и геохимии субвулканических гранитоидов Щербнохинского массива Горного Алтая. Массив сложен плагиогранит-порфирами, риолитами, риодацитами и плагиолейкогранитами. Они отличаются по микроэлементному составу от адакитовых гранитоидов плагиоряда. Возраст гранитоидов варьирует от 413 до 399 млн. лет (от лохковского до эмского ярусов раннего девона). Породы массива формировались в процессе смешения мантийного и корового субстратов. Плавлению подвергались амфиболиты и граувакки нижней коры. В породах проявлен тетрадный эффект фракционирования $R3Э W$ – типа. Пространственно и парагенетически с породами Щербнохинского массива связаны перспективные эпитермальные золото-серебряные и золото-медно-порфировые проявления. Выявлена перспективная зона аргиллизитов и кварцитов с сульфидной минерализацией мощностью от 20 до 45 м и протяжённостью до 10 км, представляющая крупно-объёмный объект с медно-золото-серебряным оруденением, требующим доизучения.

Ключевые слова: *плагиогранит-порфиры, плагиолейкограниты, мантийно-коровое взаимодействие, плавление амфиболитов и граувакк, тетрадный эффект фракционирования $R3Э W$ – типа, эпитермальное оруденение, золото, серебро, медь.*

Введение

Субвулканические образования в составе коргонской свиты раннего-среднего девона довольно широко распространены в пределах Коргоно-Холзунской зоны (Инской, Щербнохинский, Сергеевский, Шумишкинский, Сибирячихинский и другие массивы). Актуальность их изучения определяется тем, что в контактах этих магматитов нередко отмечается оруденение железа, меди, золота, серебра, редких земель и других металлов. Цель исследования – изучение петрологии и геохимии Щербнохинского субинтрузивного массива, расположенного вблизи известных Коргонского, Тимофеевского железорудных и кобальтового Владимирского месторождений на Алтае.

Материалы и методы

Полевые работы с отбором проб проведены в 2020-2023 годах в составе экспедиции, организованной членами РГО Бийского отделения. Петрографическое описание шлифов породных типов Щербнохинского массива выполнено А.И. Гусевым на микроскопе ПОЛАМ РП-1 в Лаборатории Петрологии и металлогении золота Алтайского государственного педагогического университета, Бийского филиала им. В.М. Шукшина. Определение химических элементов в породах и минералах проводилось методом ICP-MS и ICP-AES в лаборатории ВСГЕИ (г. Санкт-Петербург), а также количественным спектральным методом в Лаборатории ИГиМ СО РАН (г. Новосибирск). Определение абсолютного возраста уран-свинцовым методом по циркону (SHRIMP II) осуществлялось в лаборатории ВСГЕИ (г. Санкт-Петербург). Графики строились с использованием программы ISOPLOT/EX.

Результаты

Щербнохинский массив локализован в верховьях рек Коргончик, Щербнохи и ручья Подъёмного. Он прорывает эффузивные и экстррузивные образования ранне-девонского

коргонского комплекса (рис. 1). В его составе преобладают лейкоплагиограниты и редкие выходы плагиогранит-порфиров. В тектоническом отношении район Щербноухинского массива приурочен к зоне сочленения субширотного Тигерекского разлома и примыкающих к нему сбросо-сдвигов северо-западной ориентировки.

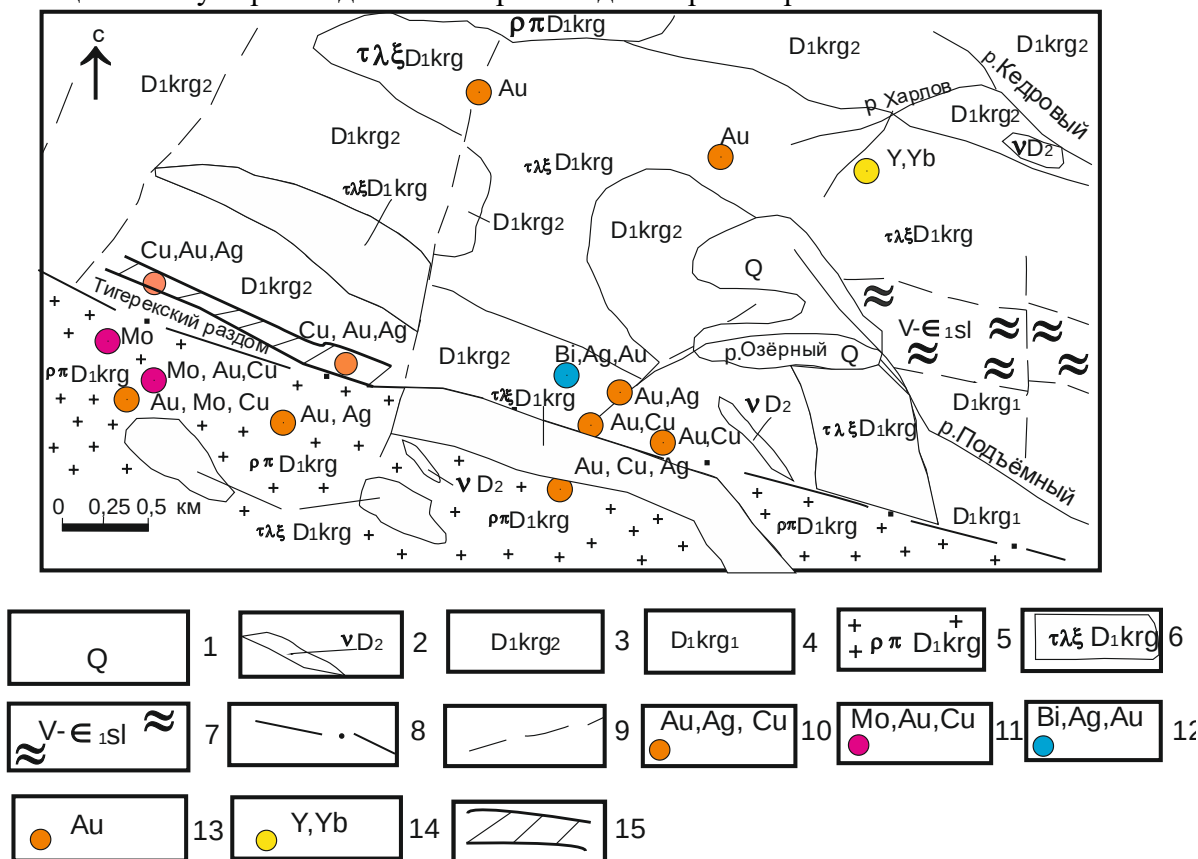


Рис.1. Схематическая геологическая карта и полезные ископаемые Кедрово-Коргончиковского золоторудного поля (составлена Гусевым А.И.)

