

КЛЮЧЕВСКОЕ ЗОЛОТОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Б.Н. Абрамов, М.Т. Усманов

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, 672014, г. Чита,
ул. Недорезова 16, Россия*

Золотое оруденение Ключевского месторождения парагенетически связано с гибридными дайками амуджиканского комплекса (гибридными порфирами, лампрофирами). Установлено, что магматические очаги интрузий амуджиканского комплекса (J_3) имели близкие значения степени дифференциации магматических очагов ($Eu/Eu^* - 0,61-0,81$) и функционировали на глубинах, соответствующих нижней континентальной коре ($Eu/Sm - 0,19-0,22$). Выявлено, что образование взрывных брекчий (ЭБ) проходило во все периоды рудного процесса. При этом магматические очаги ранних брекчий функционировали на глубинах ($Eu/Sm - 0,22$), превышающие таковые поздних брекчий ($Eu/Sm - 0,10$). Последние имеют карбонатный цемент и характеризуются повышенными содержаниями редкоземельных элементов ($\Sigma PЗЭ - 1032-1072$ г/т).

Забайкальский край, золоторудное месторождение, дайки, магматический очаг, брекчия, редкоземельные элементы

KLIUCHEVSKOE GOLD DEPOSIT (EASTERN TRANSBAIKALIA)

B.N. Abramov, M.T. Usmanov

Gold mineralization is associated Kliuchevskoi field paragenetically hybrid dikes amudzhikanskogo complex (hybrid porphyries, lamprophyres). Established that the magma chambers intrusions amudzhikanskogo complex had similar values of the degree of differentiation of magma chambers and operated at depths corresponding to the lower continental crust. Revealed that the formation of explosive breccias (EB) was held during all periods of the ore process. At the same magma chambers early breccias operated at depths, exceeding those of the late breccias. The latter have a calcareous cement, characterized by elevated contents of rare earth elements.

Transbaikalia territory, gold mine, dikes, magma chamber, breccia, rare earth elements

Ключевское золоторудное месторождение относится к числу крупных. На площади месторождения развиты интрузивные образования амананского (J_{2-3}) и амуджиканского (J_3) интрузивных комплексов, трассирующие Могоча-Бушулейскую ветвь Монголо-Охотской сутуры (рис. 1) [2]. Образование золотого оруденения связывается с интрузиями амуджиканского комплекса, представленных штоками гранит-порфиров, дайковым комплексом пород. Абсолютный возраст гранитов, определенный Rb-Sr методом составляет 146 млн. лет [4]. В составе дайкового комплекса выделяются следующие разновидности (от ранних к поздним): диоритовые порфириты → гибридные порфиры → лампрофиры → ортоклазиты.

Характерной особенностью Ключевского месторождения является наличие конусо-, трубо- и жилообразных тел взрывных брекчий (ЭБ), пространственно приуроченных к периферийным частям штоков гранит-порфиров амуджиканского комплекса. Взрывные

брекчии различаются по времени формирования, морфологии, масштабам выделений, составу цемента и размерам обломков. Размер брекчиевых тел в диаметре достигает 30–70 м. В ранних ЭБ отмечается кварц-турмалиновый цемент, в поздних – хлорит-турмалин-актинолитовый, карбонат-хлорит-пиритовый и карбонатный цемент. Поздние брекчии характеризуют повышенными концентрациями редкоземельных элементов (табл. 1, рис. 2).

Эти брекчии представляют собой тонкие дробленые частицы кварц-турмалинового состава, сцементированные карбонатным материалом. Образование части ЭБ происходило в периоды рудообразования, в них отмечаются сульфидизированные участки с содержаниями золота до нескольких г/т. Распределение редкоземельных элементов (РЗЭ) указывает на близкие глубины образования и степени дифференциации магматических очагов интрузий амуджиканского комплекса и некоторых ЭБ. Геохимические особенности интрузивных образований и взрывных брекчий амуджиканского комплекса соответствуют таковым вулканических дуг (рис. 3). Интрузии амуджиканского комплекса по петрохимическому составу отвечают высококалийевой известко-щелочной серии, а некоторые дайки гибридных порфиритов и лампрофиров – шошонитовой серии (рис. 4).

