

ПЕТРОЛОГИЯ И РУДОНОСНОСТЬ ИНТРУЗИВОВ УСТЬ-БЕЛОВСКОГО КОМПЛЕКСА ГОРНОГО АЛТАЯ В РАЗНЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ БЛОКАХ

А.И. Гусев

ОАО «Горно-Алтайская экспедиция», с. Малоенисейское

Гранитоиды усть-беловского магматического комплекса ($D_{2,3}$) распространены в различных тектонических блоках Горного Алтая: Талицком, Бийско-Катунском, Бельгешашском. Их металлогеническая роль в разных блоках различна, что скорее всего связано с особенностями становления отдельных массивов и их флюидного режима. Цель настоящего исследования – петрологическое изучение эталонных массивов в разных тектонических блоках и выявление их потенциальной рудоносности с привлечением данных по флюидному режиму, летучим компонентам.

В Башцелакском рудном узле становление жильного золото-сульфидно-кварцевого оруденения связано с гранодиоритами, адамеллитами, аплитовидными гранитами усть-беловского комплекса. Кислые разности пород Верхне-Башцелакского массива относятся к I-типу стандартных гранитов Sr-деплементированных и Y-деплементированных. Их генерация предполагает первичный протолит, содержащий плагиоклаз, то есть верхнекоровый материал. Гранодиориты в Башцелакской МРМС относятся к I-типу гранитов умеренно-контраминированному с низкой фугитивностью кислорода и повышенными значениями парциального давления CO_2 (табл. 1, рис. 1). Такие характеристики параметров флюидного режима благоприятны для генерации жильного золото-сульфидно-кварцевого оруденения.

Близкие значения получены и для гранитоидов Кудрихинского массива, относящегося также к усть-беловскому комплексу, с которым связаны проявления золота Верх-Слюдянского участка Усть-Беловского рудного узла. Тоналиты и гранодиориты массива кристаллизовались при температурах $700-710^{\circ}C$ и давлениях 1,9-2,3 кбар. На удалении от проявлений золота параметры флюидного режима для некоторых компонентов ниже, чем вблизи золоторудных объектов (табл. 1). В гранодиоритах вблизи проявления значительно выше парциальные давления углекислоты, коэффициент восстановленности флюидов, фугитивность воды, что указывает на более обводнённые условия рудогенерирующих гранитоидов и более высокую активность углекислоты в тех местах, где происходило образование золоторудных объектов. Более высокие фугитивности $HC1$ в этих условиях определяются значительно меньшими величинами отношений летучестей плавиковой и соляной кислот (табл. 1). Хлор и его комплексы, как известно, являются основными летучими компонентами, участвующими в переносе золота в гидротермальных растворах.

Показательны в этом отношении параметры флюидного режима тоналитов Рыбалкинского массива, локализованного в Бийско-Катунском тектоническом блоке, также относящегося к усть-беловскому комплексу. В отличие от ранее рассмотренных гранитоидов Талицкого тектонического блока интрузии Бийско-Катунского блока формировались из верхне мантийного протолита, в котором стабилен гранат.

Гранитоиды Рыбалкинского массива отличаются от ранее описанных значительно меньшими показателями всех параметров флюидного режима, за исключением восстановленности флюидов. Коэффициент восстановленности флюидов тоналитов массива достигает 0,46. Кислые разности пород Рыбалкинского массива относятся к I-типу гранитов Sr-недеплементированных и Y-деплементированных (рис.2). Подобные характеристики указывают на то, что формирование гранитоидов происходило путём частичного плавления мантийного протолита, в котором присутствовал гранат.

В породах Рыбалкинского массива проявлен недифференцированный тип распределения РЗЭ с отношением $(La/Yb)_N$ варьирующим от 0,59 до 2,0. При этом степень дифференциации РЗЭ возрастает в кислых породах (La/Yb) в гранодиоритах составляет 1,4, а в лейкогранитах –2,0). По данным А.В. Титова, Н.Н. Крука и др.[1] становление гранитоидов Рыбалкинского массива происходило в результате смешения базитовых и обводнённых андезитовидных магм с последующей дифференциацией в промежуточных очагах. В породах массива указанные авторы отмечают продукты переплавления вещества нижней и средней коры. В контактах Рыбалкинского массива и вблизи него отсут-