1- Неразделённые отложения квартера; 2- дайки габброидов среднедевонского возраста; 3- туфы, лавы, дацитов, трахидацитов, андезидацитов, андезитов, андезибазальтов, реже риолитов средне-коргонской подсвиты; 4- туфы, игнимбриты, лавы, дацитов, риодацитов, риолитов нижней подсвиты коргонской свиты; 5- субвулканические образования плагиогранит-порфиров, лейкоплагиогранитов, риолитов, риодацитов Щербноухинского массива; 6- экструзии трахириодацитов, трахириолитов; 7- серицит-хлоритовые, серицит-хлорит-кварцевые сланцы шельдянской свиты; 8- Тигерекский разлом; 9- прочие разломы; рудные проявления: 10- эпитермальные золото-серебряные; 11- медно-молибден-золото-порфировые; 12- жильные проявления висмута, серебра, золота; 13- жильные золото-сульфидно-кварцевые; 14- жильные кварц-редкоземельные; 15- зона аргиллизитов и кварцитов с медно-золото-серебряным оруденением.

2- Fig. 1. Schematic geological map and mineral resources of Kedrov-Korgonchik gold ore field (compiled by Gusev A.I.)

1- Non divided depositions of quarter; 2- dikes of gabbro Middle Devonian age; 3- tuffs, lavas of dacites, trakhidacites, andezi-dacites, andezites, andezi-basalts, seldom rhyolites of Middle Korgon under suite; 4- tuffs, ignimbrites, lavas of dacites, rhiodacites, rhyolites Lower under suite Korgon suite; 5- subvolcanic formation plagiogranite-porphyrates, leucoplagiogranites, rhyolites, rhyodacites of Schebnuha massif; 6- extrusives trakhirhyodacites, trakhirhyolites; 7- sericite-chlorite, sericite-chlorite-quartzitic shales Sheldyan suite; 8- Tigirek fault; 9- other faults; Ore manifeststions: 10- epithermal gold-silfer; 11- copper-molybdenum-gold-porphyrates; 12- vein manifestations of bismuth, silver, gold; 13- vein gold-sulfide-

quartzitic; 14- vein quartz-rare earth elements; 15 – zone of argillites and quartzite with copper-gold-silver ore mineralization.

Породы плагиогранитного ряда характеризуются неравномерной раскристаллизацией, часто имеют порфировую и неравномернотекстурированную структуру, микрографическую структуру основной массы, а краевая фация слагаемых ими тел нередко представлена фельзитами. В то же время, в них нередко проявлена катакlastическая и бластокатакlastическая структура, сланцевато-гнейсовидная текстура. Отмечается обилие метасоматически переработанных ксенолитов, шпир, пятен измененных ороговикованных пород. Данные породы сложены альбитом, олигоклазом (60-70%), кварцем (25-40%), иногда присутствует биотит (нередко зеленый), реже амфибол актинолитового типа и более поздний решетчатый микроклин (до 10%). Акцессорные минералы представлены сфеном, апатитом, магнетитом, цирконом, гранатом. Обычно развит хлорит, серицит, реже карбонат. По уровню кремнекислотности данные породы иногда варьируют до диоритоидов, но чаще соответствуют лейкократовым плагиогранитам. Химический состав пород плагиогранитного ряда характеризуется высокой натриевостью ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ – 3,9 в плагиогранитах и 7,5 в плагиолейкогранитах) и повышенной глиноземистостью (индекс Шенда – 1,13 в плагиогранитах и 1,05 в плагиолейкогранитах), пониженными содержаниями Ga (13,7 г/т), Rb (от 2,8 до 25,5 г/т), Ba (от 140 до 175 г/т) Sr (от 10,5 до 212 г/т) и высокими - Zr (от 175 до 185 г/т), Nb (от 9,2 до 9,7 г/т), Y (от 28,5 до 34,6 г/т), РЗЭ (128,7 г/т) и наличии европиевого минимума. Для всех типов пород характерны низкие отношения Sr к Yb (от 0,34 до 6,7). По распределению РЗЭ данные породы приближаются к дацитам и плагиориодацитам коргонского комплекса, при этом, как и последние, по содержанию легких лантаноидов они близки к плагиогранитам внутриплитных обстановок, а по содержанию тяжелых редких земель – к плагиогранитам островных дуг. Химический состав пород Щебнюхинского массива представлен в табл. 1.

Таблица 1

Представительные анализы пород Щебнюхинского массива (оксиды в мас. %, элементы в г/т, Au в мг/т)

Table 1

Representative analysis of rocks Schebnuha massif (oxide in mas. %, elements in ppm, Au in mg/t)

Компоненты/ Components	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	70,23	70,1	76,26	77,7	75,91	77,37
TiO ₂	0,69	0,65	0,34	0,17	0,23	0,2
Al ₂ O ₃	13,8	13,82	12,36	11,65	13,51	12,1
FeO _t	4,89	4,9	3,14	1,72	2,89	2,75
MnO	0,03	0,04	0,03	0,05	0,03	0,03
MgO	1,55	1,56	0,28	0,26	0,63	0,27
CaO	0,48	0,45	0,17	0,53	0,12	0,1
Na ₂ O	4,2	5,1	7,19	6,96	6,29	6,22
K ₂ O	2,48	1,56	0,14	0,13	0,31	0,54
P ₂ O ₅	0,12	0,13	0,031	0,03	0,03	0,03
Sc	15,7	53,7	9,2	7,3	10,0	9,9
V	9,5	8,5	8,5	8,1	7,8	8,0
Co	3,8	4,2	2,9	1,2	1,3	3,0
Cu	15,0	11,1	9,2	7,7	7,4	10,5
Zn	11,3	19,2	9,1	6,5	6,3	9,2
Li	8,5	7,5	9,0	4,4	6,4	3,2
Rb	25,5	4,37	2,8	3,3	6,0	10,0
Cs	0,5	2,06	5,5	7,8	7,7	8,9