Рудные образования по морфологии образуют жилы, жильные и штокверковые зоны. Основные концентрации золота локализованы в центральном штокверке (1000 × 300 м). Основной рудный минерал – пирит. Второстепенные рудные минералы – халькопирит, арсенопирит, сфалерит, галенит, антимонит, молибденит, золото.

Рудная минерализация подразделяется на несколько стадий (от ранних к поздним): 1) молибденит-кварцевая; 2) сульфидно-кварц-турмалиновая (наиболее распространенная); 3) кварц-пиритовая; 4) кварц-полиметаллическая; 5) карбонатно-кварцевая [3]. Среднее содержание сульфидов в рудах составляет 10–15 %. Наиболее продуктивными на золото являются кварц-пиритовая и кварц-полиметаллические ассоциации. Среднее содержания золота в рудах составляют 2–3 г/т. В процессе исследований установлено сходство корреляционных связей золота с другими элементами в рудах сульфидно-кварц-турмалиновой ассоциации и взрывных брекчий с кварц-турмалиновым цементом, что указывает на единые процессы образования в них золота (табл. 2).

Метасоматические изменения вмещающих пород, связанные с рудообразованием выразились в процессах турмалинизации, окварцевания, серицитизации и сульфидизации. Мощность таких зон достигает 10n×м.

Для оценки глубины формирования и степени дифференциации магматических очагов использованы Eu/Eu^* и Eu/Sm отношения (табл. 1) [1]. Расчеты показывают, что магматические очаги интрузивных образований амуджиканского комплекса и ЭБ с кварц-турмалиновым цементом соответствуют образованию их в пределах нижней континентальной коры (Eu/Sm – 0,19–0,21) (табл. 2) [1]. Они имеют близкие значения степени дифференциации магматических очагов (Eu/Eu^* – 0,64–0,81). Магматические очаги ЭБ с карбонатным цементом более дифференцированы (Eu/Eu^* – 0,49–0,51), образование их происходило на меньших глубинах, соответствующих верхней континентальной коре (Eu/Sm – 0,10) (табл. 1) [1].