1. Параметры флюидного режима некоторых золотогенерирующих гранитоидов Горного Алтая, Рудного Алтая и Горной Шории (фугитивность и давление даны в килобарах)

Магмо-рудно-метасоматические системы, породы	Типы гранитоидов	T°C	lg fO ₂	fH ₂ O	pH ₂ O	pCO ₂	lg $\frac{fO_2}{fH_2O}$	lg $\frac{fHF}{fHCl}$	K _{вос}	$\frac{(pH_2O+pCO_2)}{pH_2O}$
Ульменская:										
гранодиориты	I-MC	720	-12,1	2,8	3,1	1,6	-15,1	-3,46	0,66	1,52
монзониты	I-MC	785	-13,5	3,1	4,5	2,1	-17,5	-3,3	0,7	1,47
сиениты	I-SC	790	-14,1	3,3	4,8	3,5	-17,1	-3,5	0,72	1,73
Барангольская:										
гранодиориты	I-MC	745	-9,0	1,3	1,4	1,1	-12	-3,6	0,26	1,78
Майская:										
гранодиориты	I-WC	730	-13,5	3,06	3,16	1,99	-16,4	-3,32	0,69	1,63
монзониты	I-MC	765	-13,6	3,2	4,6	3,6	-16,6	-3,5	0,72	1,78
Таджилинская:										
гранодиориты	I-WC	805	-7,8	0,6	0,7	0,5	-10,8	-3,7	0,16	1,71
Змеиногорско-Зареченская:										
гранодиориты	I-MC	685	-10,6	0,68	0,82	0,9	-13,6	-3,0	0,2	2,10
Синюхинская:										
тоналиты	I-WC	840	-4,9	0,9	1,1	1,3	-7,9	-3,8	0,12	2,20
гранодиориты	I-WC	845	-4,8	1,2	1,7	1,8	-7,8	-3,9	0,14	2,10
Караминская:										
гранодиориты	I-SCR	680	-13,0	0,7	0,85	1,05	-16	-2,5	0,57	2,23
сиениты	I-SCR	730	-12,1	2,2	2,5	3,7	-15,1	-2,7	0,4	2,48
Топольнинская:										
гранодиориты	I-SC	560	-12,5	0,77	0,93	1,2	-15,6	-2,6	0,15	2,3
Бащелакская:										
Гранодиориты	I-MC	620	-11,0	0,66	0,81	0,89	-13,9	-3,1	0,19	2,09
Верх-Слюдянк.:										
Тоналиты,	I-MC	700	-11,8	0,70	0,90	0,95	-14,5	-2,35	0,16	2,05
Гранодиориты	I-MC	710	-11,9	0,87	0,95	1,25	-14,7	-2,1	0,19	2,31
Рыбалкинская:										
Тоналит	I-SCR	740	-13,1	0,56	0,45	0,50	-16,0	-3,5	0,46	1,0
Чикетаманская										
Гранодиориты	I-MC	760	-10,5	0,9	0,8	0,7	-13,5	-3,3	0,18	1,8
Чуринская:										
граносиениты	A ₁	650	-13,2	1,0	1,5	3,7	-16,2	-2,5	0,70	3,47
Актуринская:										
гранодиориты	I-WC	800	-5,6	0,41	0,43	0,42	-8,6	-3,55	0,13	1,97
Усть-Чуйская:										
гранодиориты	I-WC	750	-4,2	0,35	0,48	0,42	-7,2	-3,41	0,11	1,87
Чойская:										
гранодиориты	I-SCR	645	-15,0	0,47	0,56	0,55	-18	-2,7	0,55	1,98
керсантиты	-	670	-12,5	0,9	1,4	3,6	-15,5	-2,9	0,58	3,57
(дайки)										

Примечание: T⁰ C – температура кристаллизации; lg fO₂ – логарифм фугитивности кислорода; fH₂O – фугитивность воды; pH₂O, pCO₂ – парциальное давление воды и углекислоты; lg $\frac{fO_2}{fH_2O}$ – логарифм отношений фугитивностей кислорода и воды; K_{вос} – коэффициент восстановления флюидов. Типы гранитоидов: I-WC - I-тип слабо контаминированный; I-MC - I-тип умеренно контаминированный; I-SC - I-тип сильно контаминированный; I-SCR - I-тип сильно контаминированный и редуцированный.

ствуют проявления золота, хотя магнезиальные скарны с волластонитом в контакте с ним описаны (Айское месторождение волластонита).