Sr	212	20	10,5	13,4	14,1	12,0
Ba	175	8,2	150	140	150	170
La	26,6	100,39	120	24,2	27,0	100,05
Ce	52,2	27,6	43,5	46,4	53,0	47,5
Pr	6,2	7,5	9,2	5,5	6,1	9,4
Nd	22,1	39,5	45,8	19,3	21,4	51,8
Sm	4,2	8,1	9,5	3,8	3,8	10,0
Eu	0,8	1,1	1,2	0,8	0,7	2,2
Gd	4,6	7,2	7,3	3,9	4,3	7,6
Tb	0,7	1,2	1,2	0,6	0,6	2,0
Dy	4,2	5,2	5,4	3,8	3,8	5,6
Ho	0,9	1,1	1,3	0,8	0,8	1,2
Er	2,7	3,0	3,2	2,4	2,3	3,3
Tm	0,4	0,5	0,52	0,4	0,4	0,51
Yb	2,7	2,8	5,7	2,5	2,6	7,2
Lu	0,4	0,7	0,72	0,3	0,4	0,74
U	2,1	1,6	1,9	2,5	2,0	2,1
Th	8,7	4,0	5,5	8,5	6,4	8,0
Hf	5,1	4,0	7,9	10,6	9,3	11,2
Ta	0,8	0,65	0,7	0,8	0,8	0,67
Y	31,6	34,1	28,5	29,6	34,6	35,3
Ga	13,7	13,2	15,2	12,6	14,3	11,8
Nb	10,3	10,1	9,4	9,6	9,9	10,2
Zr	171	172	178	179	178	180
Mo	2,2	2,3	1,4	2,1	1,5	2,2
Sn	3,1	3,2	1,8	2,0	1,9	3,1
W	1,6	1,8	1,3	1,2	1,5	1,7
Au	240	238	187	190	195	180
Ag	23,5	23,4	12,9	13,0	12,7	10,3
U/Th	0,24	0,4	0,34	0,29	0,31	0,26
(La/Yb) _N	6,5	23,7	13,9	6,39	6,85	9,18
Sr/Y	6,7	0,59	0,37	0,45	0,41	0,34

Примечание. 1, 2- плагиогранит-порфиры, 3- 6- лейкоплагиограниты.

Notes. 1-2 – plagiogranite-porphyrtes, 3-6 – leucoplagiogrinites.

Отношение U/Th в породах варьирует от 0,24 до 0,4, указывая на относительно свежий не изменённый наложенными процессами облик анализируемых пород. Нормированные отношения к хондриту (La/Yb)_N в породах колеблются от 6,5 до 23,7, указывающие на дифференцированный тип распределения РЗЭ. Отношения Sr/Y в породах весьма низкие, в отличие от натровых адакитовых гранитоидов [Гусев, 2014].

В породах массива отмечаются повышенные концентрации золота и значительные колебания металла от 180 до 240 мг/т, при относительно низких содержаниях серебра (от 10,3 до 23,5 г/т). Обращают на себя внимание аномально высокие содержания золота в плагиогранит-порфирах, свидетельствующие о потенциально золоторудной специализации субвулканического ряда.

Датирование U-Pb методом по циркону (SHRIMP II) возраста плагиогранитов, плагиогранит-порфиров, риолитов и риодацитов Щербноухинского массива показало значения 413±5, 410±5, 406±6, 405±9, 399±5 млн. лет [Гусев, 2015] (рис. 2), что соответствует раннему девону на уровне лохковского и эмского ярусов.

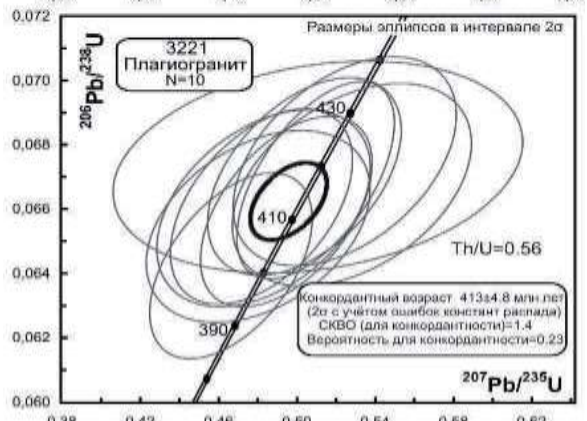
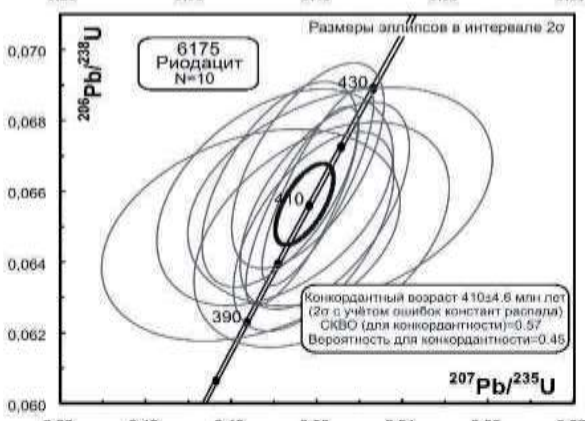
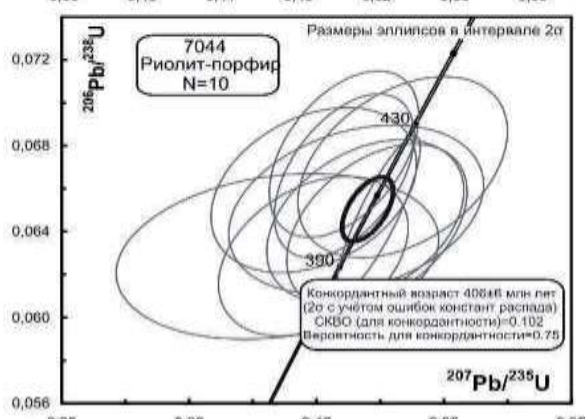
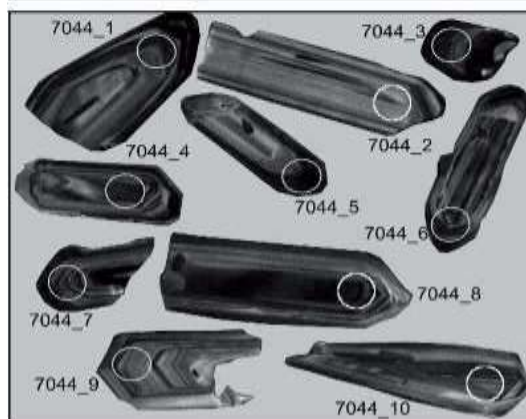
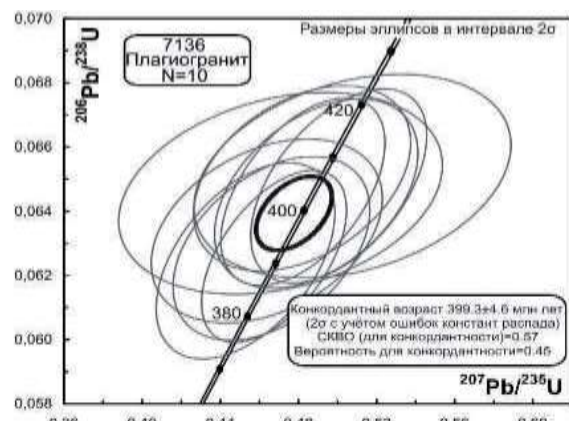
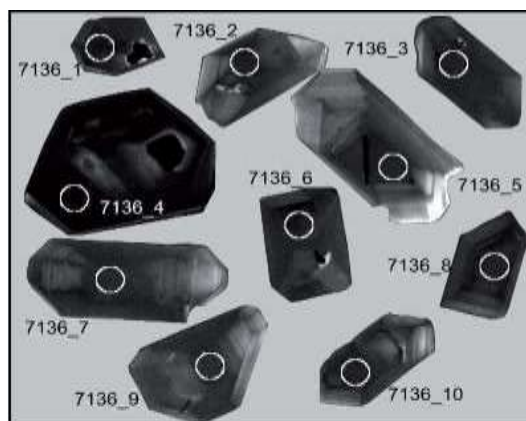