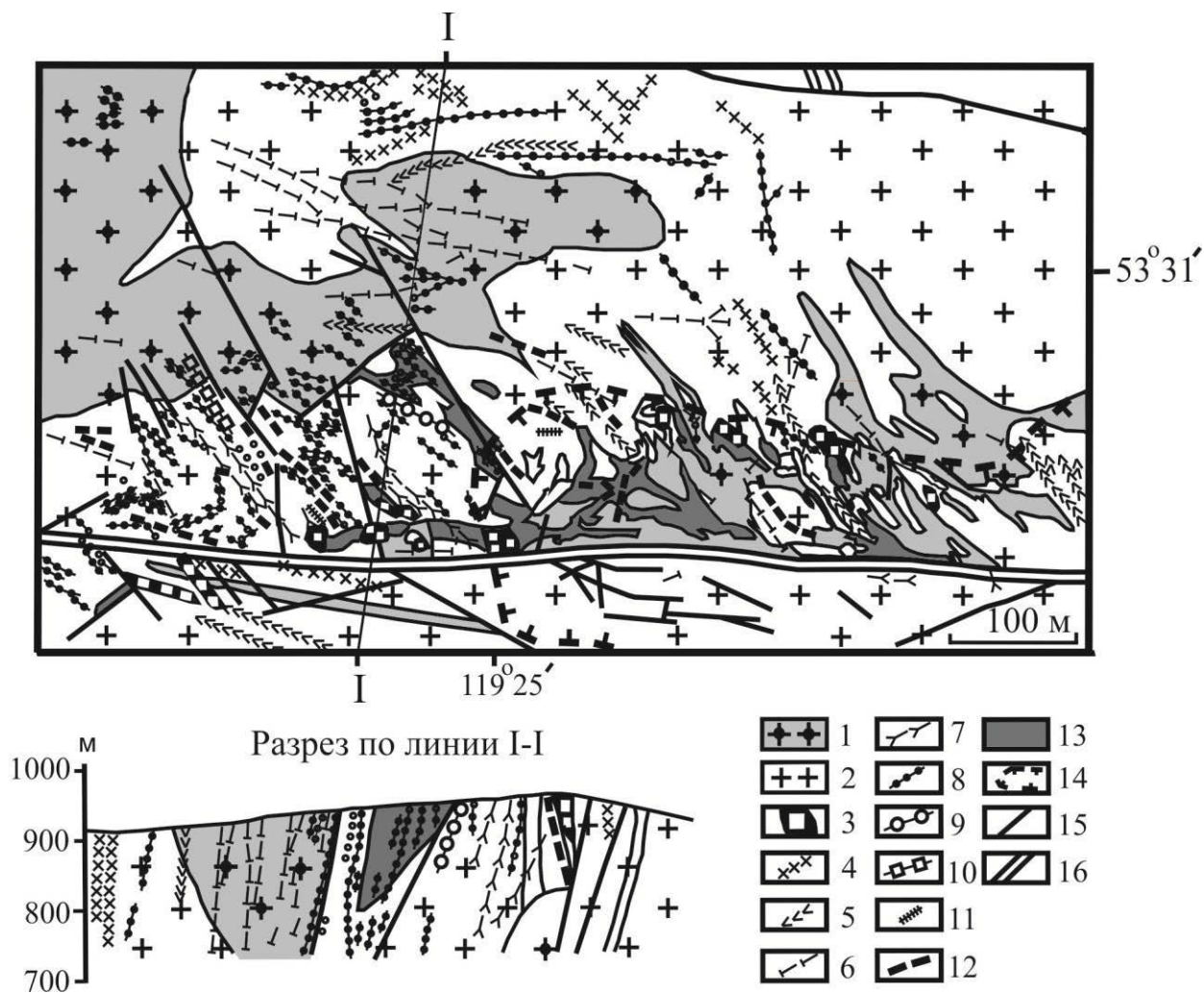


Рис. 1. Схема геологического строения Ключевского золоторудного месторождения.

1 – гранодиорит-порфиры амуджиканского комплекса (J_3); *2* – гранодиориты, кварцевые диориты амананского комплекса (J_{2-3}); *3* – взрывные кварц-турмалиновые брекчии; дайковый комплекс: *4* – гранит-порфиры, *5* – диоритовые порфиры, *6* – гибридные порфиры; *7* – лампрофиры; *8* – кварц-пирит-турмалиновые жилы; *9* – кварцево-сульфидные жилы; *10* – кварцевые жилы с полиметаллической минерализацией; *11* – кварц-карбонатные жилы; *12* – кварц-турмалиновые жилы; *13* – зоны метасоматически измененных пород (окварцевание, турмалинизация); *14* – контуры карьера; *15* – тектонические нарушения; *16* – широтный разлом.

Таблица 1. Содержание редкоземельных элементов в интрузивных и эксплозивных брекчиях Ключевского золоторудного месторождения (г/т)

Элементы и их отношения	Пробы												
	534	538-1	545	547-3	548	548-3	549	549-1	563-1	564	719-1	538	720-2
La	19,90	19,90	3,60	18,9	13,50	17,00	16,60	11,90	15,80	18,10	18,10	315,00	282,00
Ce	36,50	36,50	14,30	38,00	33,60	32,70	36,80	37,80	38,90	43,70	43,70	530,00	514,00
Pr	3,10	3,10	<0,2	2,70	2,50	2,60	2,70	2,00	2,90	3,60	3,60	39,00	51,00
Nd	13,80	13,80	4,10	12,40	10,90	11,10	12,40	10,80	13,00	15,10	15,10	136,00	141,00
Sm	2,50	2,50	<1,0	2,10	1,60	1,70	2,10	1,90	2,30	2,60	2,60	18,60	17,70
Eu	0,48	0,48	0,13	0,46	0,33	0,38	0,40	0,38	0,47	0,59	0,59	1,95	1,81
Gd	2,24	2,24	<1,0	1,70	1,26	1,18	1,65	1,41	1,89	2,16	2,16	7,90	6,50
Tb	0,37	0,37	<0,4	<0,4	0,39	0,38	0,40	0,40	0,36	0,39	0,39	<1	0,58
Dy	2,24	2,24	0,50	1,40	0,91	0,90	1,30	1,20	1,50	1,70	1,70	3,90	3,20
Ho	0,33	0,33	<0,20	0,28	0,20	0,20	0,23	0,26	0,30	0,32	0,32	0,78	0,62
Er	0,89	0,84	4,10	0,82	0,51	0,50	0,70	0,66	0,78	0,86	0,86	1,50	0,76
Tm	0,13	<0,10	<0,10	<0,1	0,09	0,08	0,10	0,13	0,12	0,15	0,15	<0,30	<0,30
Yb	0,73	0,35	0,35	0,76	0,51	0,51	0,60	0,66	0,70	0,89	0,89	1,15	0,85
Lu	0,12	<0,10	<0,10	0,11	0,08	0,10	0,10	0,11	0,13	0,15	0,15	0,19	0,18
Y	8,90	3,80	3,80	8,80	5,60	5,60	8,10	7,90	8,50	10,50	10,50	14,60	12,10
ΣTR	92,18	30,88	88,43	88,43	71,98	74,93	83,68	77,51	87,65	100,81	141,69	1070,57	1032,30
Eu/Eu*	0,61	-	0,74	0,74	0,69	0,78	0,64	0,68	0,67	0,74	0,81	0,49	0,51
Eu/Sm	0,19	-	0,22	0,22	0,21	0,22	0,19	0,20	0,20	0,22	0,22	0,10	0,10