Чикетаманский массив располагается в Бельгешском тектоническом блоке, в его западной части. Массив сложен диоритами, тоналитами, гранодиоритами, редко – гранитами. В породах массива обильны мафические включения размерами от 3 до 20 см., что указывает на процессы смешения магм базитового и более кислого состава в промежуточных магматических очагах. В целом дериваты массива обнаруживают характеристики I- типа гранитов Sг-недеплетированных и Y-деплетированных. Предварительно из всех обследованных массивов Яломанского ареала, наибольшие потенциальные перспективы на выявление оруденения имеет Чике-Таманский массив. Контакты его местами имеют пологое залегание и сопровождаются сателлитами и куполовидными выступами. В области поло-

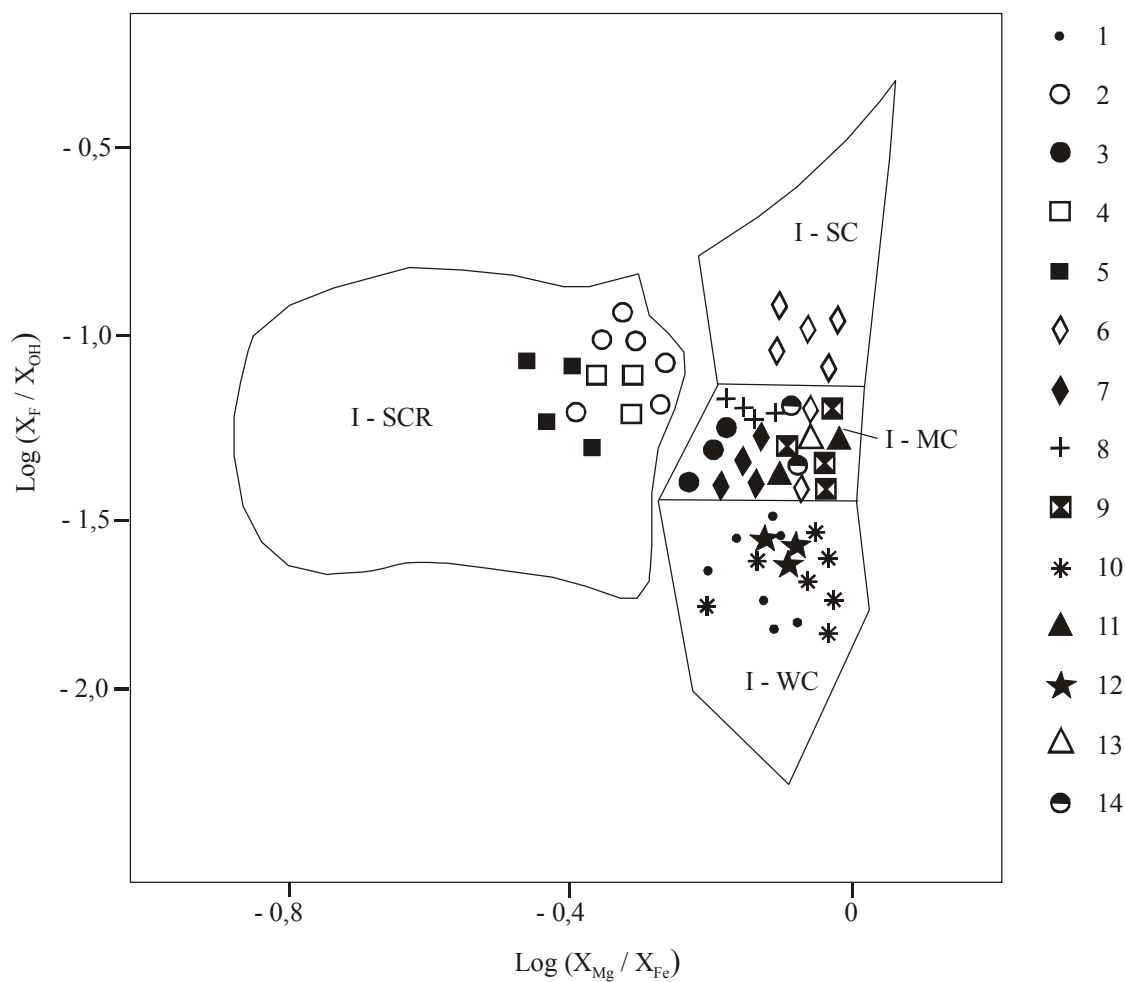


Рис. 1. Диаграмма $\text{Log}(X_{\text{Mg}}/X_{\text{Fe}}) - \text{log}(X_{\text{F}}/X_{\text{OH}})$ в биотитах гранитоидов Горного Алтая.