Рис. 2. Католюминесцентные изображения циркона и результаты определения его возраста в породах Щебнухинского массива

Fig. 2. Cathodoluminescence (CL) images of zircon and results defining of it age in rocks of Schebnuha massif

В связи с тем, что плагиогранит-порфиры имеют возраст на уровне лохковского яруса, то не исключено, что вмещающие вулканиты коргонской свиты могут иметь и более древний возраст (силурийский).

Интерпретация результатов

В связи с сильной дифференцированностью РЗЭ а породах Щебнюхинского массива выполнена проверка возможного проявления тетрадного эффекта фракционирования (ТЭФ) редких земель. Результаты расчётов ТЭФ и некоторых отношений элементов сведены в табл. 2.

Таблица 2

Отношения элементов и значения тетрадного эффекта фракционирования (ТЭФ) РЗЭ в породах Щебнюхинского массива

Table 2

Ratio of elements and values tetradic effect fractionation (TEF) REE in rocks of Schebnuha massif

Отношения эле-ментов и значения ТЭФ/ Ratio of elements and values TEF	1	2	3	4	5	6	Отношения в хондритах/ Ratio in chondrites
Y/Ho	31,0	35,11	21,92	37,0	43,25	29,42	29,0
Zr/Hf	46,25	35,88	22,53	16,89	19,34	16,16	36,0
La/Nb	8,7	10,57	40,52	8,0	8,66	34,52	30,75
La/Ta	332	154	171	30	34	149	17,57
Sr/Eu	18,2	265	8,8	16,8	20,1	5,4	100,5
Eu/Eu*	0,56	0,44	0,43	1,19	0,53	0,75	0,32
Sr/Y	6,7	0,59	0,37	0,45	0,41	0,34	4,62
TE _{1,3}	0,99	0,62	0,64	0,96	0,97	0,81	-

Примечание. TE_{1,3}- тетрадный эффект фракционирования РЗЭ (среднее между первой и третьей тетрадами) по В. Ирбер [Irber, 1999]; Eu*= (Sm_N+Gd_N)/2. Значения в хондритах приняты по [Anders, Greevesse, 1989].

Notes. TE_{1,3} – tetradic effect fractionation REE (middle between first and third tetrads after V. Irber [Irber, 1999]; Eu*= (Sm_N+Gd_N)/2. Values in chondrites accepted after [Anders, Greevesse, 1989].

Величина тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ во всех породах меньше 1, а несколько значений, меньших величины 0,9, следует рассматривать как значимые W-типа ТЭФ РЗЭ [Гусев, Гусев, 2011]. Известно, что W-тип ТЭФ РЗЭ обусловлен обогащённостью и активностью магматогенных флюидов аква-комплексами и гидроксил-комплексами, которые принимали участие в переносе металлов из глубинного очага к поверхности, где формировалось эндогенное оруденение различных металлов и в первую очередь – золота.

По соотношениям Y/Ho – TE_{1,3} видно, что с уменьшением отношений Y/Ho происходит уменьшение величины TE_{1,3} (рис. 3).

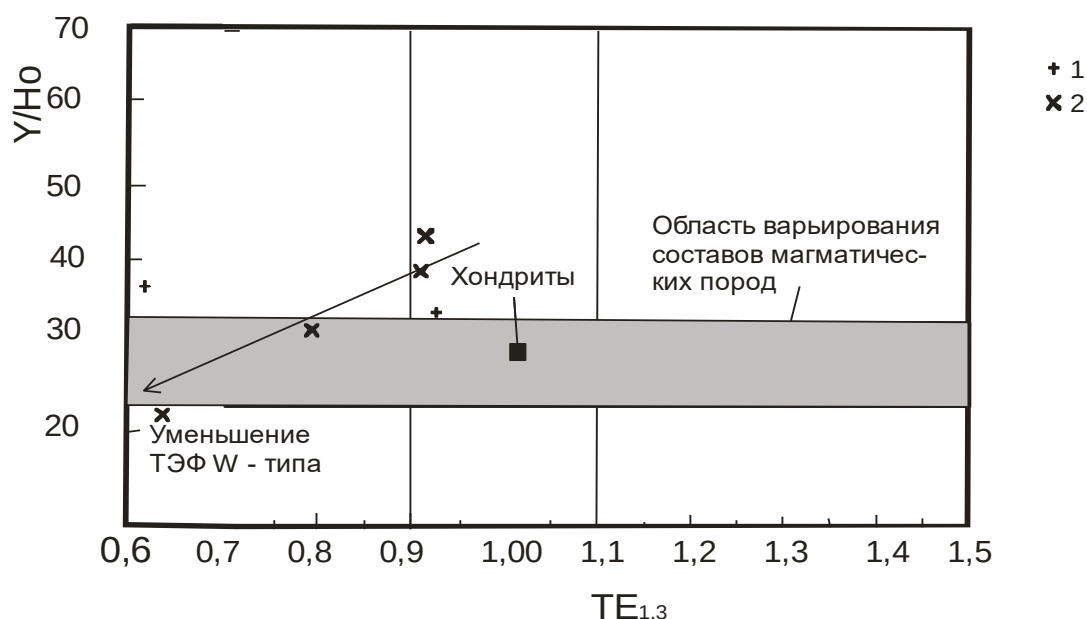


Рис. 3. Диаграмма $Y/Ho - TE_{1,3}$ для пород Щебнюхинского массива

1- Плагиигранит-порфиры, 2- лейкоплагииграниты.

