

ПЕТРОГЕОХИМИЯ, УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНИТОИДОВ АМУДЖИКАНО-ШАХТАМИНСКОГО КОМПЛЕКСА (J₂₋₃) В РУДНЫХ ПОЛЯХ ЗОЛОТОРУДНЫХ И МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Абрамов Б.Н.

Доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Лаборатория геоэкологии и рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия

Адрес: 672014, г. Чита, ул. Недорезова, 16а, а/я 521
телефон: (3022) 20-61-25, e-mail: b.abramov@mail.ru

Аннотация: Гранитоиды амуджикано-шахтаминского комплекса рудных полей молибденовых и золоторудных месторождений имеют общие и отличительные геохимические особенности. К общим относятся: соответствие адакитам и высококальцевой известково-щелочной серии, одинаковые глубины и степени фракционирования магматических очагов. Различие – в повышенных концентрациях тяжелых редкоземельных элементов в гранитах молибденовых месторождений относительно таковых в золоторудных месторождениях.

Ключевые слова: Амуджикано-шахтаминский комплекс, геохимические особенности, золото, молибден.

В Восточном Забайкалье мезозойские золоторудные и молибденовые месторождения имеют тесную парагенетическую связь с интрузиями амуджикано-шахтаминского комплекса (J₂₋₃). Они отмечаются в бассейнах рек Шилка, Газимур, Нерча, Онон. Интрузии этого комплекса широко распространены в рудных полях Дарасунского, Балейского, Дельмачикского, Ключевского, Карийского, Средне-Голготайского, Андрюшкинского, Верхне-Алиинского золоторудных месторождений, Бугдаинского, Шахтаминского, Жирекенского и Давендинского месторождений. Пространственно эти месторождения тяготеют к Монголо-Охотской сутуре [7] (рис. 1).

Академиком Смирновым С.С. в Восточном Забайкалье был выделен золото-молибденовый пояс [13]. Месторождения золота и молибдена в Восточном Забайкалье имеют тесные парагенетические связи. На золоторудных месторождениях высокотемпературные рудные ассоциации с молибденитом выделяются в числе ранних. Рудные ассоциации молибденовых

месторождений характеризуются повышенными концентрациями золота. Источниками золотого и молибденового оруденений являются интрузивные образования амуджикано-шахтаминского комплекса [1, 2, 9, 14].

Образование интрузий амуджикано-шахтаминского комплекса связано с коллизионными процессами, происходившими в течение средней-поздней юры, в результате столкновения Сибирского и Монголо-Китайского континентов [7].

Интрузии амуджикано-шахтаминского комплекса образуют штоки, лакколиты площадью до нескольких сотен км². Наиболее часто это – 2-х, 3-х фазные массивы. Породы первой фазы представлены кварцевыми монцонитами, диоритами, габбродиоритами; породы второй фазы – гранодиоритами, гранитами, кварцевыми сиенитами; породы третьей фазы – гранодиоритами, крупнозернистыми порфировидными гранитами. Породы дайковой серии подразделяются на две группы. Первая, ранняя группа представлена кварцевыми порфирами, гранит-порфирами, сиенит-порфирами.