Гранитоиды МРМС региона: 1 - Синюхинской, 2 - Чойской, 3 - Лысухинской, 4 - Караминской, 5 - Топольнинской, 6 - Ульменской, 7 - Башчелакской, 8 - Майской, 9 - Синюхинской, 10 - Ашпанакской, 11 - Усть-Беловской, 12 - Рыбалкинской, 13 - Усть-Чуйской, 14 - Чикетаманской.

гих контактов интенсивно проявлена пропилитизация вмещающих пород, распространяющаяся более чем на 1,5 км от контакта, обнаружены полевошпатовые метасоматиты (до 2 м мощностью), со скарновыми парагенезисами с турмалином, редко аксинитом, местами с волластонитом и вкрапленностью сульфидов. Видимая мощность зоны метасоматитов 5 м. Фельдшпатолиды формировались в несколько стадий минерализации, о чём свидетельствуют крупные фантомные кристаллы олигоклаза (№12-15) размерами 5x11 см., прожилки позднего калишпата (мощностью от 0,5 до 3 см) с амфиболом и эпидотом. В поздних прожилках отмечаются вкрапленники апатита, турмалина, пирита.

По составу биотита в тоналитах и гранодиоритах их можно отнести к I-МС типу умеренно-контраминированному. Породы массива характеризуются несколько более высокими температурами кристаллизации (760°C), более высокими значениями фугитивности кислорода и низкой восстановленностью магматогенных флюидов (табл. 1). Во всех разновидностях пород главным акцессорными минералами являются магнетит и гематит, что позволяет отнести гранитоиды к магнетитовой серии по С. Ишихара [2,3]. Кристаллизация гранодиоритов и тоналитов массива происходила в обстановке, близкой к гематит-магнетитовой буферной смеси. В целом массив обнаруживает признаки геохимической специализации на медь и золото, что также подтверждается его кристаллизацией в сильно окислительной обстановке. Чикетаманский массив гранитоидов характеризуется более благоприятными факторами для потенциальной рудоносности на медь и золото. Он характеризуется, в отличие от Кадринского и Яломанского массивов, более окисленным состоянием, что подтверждается более высокими содержаниями магнетита по сравнению с ильменитом, высокими содержаниями апатита (больше количество летучих). Известно, что чем более высокая степень окисленности расплавов, тем значительнее отделение меди и золота из расплава с летучими компонентами [4].

В контактах Чикетаманского массива обнаруживаются скарновые и жильные проявления меди, реже меди и золота, а в самом массиве - медно-золото-порфировое оруденение.

Чике-Таманское медно-золото-порфировое проявление находится в районе Чике-Таманского перевала. В гранодиоритах на участке 200 x 150 м наблюдается интенсивное дробление, окварцевание, баритизация и сидеритиза-