2- Fig.3. Plot $Y/Ho - TE_{1,3}$ for rocks of Schebnuha massif

3- 1- plagiogranite-porphyrtes, 2 – leucoplagiogrinites

Аналогичная картина наблюдается для соотношений Eu/Eu^* и $TE_{1,3}$, где уменьшение величин Eu/Eu^* коррелируется с уменьшением значений $TE_{1,3}$ (рис. 4).

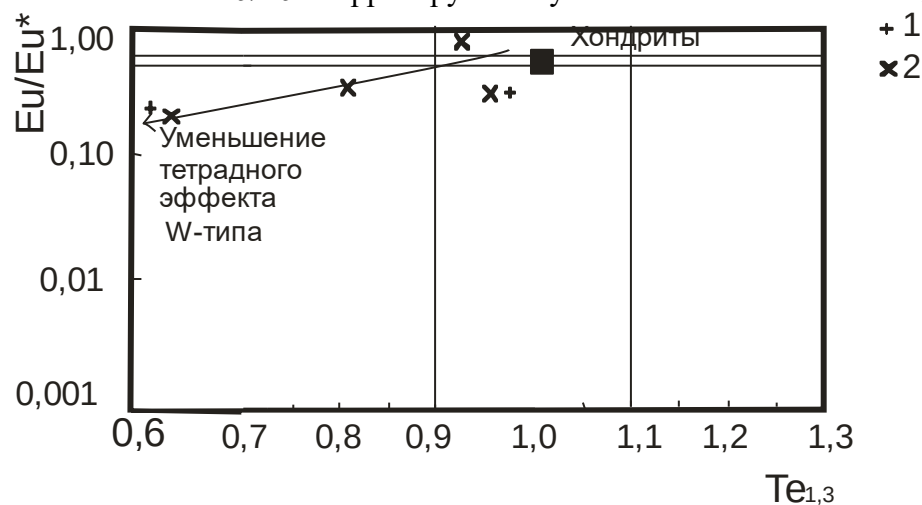


Рис. 4. Диаграмма $Eu/Eu^* - TE_{1,3}$ для пород Щебнюхинского массива

Условные на рис. 3.

Fig. 4. Plot $Eu/Eu^* - TE_{1,3}$ for rocks of Schebnuha massif

1- plagiogranite-porphyrtes, 2 – leucoplagiogrinites. Legend on fig. 3.

В целом отрицательная европиевая аномалия в породах Щебнюхинского массива может быть вызвана двумя причинами: 1- сепарацией калиевого полевого шпата в расплаве, за счёт того, что калиевый полевой шпат будет оставаться в рестите и связывать европий.

2. Европиевая негативная аномалия ($\epsilon \geq 95\%$ Eu деплетированием на рис. 3) для Щебнюхинского массива может быть объяснена традиционной сепарацией полевых шпатов в расплаве, хотя известна констатация позитивной аномалии Eu в коэффициенте распределения модели РЗЭ в расплавах. Установлено в последнее время, что первопричиной проявления тетрадного эффекта фракционирования РЗЭ в высоко эволюционированных гранитоидных магмах вызвано взаимодействием магма - флюид, которое создаёт не только деплетирование Eu в породах, но и также вызывает необычную

негативную аномалию во всех конституционных минералах, включая и калиевый полевой шпат [Zhao, 1993].

На экспериментальных диаграммах по плавлению различных источников фигуративные точки составов пород Щебнюхинского массива попадают в поле плавления амфиболитов и граувакк (рис. 5).

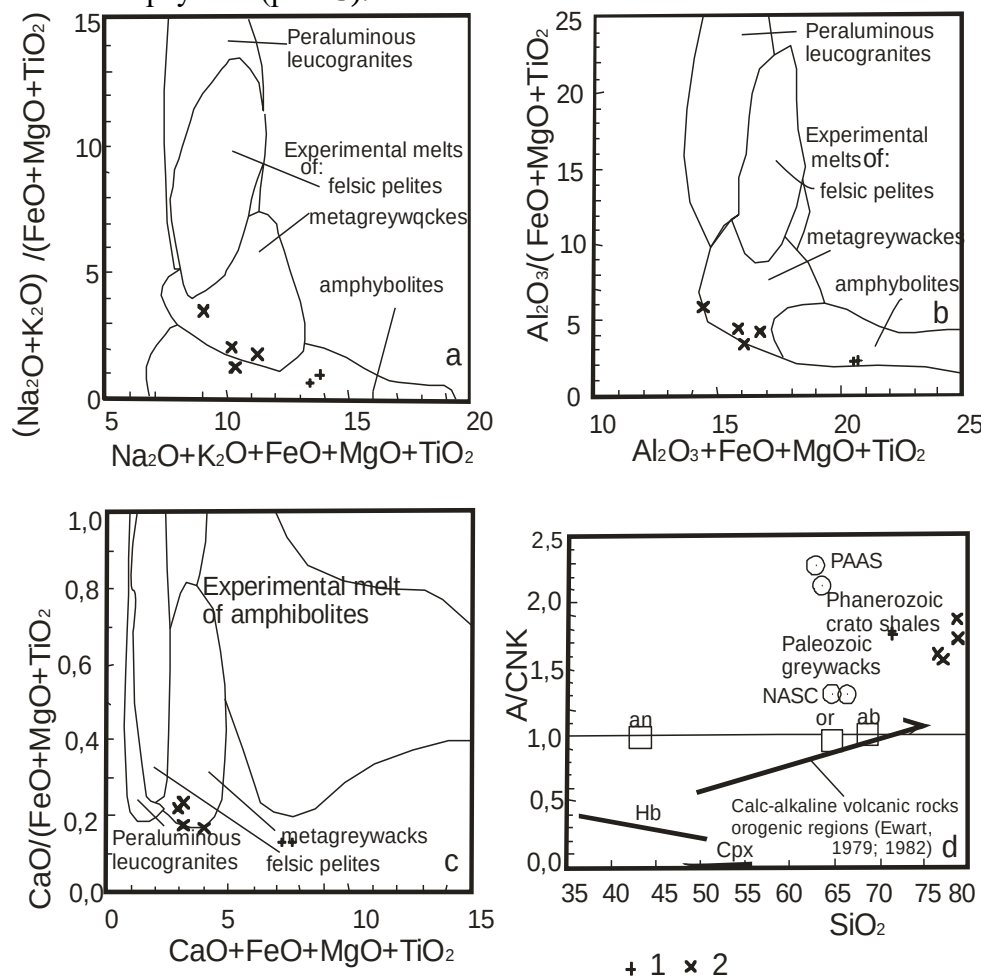


Рис. 5. Экспериментальные диаграммы: (a), (b), (c) – диаграммы композиционных экспериментальных расплавов из плавления фельзических пелитов (мусковитовых сланцев), метаграувакк и амфиболитов для пород Щебнюхинского массива; (d) – диаграмма SiO_2 – A/CNK) для пород Щебнюхинского массива. Тренд известково-щелочного фракционирования вулканических пород орогенных регионов, по [Ewart, 1979; Ewart, 1982]. A- Al_2O_3 , CNK – Сумма CaO, Na_2O , K_2O . Остальные условные те же, что на рис. 2.