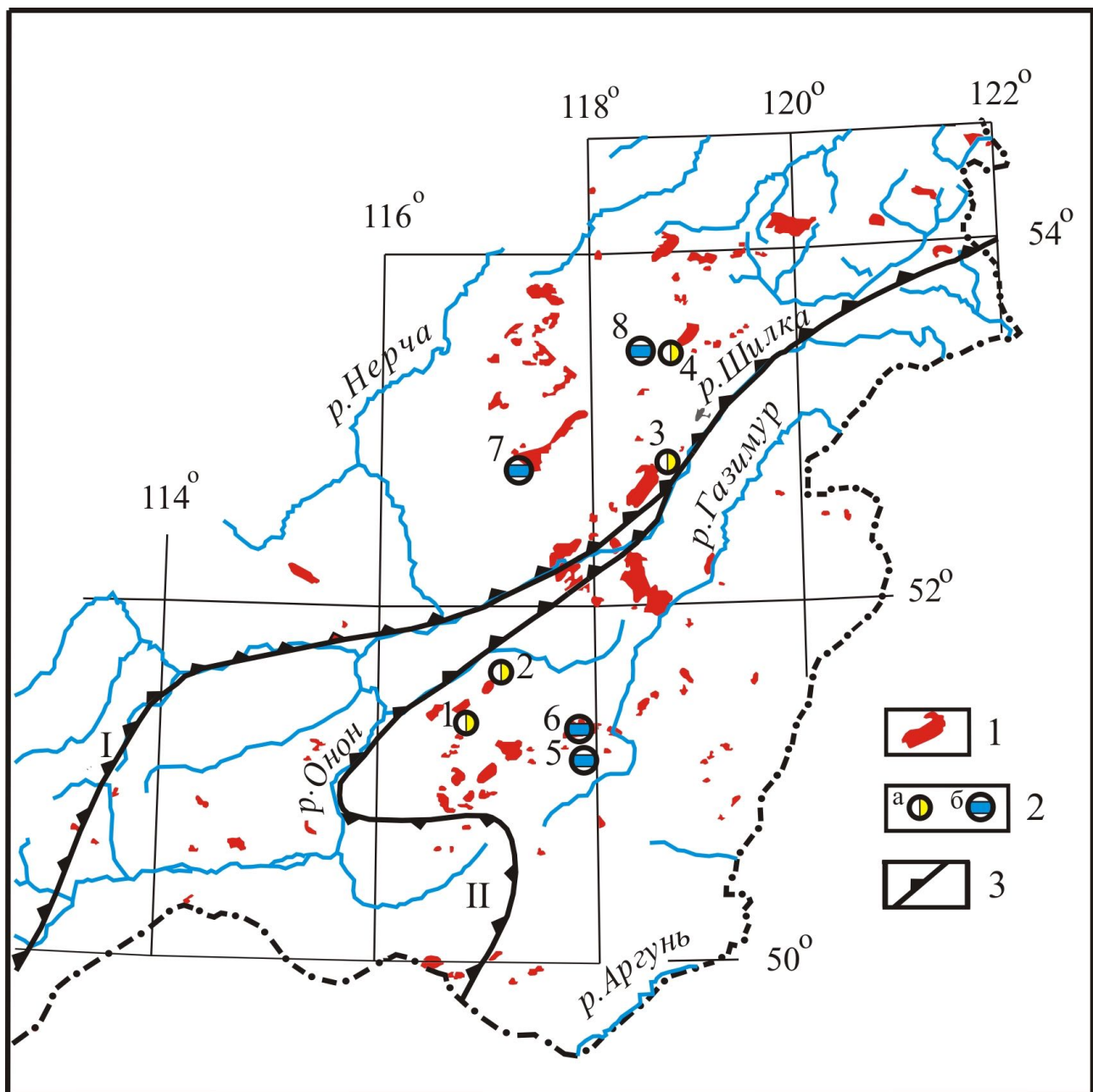


Рис. 1. Схема размещения золоторудных и молибденовых месторождений Восточного Забайкалья. 1 – выходы интрузий амуджикано-шах-таминского комплекса; 2 – месторождения: а) золота: 1 – Андрюшкинское, 2 – Верхне-Алиинское, 3 – Карийское, 4 – Ключевское; б) молибдена: 5 – Бугдаинское, 6 – Шахтаминское, 7 – Жирикенское, 8 – Давендинское; 3 – Монголо-Охотская сutura: I – основная ветвь, II – оонская ветвь.