Примечание: 534, 538-1 – гибридные порфиры; 545, 547-3 – ранние эксплозивные брекчии; 538, 720-2 – поздние эксплозивные брекчии; 548, 548-3 – граниты амуджиканского комплекса; 549, 549-1 – диоритовые порфиры; 563-1, 564, 719-1 – лампрофиры. ΣTR – сумма РЗЭ. Редкоземельные элементы определены методом ASP-AES (аналитики Л.А. Левантуева, Т.И. Казанцева) в аналитическом центре Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ).

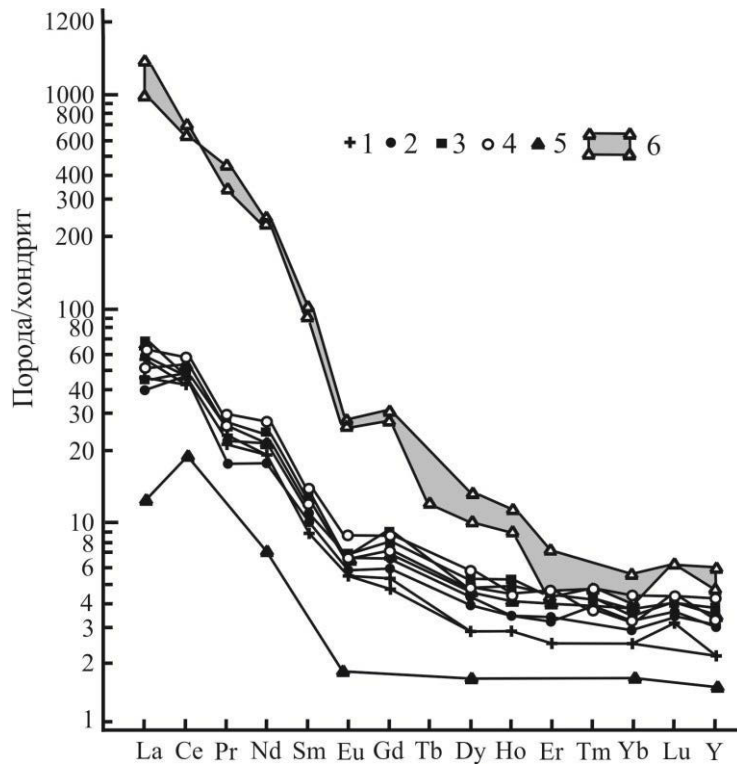


Рис. 2. Спайдер-диаграмма распределения редкоземельных элементов в интрузивных и взрывчатых образованиях Ключевского золоторудного месторождения.

1 – гранит-порфиры; 2 – диоритовые порфиры; 3 – гибридные порфиры; 4 – лампрофиры; 5 – взрывчатые брекчии с кварц-карбонатным цементом, 6 – поля значений взрывчатых брекчий с карбонатным цементом.