Fig.5. Experimental plots: (a), (b), (c) – plots of composition experimental melts felsic pelites (muscovite shists), metagraywacke and amphibolites for rocks of Schebnuha massif; (d) - Plot SiO_2 – A/CNK) for rocks of Schebnuha massif. Trend calc-alkali fractionation volcanic rocks orogenic regions after [Ewart, 1979; Ewart, 1982].]. A- Al_2O_3 , CNK – sum CaO, Na_2O , K_2O . Legend in fig. 3,

По соотношению A/CNK – SiO_2 фигуративные точки пород близки к области плавления палеозойских граувакк и фанерозойских кратонных сланцев (рис. 5, d).

На диаграмме La/Nb – Ce/Y массива большая часть фигуративных точек составов пород ложатся на тренд смешения мантийных расплавов с коровым материалом (рис. 6).

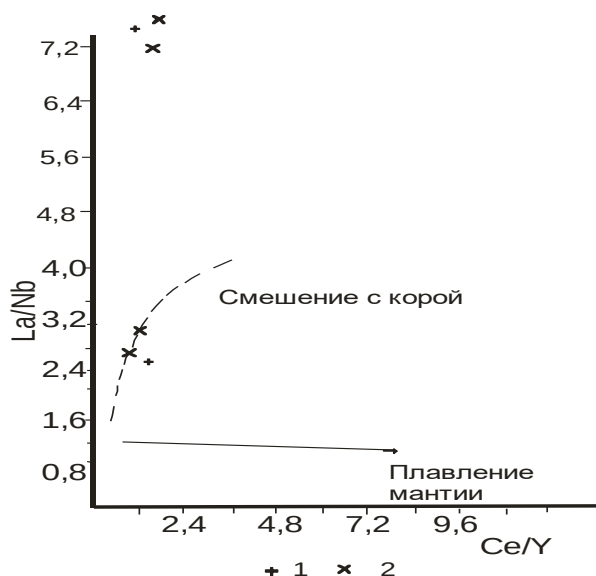


Рис. 6. Диаграмма соотношений $Ce/Y - La/Nb$ по [Barbarin, 1999] для пород Щебнюхинского массива

Остальные условные на рис. 2.

Fig.6. Plot of ratio $Ce/Y - La/Nb$ after [Barbarin, 1999] for rocks of Schebnuha massif

Legend in fig. 3.

На диаграмме соотношений Nb/Y и Zr/Y большинство фигуративных точек попадает в область плюмовых источников плавления и в поле базальтов океанических плато (рис. 7).

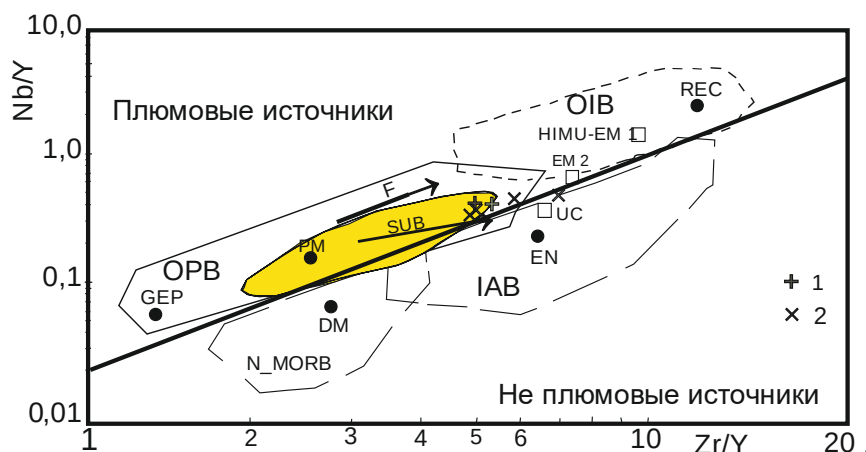


Рис. 7. Диаграмма соотношений $Nb/Y - Zr/Y$ для субвулканических пород Щебнюхинского массива

Контуры полей [Condie, 2005]: N-MORB – базальты COX; OPB – базальты океанических плато; OIB – базальты океанических островов; IAB – базальты островных дуг. PM – примитивная мантия. Реперные резервуары: PM – примитивная мантия; DM – неглубокая деплетированная мантия, DEP – глубокая деплетированная мантия; HIMU – источник, обогащенный U и радиогенным Pb; EM1 и EM2 – обогащенные мантийные источники; EN – обогащенный компонент верхней континентальной коры и субконтинентальной литосферы; UC – верхняя континентальная кора; REC – рециклинговый компонент. Стрелками показаны эффекты периодического плавления (F) и субдукции (SUB).

Остальные условные на рис. 3.

Fig. 7. Plot of ratio $Nb/Y - Zr/Y$ for subvolcanic rocks Schebnuha massif

Contours of fields [Condie, 2005]: N-MORB – basalts of COR; OPB – basalts of oceanic plate; OIB – - basalts of ocean islands; IAB – - basalts of oceanic arc; PM – - primitive mantle; DM – non deep depletion mantle; DEP –deep depletion mantle; HIMU – source of enriched

U and radiogenic Pb; EM1 и EM2 – enriched mantle sources; EN – enriched component of upper continental earth crust and subcontinental lithosphere; UC — upper continental crust; REC – recycling component. Pointers show effects periodical melting (F) and subduction (SUB). Legend in fig. 3.