С этими дайками связано сопутствующее молибденовое и медно-молибденовое оруденение. Вторая, поздняя группа даек (дайки второго этапа) образована гибридными порфирами, лампрофирами, грорудитами. С этими дайками парагенетически связано золотое оруденение. Установлено, что мезозойские рудно-магматические системы Восточного Забайкалья

являются производными шошонитлатитовой и высококалиевой известково-щелочной магм. Шошонитлатитовый состав плутонических и вулканоплутонических ассоциаций предполагает мантийный источник магматических расплавов. Мантийное происхождение золотого и молибденового оруденений подтверждается изотопией Pb, серы

сульфидов мезозойских месторождений золота и молибдена [14].

Абсолютный возраст интрузий амуджикано-шахтаминского комплекса по разным источникам колеблется в интервале 180-111 млн. лет [10, 11, 12]. В тот же период происходило формирование золотого и молибденового оруденения [1, 15].

Анализ петрогеохимического состава гранитоидов амуджикано-шахтаминского комплекса рудных полей золоторудных и молибденовых месторождений показывает, что в основном, они соответствуют высококальциевой известково-щелочной серии (рис. 2).

Значения коэффициента $SI = Al_2O_3 / (Na_2O + K_2O + CaO)$ мол. кол. интрузий амуджикано-шахтаминского комплекса не превышают 1,12, что соответствует таковым гранитоидам островных и континентальных дуг (табл. 1, 2) [8].

Установлено, что потенциальная рудоносность гранитов определяется возможностями концентрирования рудных элементов в остаточных магматических очагах, условиями дегазации на различных этапах кристаллизационной дифференциации магм [17], окислительно-восстановительными обстановками их образования [19], размерами и глубиной формирования интрузивных образований, геохимическим типом магм и тектоническими обстановками в периоды формирования интрузий [14].

По геохимическому составу граниты амуджикано-шахтаминского комплекса соответствуют интрузивным образованиям вулканических дуг (рис. 3).

По условиям формирования С. Ишихара выделил гранитоиды магнетитовой и ильменитовой серий [19]. Эти отличия обусловлены глубинными условиями формирования магматических расплавов и режимами

их кристаллизации. Установлена четкая связь между месторождениями золота и полиметаллов с гранитами магнетитовой серии, а гранитов ильменитовой серии – с оловорудными месторождениями [16].

Выявлено, что граниты магнетитовой серии кристаллизовались в условиях закрытой системы, гранитоиды ильменитовой серии – в условиях открытой системы [19]. В гранитах магнетитовой серии $Fe_2O_3/FeO > 0,5$; в гранитах ильменитовой серии $< 0,5$ [4]. Геохимические особенности указывают на образование гранитоидов в обстановках как закрытых, так и открытых систем (рис.4).

По геохимическим особенностям преобладающая часть гранитов соответствуют I-типу, источниками которых являются магматические породы. Часть гранитов молибденовых месторождений - S-типу. По Ba/Rb отношениям значительная часть гранитов близка гранитам андезитового типа (среднее Ba/Rb составляет 5,5 по [17]), меньшая часть соответствует гранитам латитового типа ($Ba/Rb - 14,0$ по [17]), являющихся дифференциатами базальтовой магмы (табл. 1).

Для оценки степени дифференциации магматических очагов интрузивных образований были рассчитаны Eu/Eu^* отношения в гранитах рассматриваемых гранитоидов. Наибольшей степенью дифференциации магматического очага среди гранитоидов рудных полей золоторудных месторождений характеризуются граниты Андрушкинского месторождения ($Eu/Eu^* - 0,47-0,53$), незначительной степенью дифференциации или отсутствием таковой – гранитоиды Карийского и Верхне-Алиинского месторождений ($Eu/Eu^* - 0,74-1,03$) (табл. 1).