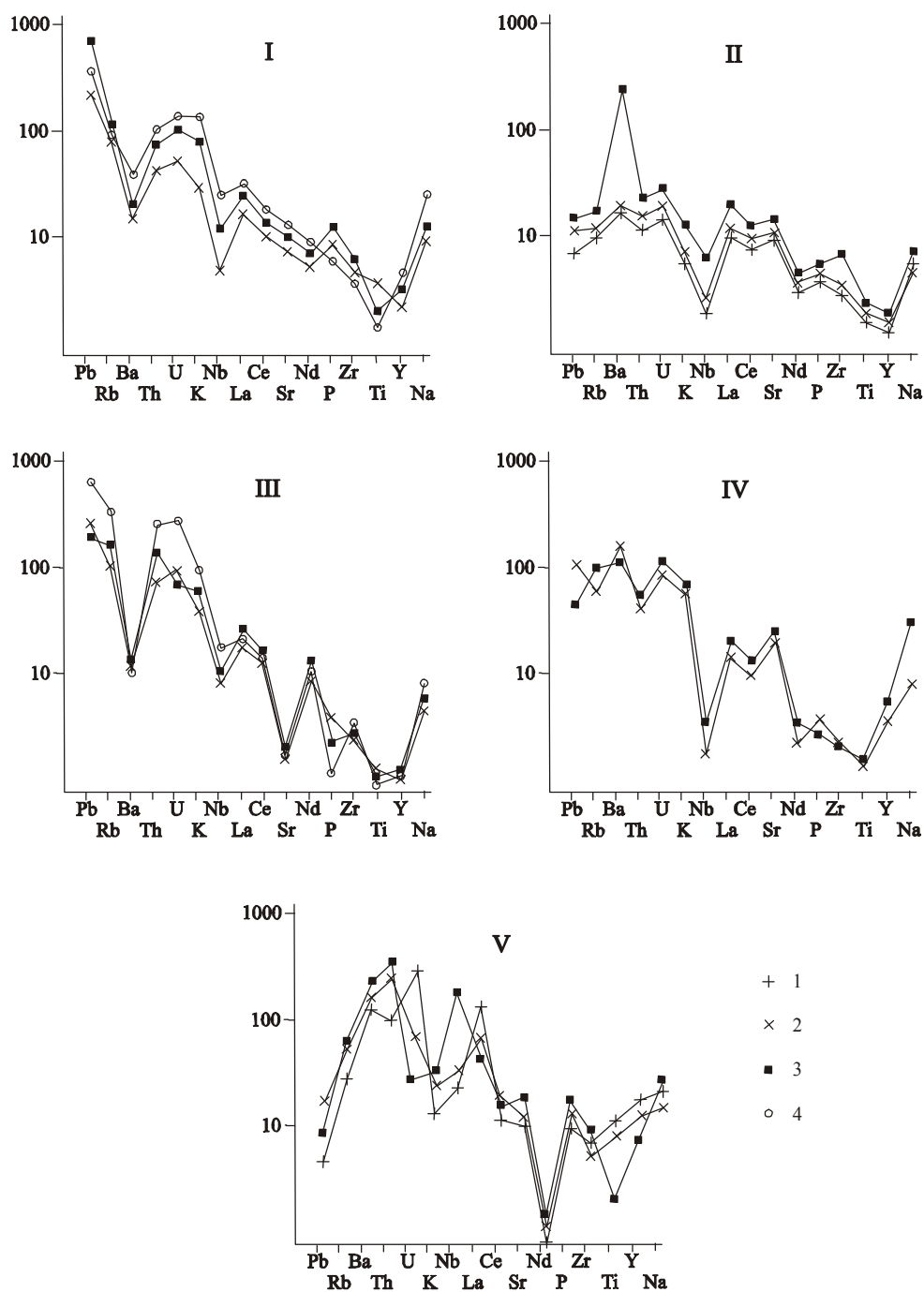


Рис.2. Спайд-диаграммы рассеянных элементов в интрузивных массивах усть-беловского комплекса.

1 - габброиды; 2 - диориты, кварцевые диориты; 3 - гранодиориты, тоналиты; 4 - граниты, лейкограниты. Массивы региона: I – Кудрихинский, II – Рыбалкинский, III – Усть-Чуйский, IV – Лысухинский, V – Верхне-Башчелакский.

ция гранодиорит-порфиров (усть-беловский комплекс). Они осветлены, повсеместно в них развиты фельдшпатолиты в виде гнёзд, прожилков и пятнистых выделений. Сами гранодиорит-порфиры окварцованы и баритизированы по массе и содержат спорадическую вкрапленность халькопирита, халькозина, сфалерита, галенита размерами от 0,1 до 3 мм. Наиболее богатое вкрапленное оруденение приурочено к сложным прожилкам кварц-баритового состава мощностью 0,5-2,5 см и окварцованным гранодиорит-порфирам. На таких участках халькопирит в тесной ассоциации с пиритом, халькозином, сфалеритом и галенитом образует вкрапленность (до 5-7 мм), реже гнёзда до 1,5 см. Спорадически отмечается самородная медь размерами от 0,1 до 1,5 мм. Встречаются прожилки и просечки спекулярита мощностью 0,5 - 3 см., а также гнёзда турмалина размерами 0,5 x 2,5 см. Содержание халькопирита визуально варьирует от 1 до 10%. Породы на участке лимонитизированы и покрыты по трещинкам корочками малахита, реже азурита, и налётами эритрина. В пробе-протолокте определены 16 пылевидных знаков золота.