Приведенные результаты показывают, что субвулканические плагиогранитоиды Щебнюхинского массива имеют сходство с натровыми эффузивами коргонской свиты. С другой стороны плагиогранитоиды по химическому составу близки к адакитовым гранитоидам, однако по микроэлементному составу они отличаются от них (в них более высокие концентрации Y, Yb и низкие соотношения Sr/Y). На экспериментальных диаграммах по плавлению различных субстратов, породы массива попадают в поле плавления амфиболитов и граувакк, как это часто бывает и для адакитовых гранитоидов [Гусев, 2014]. Однако в плагиогранитах Щебнюхинского массива как и в адакитовых гранитоидах проявлен тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов W – типа, который, вероятно, обусловлен селекционированием полевых шпатов и аномальными параметрами флюидного режима. В целом, генезис плагиогранитоидов Щебнюхинского массива показывает смешение мантийных субстратов и корового материала за счёт плавления амфиболитов и граувакк нижней коры [Гусев, Коробейников, 2009]. С другой стороны их микроэлементный состав (соотношения Nb, Y, Zr) указывает на плюмовый источник выплавки из базальтов океанических плато.

Результатом становления вулканогенных, субвулканических и экструзивных пород участка стало формирование различных типов оруденения, из которых важнейшее значение имеют эпitherмальное золото-серебряное и медно-молибден-золото-порфировое. В верховьях ручьев Коргончик, Кедровый и истоков Подъёмного ручья во вмещающих риолитах, трахириолитах коргонской свиты, тектонически контактирующих с субвулканическими риолитами и риодацитами Щебнюхинского массива, откартирована мощная (от 200 до 450 м) протяжённостью до 6 км, ориентированная в запад-северо-западном направлении, зона вторичной кварцовой ассоциации с сульфидами. Кварц-серицитовые метасоматиты, близкие к аргиллизитам (с диккитом и монтмориллонитом) (преимущественно в северо-западной части зоны), и вторичным кварцитам (преимущественно в юго-восточной части) сопровождаются шлиховыми ореолами и единичными знаками золота по всей площади. Постепенно выклиниваясь в юго-восточном направлении, полоса кварцитов прослежена до р. Кумир еще на 4 км. В коренном залегании повышенные содержания золота установлены в мощной зоне (более 5 м) кварца и карбонатов. Содержания золота варьируют от 3 до 13,5 г/т, серебра от 65 до 960 г/т, меди от 1 до 2,2 %. Приведенные параметры зоны общей протяжённостью порядка 10 км с высокими содержаниями благородных металлов впечатляют и позволяют провести в её пределах детальные поисково-оценочные работы. Детальное изучение этой залежи интересно по следующим соображениям:

- 1) размещением залежи среди вулканических пород с аномально высокими значениями фоновой золотоносности, составляющей 0,2-0,3 г/т;
- 2) отсутствием в районе интрузивных массивов, на поствагматической стадии которых могли бы формироваться золотосодержащие кварц-карбонат-серицитовые метасоматиты, слагающие залежь;
- 3) пространственной приуроченностью 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. Они то и являлись главными переносчиками металлов при генерации комплексного оруденения.

В северо-западной части района в верховьях ручья Озёрного среди аргиллизированных и пропилизированных вулканитов выявлены проявления с

содержаниями золота от 2 до 10 г/т, меди от 0,5 до 1,2 %, молибдена от 0,05 до 0,2 %, серебра от 50 до 1250 г/т., а в субвулканических дайках риолитов с сульфидами выявлено содержание Au — 0,8 – 2,6 г/т.

К этой же полосе метасоматитов приурочены перспективные проявления эпитермального золото-серебряного состава, а также золото-молибден-медно-порфирового типа, представляющие единую рудно-магмо-метасоматическую систему, что позволяет в указанном районе выделять потенциальное Кедрово-Коргончиковское рудное поле. В целом приведенные факты указывают, что рудообразование в Кедрово-Коргончиковском потенциальном рудном поле несёт в себе черты не только коровых процессов, но и мантийных [Гусев, Коробейников, 2009]. С учетом мантийного фактора, т.е. с позиций нелинейной металлогении [Щеглов, Говоров, 1985], предполагающей непосредственное участие рудоносных мантийных (интрателлурических) флюидов в процессах мантийно-корового рудогенеза, следует и рассматривать формирование этого объекта.

По нашему мнению указанный район является уникальным объектом совмещения процессов мантийного воздействия с участием интрателлурических флюидов мантийной природы на всех стадиях формирования эпитермального золото-серебряного, медно-молибден-золото-порфирового и предполагаемого крупно объёмного оруденения, связанного с глубинными разломами, несущими черты мантийного источника. Это находится в прямой связи с рекомендациями Государственной геологической службы МПР России за 2001 год. В условиях истощения минерально-сырьевой базы в известных золоторудных районах России одной из важных задач, обеспечивающих устойчивое развитие золотодобывающей отрасли, является проведение геологоразведочных работ, ориентированных на выявление крупных месторождений с рядовыми и бедными рудами [Караганов, 2002] , т.е. крупно-объёмных месторождений. Такой положительный опыт имеется для соседнего региона, где оценку на крупно-объёмный тип золотого оруденения зоны золотоносных березитоподобных метасоматитов, развитых в калтасском зеленосланцевом комплексе раннего рифея в пределах Федоровско-Магызы-Калтасской структурно-металлогенической зоны Кузнецко-Алатаусского золоторудного пояса Алтае-Саянской складчатой области [Шепель и др., 2015, 2017].

Заключение

Петрологически породы Щебнюхинского массива формировались в результате мантийно-корового взаимодействия. Плавлению подвергались коровые субстраты амфиболитов и граувакк. В породах проявлен тетрадный эффект фракционирования RЗЭ W – типа, обусловленный активностью аква- и гидроксил-комплексов во флюидах. Последние, вероятно, участвовали в переносе металлов в гидротермальных растворах с формированием эпитермального и медно-молибден-золото-порфирового оруденения. Плагиигранитоиды Щебнюхинского массива отличаются по многим геохимическим параметрам от адакитовых гранитоидов такого же состава.

Формирование глубинного очага с образованием магматитов Щебнюхинского массива и комплексного эпитермального золото-серебряного, медно-молибден-золото-порфирового оруденения происходило в результате мантийно-корового взаимодействия. Были задействованы плюмовые источники гидротермальных растворов с образованием мощных метасоматических процессов, приуроченных к глубинному Тигерекскому разлому с последующим формированием комплексного оруденения больше-объёмного объекта благородных и редких металлов. Выявленная протяжённая зона оруденения требует проведения поисково-оценочных работ с использованием бурения и оценкой оруденения на глубину.

Из полученных данных можно сделать вывод о более древнем возрасте вулканитов коргонской свиты (возможно силурийский).