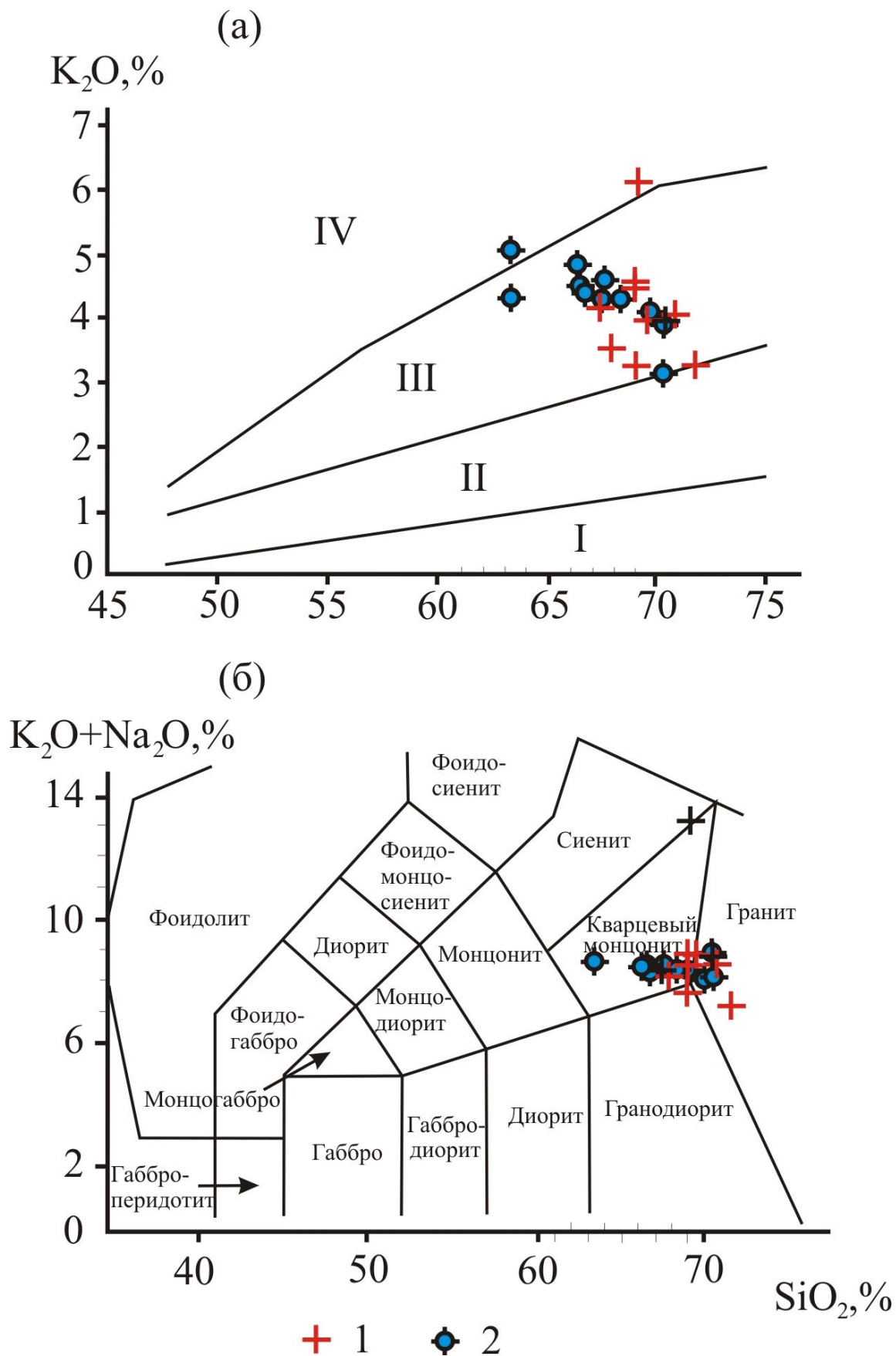


Рис. 2. Квалификационные диаграммы пород: а) $K_2O - SiO_2$, б) $K_2O + Na_2O - SiO_2$ в гранитоидах рудных полей золоторудных и молибденовых месторождений. Поля интрузивных серий на диаграмме: IV – шошонитовая, III – высококалиевая известково-щелочная, II – среднекалиевая известково-щелочная, I – островодужная толеитовая. Гранитоиды рудных полей: 1 – золоторудных месторождений, 2 – молибденовых месторождений.