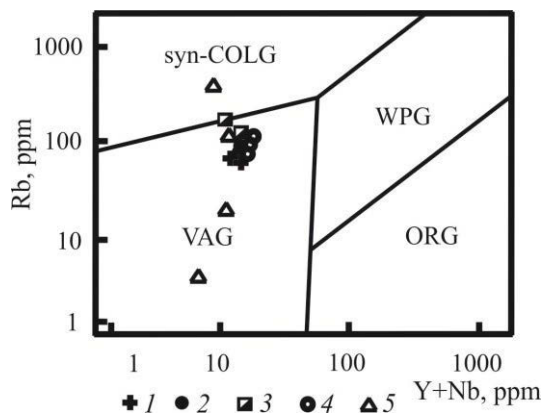


Рис. 3. Дискриминационная диаграмма Rb – Y+Nb для гранитоидов [5].

Поля на диаграммах: syn-COLG – коллизионные граниты, WPG – внутриплитные граниты, VAG – граниты вулканических дуг, ORG – граниты океанических хребтов.

Амуджиканский комплекс: 1 – гранит-порфиры, 2 – диоритовые порфиры, 3 – гибридные порфиры, 4 – лампрофиры, 5 – взрывчатые брекчии.

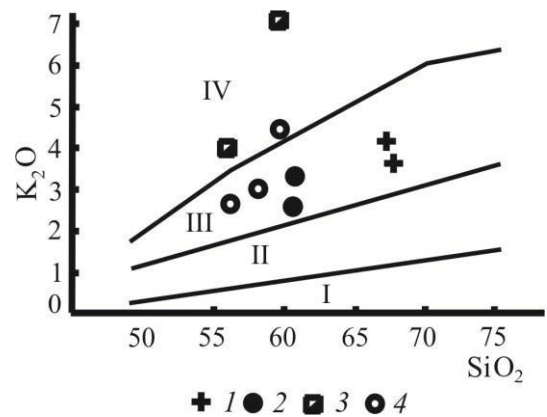


Рис. 4. Соотношение $K_2O - SiO_2$ в интрузивных и взрывчатых образованиях Ключевского золоторудного месторождения.

Таблица 2. Среднее содержание и корреляционные связи ($r>0,5$) золота с другими элементами в сульфидно-кварц-турмалиновых рудах и взрывчатых брикетах с кварц-турмалиновым цементом

Типы руд	Число проб	Содержание Au, <u>от –до</u> среднее	Элементы, с которыми Au имеет значимые корреляционные связи ($r>0,5$)
Сульфидно-кварц-турмалиновые руды	37	<u>0 – 9,02</u> 1,99	Cu, Sn, As, Cd
Взрывчатые брикеты	23	<u>0,01 – 2,14</u> 0,39	Cu, Cd, Sn, Ag

Примечание: Содержание золота определялось сцинтилляционным и атомно-абсорбционным методами в аналитических лабораториях ОАО ЛИЦИМС (г. Чита).

Таким образом, с дайками лампрофиров и гибридных порфиров парагенетически связано золотое оруденение. Магматические очаги этих интрузий амуджиканского комплекса имели близкие степени дифференциации и функционировали в глубинах, соответствующих нижней континентальной коре. Образование ЭБ связано с интрузиями амуджиканского комплекса. Их формирование проходило во все периоды рудного процесса. В ранних ЭБ отмечается кварц-турмалиновый цемент, в поздних – карбонатный. Поздние брикеты характеризуются повышенными концентрациями РЗЭ. Золотое оруденение в рудах сульфидно-кварц-турмалиновой ассоциации и в рудных брикетах образовано в ходе в ходе единых процессов рудообразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Винокуров С.Ф. Европиевые аномалии в рудных месторождениях и их геохимическое значение // Доклады академии наук, 1996. Т. 346. № 6. С. 792–795.
2. Криволицкая Н.А., Гонгальский Б.И. Ключевское месторождение // Месторождения Забайкалья. М.: Геоинформмарк, 1995. Т. 1. Кн. 2. С. 33–40.
3. Криволицкая Н.А. Парагенетические ассоциации минералов и условия образования руд Ключевского месторождения золота (Восточное Забайкалье, Россия) // Геология рудных месторождений, 1997. № 4. С. 344-361.
4. Комаров П.В., Томсон И.Н. Возрастная последовательность оруденения и плутогенные минерогенетические циклы на примере Восточного Забайкалья // Отечественная геология, 1995. № 10. С. 26–56.
5. Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks // Petrol., 1984. V. 25. I. 4. P. 956–983.
doi: 10.1093/petrology/25.4.956