Список литературы

1. Гусев Н.И. Рудопродуктивный магматизм Северо-Западного Алтая. LAP Lambert Academic Publishing, 2015. 267 с.
2. 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. V.63. - №3/4. P. 49-60.
3. Anders E., Greevesse N. Abundences of the elements: meteoric and solar // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1989. Vol.53,. P. 197-214.
4. Гусев А.И., Гусев А.А. Тетрадный эффект фракционирования редкоземельных элементов и его использование в решении проблем петрологии гранитоидов // *Успехи современного естествознания*, 2011. № 5. С.45-49.
5. Zhao Z.H. REE and O-Pb-Sr-Nd isotopic compositions and petrogenesis of the Altai granitoids // *New Development of Solid Earth Science in Northern Xinjiang*. Science Publishing Co. Beijing, 1993. P. 239-266.
6. 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.
7. 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.
8. Barbarin B. A Review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments // *Lithos*. 1999. Vol. 46. P. 605-626.
9. Condie K. C. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? // *Lithos*. 2005. Vol. 79 (3–4). P. 491–504.
10. Гусев А.И. Петрология адакитовых гранитоидов. М. Изд-во РАН. 2014. 151 с.
11. Гусев А.И., Коробейников А.Ф. Мантийно-коровое взаимодействие в генерации различных типов оруденения: геофизический и петрологический аспекты // *Известия Томского политехнического университета*, 2009. Т 315. №, 1. С. 18-25.
12. Щеглов А.Д., Говоров И.Н. Нелинейная металлогения и глубины Земли. М.: Наука, 1985. 325 с.
13. 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.
14. 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.
15. 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.

References

1. Gusev N.I. Rudoproduktivnyy magmatism Severo-Zapadnogo Altaya. LAP Lambert Academic Publishing, 2015. 267 p. (in Russian).
2. 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. 49-60.
3. Anders E., Greevesse N. Abundences of the elements: meteoric and solar // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1989. Vol.53. P.. 197-214.
- 4.. Gusev A.I., Gusev A.A. Tetradny effect fraktsionirovaniya redkozemelnykh elementov i ego ispolzovaniya v reshenii problem petroogii granitoiov. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2011. No. 5. S.45-49 (in Russian).

5. Zhao Z.H. REE and O-Pb-Sr-Nd isotopic compositions and petrogenesis of the Altai granitoids // New Development of Solid Earth Science in Northern Xinjiang. Science Publishing Co. Beijing, 1993. P. 239-266.
6. 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.
7. 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.
8. Barbarin B. A Review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments // Lithos. 1999. Vol. 46. P. 605-626.
9. Condie K. C. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? // Lithos. 2005. Vol. 79 (3–4). P. 491–504.
10. Gusev A.I. Petrologiya adakitovykh granitoidov. M. Izd-vo RAE. 151 s.
11. Gusev A.I., Korobeynikov A.F. Mantiyno-korovoe vzaimodeystvie v generatsii razlichnykh tipov orudneniya: geofizicheskiy i petrologicheskiy aspekty. Ivestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. 2009. T. 315. No. 1. S. 18-25. (in Russian).
12. Scheglov A.D., Govorov I.N. Nelineynaya metallogeniya i glubiny Zemli. M. Nauka. 1985. 325 s. (in Russian).
13. Karaganov V.V. Itogi raboty gosudarstvennoy geologicheskoy sluzhby za 2001 g i prioritenye napravleniya deyatelnosti MPR Rossii v razvitii mineralno-syrevoy bazy Rossii i ee kontinentalnogo shelfa v 2002 g. Mineralnye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie. 2002. No. 1-2. S. 4-11. (in Russian).
14. Shepel A.B., Belonozhko E.A., Gavrilenko M.E. Poiskovye kriterii krupnykh bolsheobemnykh zolotorudnykh mestorozhdeniy netraditsionnogo tipa. Zoloto i tekhnologii. 2015. No. 2 (28). S. 95-104. (in Russian).
15. Shepel A.B., Gavrilenko M.E. Petrogeokhimicheskie osobennosti orudneniya i voprosy grnezisa Kedrovskogo bolsheobemnogo zolotorudnogo proyavleniya netraditsionnogo tipa (Kuznetskiy Alatau). Zolo i tekhnologii. 2017. No. 2 (36). S. 84-94. (in Russian).

SOME ASPECTS OF PETROLOGY, GEOCHEMISTRY AND ORE MINERALIZATION OF THE SUBVOLCANIC PLAGIOGRANITES SCHEBNJUKHINSKII MASSIVE OF MOUNTAIN ALTAI

A.I. Gusev, Gusev N.I.,* Belikova R. M., Shubin T.M.

Altai State Pedagogical University, Biiskiy filial, c. Biisk, anzerg@mail. ru

** Karpinsky Russian Geological Research Institute, Saint Petersburg, Russia*

Data about petrography, absolute age petrology and geochemistry of subvolcanic plagiogranitoids Schebnjukhinskii massive of Mountain Altai lead. Massive composed by plagiogranite-porphyrates and plagioclastites. They differed on microelements composition from adakites granitoids of plagioclase composition. An absolute age of grsnitoids vary from 413 to 399 mln years (from Lochkovian to Emsian stage of Early Devonian). Rocks of massive formed in process mantle-crust interaction and mixing mantle and crust substrates. Amphibolites and graywacke exposed of melting. Tetrad effect fractionation of REE W- type display in rocks. Perspective epithermal gold-silver and gold-copper-porphyrates manifestations related space and paragenetic with rocks of Schebnuha massif. Perspective zone argillizite and quartzite with sulfides mineralization thickness from 200 to 450 m and extensively to 10 km determined that it present large-volumetric object with copper-gold-silver ore mineralization demanding further researching.

Key words: *by plagiogranite-porphyrates, plagioclastites/ mantle-crust interaction, melting of amphibolites and greywacke, tetrad effect fractionation of REE W–type.*

Information about the authors

Gusev Anatolij Ivanovich – Doctor geology-mineralogical sciences, professor of Altai State Pedagogical University. Biysk branch named after V.M. Shukshin. 15, Sovetskaya St., 659300 Biisk, Russia. ORCID: 0000-0001-7840-0272. E-mail: anzerg@mail.ru.

Gusev Nikolay Ivanovich, Head of the Department, (Karpinsky Russian Geological Research Institute, Saint Petersburg, Russia), *E-mail*: Nikolay_Gusev@vsegei.ru

Belikova Radmila Mikhaylovna - Candidate of Biological Sciences, docent of Altai State Pedagogical University. Biysk branch named after V.M. Shukshin. 15, Sovetskaya St., 659300 Biisk, Russia

Shubin Timofey Maksimovich – student of Altai State Pedagogical University. Biysk branch named after V.M. Shukshin. 15, Sovetskaya St., 659300 Biisk, Russia