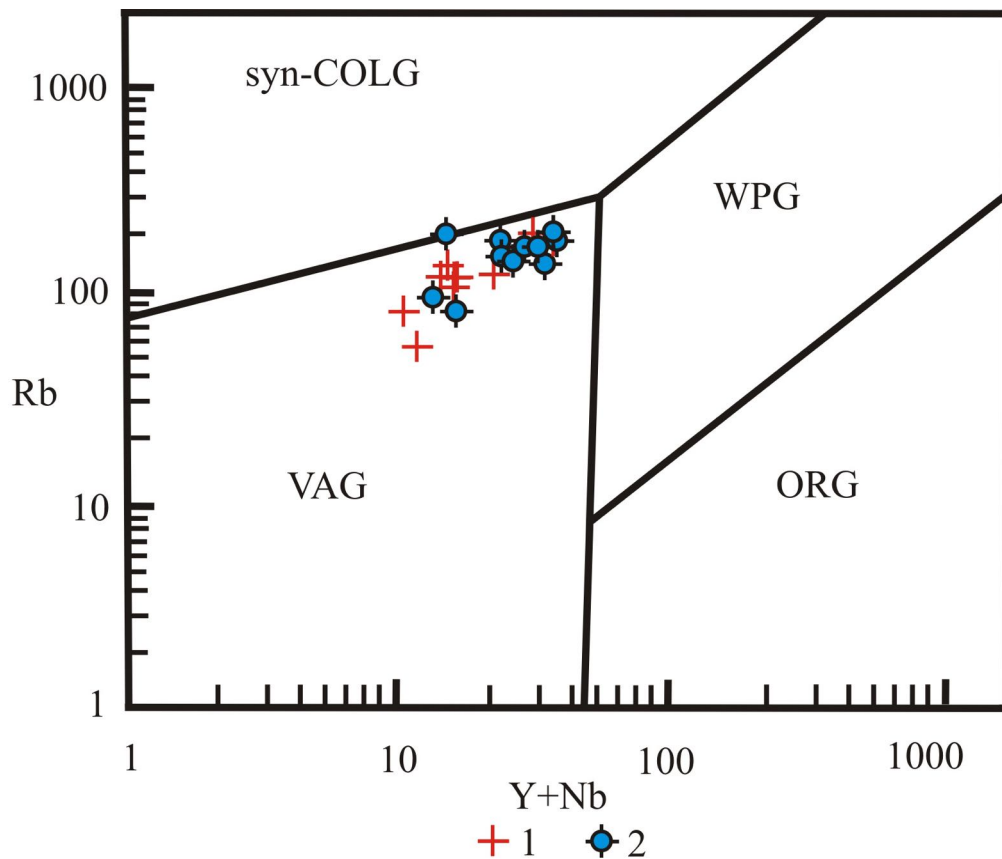


Рис. 3. Диаграмма Rb – Y+Nb для гранитоидов [8]. Поля на диаграммах: syn-COLG – коллизионные граниты, WPG – внутриплитные граниты, VAG – островодужные граниты, ORG – граниты океанических хребтов. Гранитоиды рудных полей: 1 – золоторудных месторождений, 2 – молибденовых месторождений.