Последовательность формирования минерализации сводится к следующему: 1- наиболее ранняя фельдшпатизация представлена вкрапленностью и прожилками альбит-олигоклаза с редкими выделениями кварца, образовавшегося по гранодиорит-порфирам; 2- кварц-турмалиновый агрегат с ранним пиритом образует гнёзда, где турмалин

нередко даёт лучистые выделения; 3- продуктивный кварц-сульфидный агрегат с редким сидеритом кристаллизовался в виде вкрапленности и прожилков с аллотриоморфными выделениями халькопирита, халькозина, сфалерита, галенита, спекуларита, самородного золота; 4- баритовый агрегат с поздним пиритом и спорадической киноварью пересекает все раннее образовавшиеся ассоциации.

На участке выявлены три хрусталеносные жилы кварца с баритом длиной от 7 до 40 м и мощностью от 0.1 до 2.5 м. В жилах встречаются вкрапленность халькопирита, примазки малахита и азурита.

Судя по параметрам флюидного режима, Чике-Таманский массив весьма многоводен и магматогенные флюиды содержали значительные количества летучих компонентов, в том числе и бора (помимо перечисленных в таблице), что указывает на высокие потенциальные возможности относительно формирования оруденения.

Близкие характеристики имеют гранитоиды Усть-Чуйского массива. Они отличаются тем, что относятся к I-WS типу слабо контаминированных гранитоидов и в них значительно более высокие показатели фугитивности кислорода. По всем остальным параметрам они близки гранитоидам Чикетаманского массива, однако имели значительно более скромные параметры флюидного режима. Рудогенерирующие возможности интрузива весьма проблематичны, судя по параметрам флюидного режима.

Интерпретация результатов и выводы. Как показали фактические данные интрузивы усть-беловского комплекса в различных тектонических блоках относятся к I- типу гранитоидов с разной степенью контаминации корового материала и различным флюидным режимом. В их генерации базисную роль играли процессы частичного плавления мантийного протолита, что подтверждается различной деплетированностью на иттрий и стронций. Последующее мантийно-коровое взаимодействие и признаки различной роли смешения компонентов магм разной кислотности, активность летучих компонентов в магматогенных флюидах определяли рудогенерирующий потенциал интрузивов в различных тектонических блоках. Относительно более продуктивные на золотое оруденение массивы характеризуются повышенными значениями парциальных давлений углекислоты, фугитивностей соляной кислоты (Верхне-Башлакская, Кудрихинская, Чикетаманская МРМС). В магматогенных флюидах всех изученных систем усть-беловского комплекса, за исключением Чике-Таманского массива, не выявлено участие трансмагматических флюидов, играющих важнейшую роль при становлении высокопродуктивной Синюхинской МРМС. Возможно, что данный факт отсутствия трансмагматических флюидов и закрытость МРМС усть-беловского комплекса (за исключением Чикетаманского массива) в отношении главных летучих компонентов (HCl , HF , H_3BO_3 , CO_2), участвующих в переносе золота в растворах, не привёл к высокой продуктивности изученных систем.

На основании полученных материалов выявлена высокая потенциальная рудоносность Чике-Таманского массива (геологические факторы и аномальный флюидный режим с обилием летучих компонентов, открытость системы по фтору и другим компонентам). Магмо-рудно-метасоматическая система этого массива перспективна на выявление медно-порфирового, медно-золото-порфирового и возможно – медно-золото-скарнового (помимо известных проявлений). Реализация указанного прогноза возможна при проведении поисковых работ в южной части массива и его экзоконтактах.

Литература

1. Титов А.В., Крук Н.Н., Поспелова Л.Н. и др. Условия кристаллизации и происхождение магм Рыбалкинского габбро-диорит-тоналитового интрузива (Горный Алтай) // Геология и геофизика, 1997, т.38, № 12, с. 1921-1932.
 2. Ishihara S. The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks // Min. Geol. Tokyo, 1977, v.27, p.293-305.
 3. Ishihara S. The granitoid series and mineralization // Econ. Geology. 1981. 75 th Anniversary Volume. P.458-484.
 4. Jugo P.J., Candela P.A, Piccoli P.M Magmatic sulfides and Au:Cu ratios in porphyry deposits: an experimental study of copper and gold partitioning at 850°C, 100 MPa in haplogranitic melt – pyrrhotite – intermediate solid solution – gold metal assemblage, at gas saturation // Lithos, 1999, v. 46, p. 573-589.
-