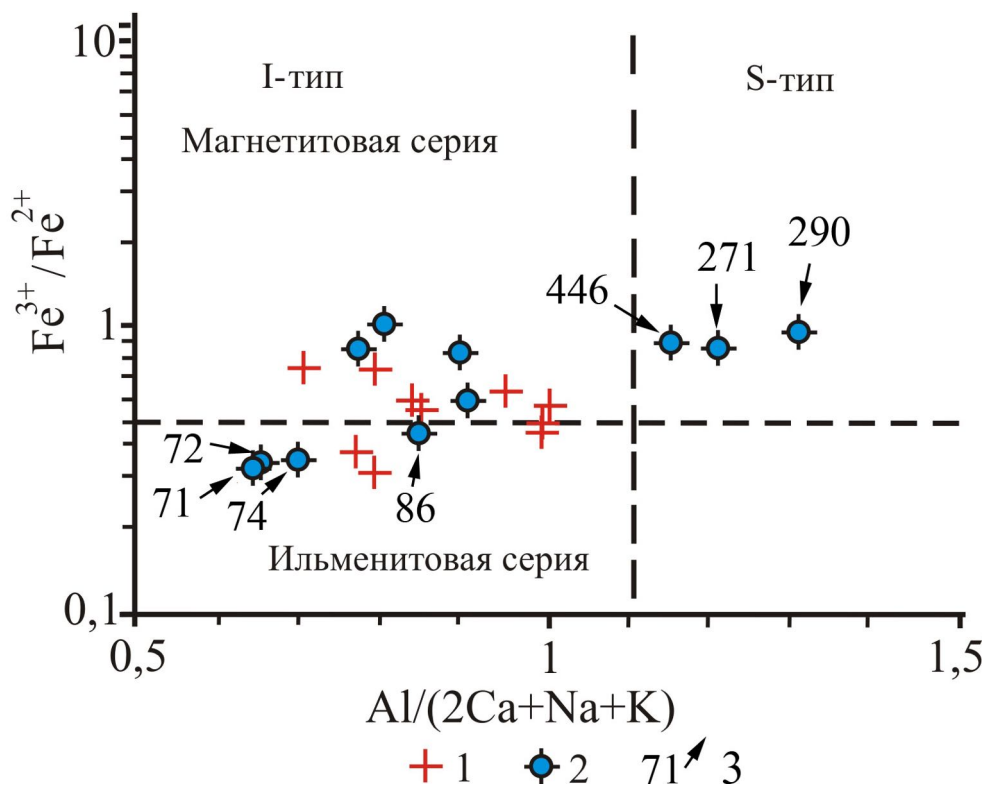


Рис. 4. Диаграмма Fe^{3+}/Fe^{2+} – $Al/(2Ca+Na+K)$ для гранитоидов рудных полей золоторудных и молибденовых месторождений [4]. Гранитоиды: 1 – золоторудных месторождений, 2 – молибденовых месторождений, 3 – значения номеров проб в табл. 2.

Таблица 1.

Содержания петрогенных компонентов (масс. %), и элементов-примесей в гранитоидах амуджикано-шахтаминского комплекса в рудных полях золоторудных месторождений Восточного Забайкалья (г/т)

№ проб	489	489-1	548	548-3	694	694-1	695	684	684-1	685
SiO ₂	69,00	69,00	67,80	67,30	69,10	69,00	72,00	71,00	69,60	70,50
TiO ₂	0,62	0,61	0,35	0,33	0,27	0,42	0,35	0,28	0,32	0,32
Al ₂ O ₃	14,40	14,00	15,00	14,70	15,60	14,80	13,30	15,10	15,50	15,60
Fe ₂ O ₃	0,64	0,78	1,28	1,23	0,86	1,16	1,01	0,77	0,74	0,69
FeO	2,16	1,84	1,68	1,56	1,37	2,11	1,68	1,33	1,48	1,52
MnO	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04
MgO	1,66	1,49	1,40	1,06	1,18	2,23	1,90	0,57	0,89	0,80
CaO	2,09	1,83	2,68	2,49	0,92	1,83	1,56	0,92	1,02	1,02
Na ₂ O	3,39	3,88	4,53	4,19	3,86	4,39	4,00	4,54	4,86	4,75
K ₂ O	4,55	4,58	3,57	4,10	6,15	3,20	3,18	3,98	3,92	4,00
P ₂ O ₅	0,17	0,17	0,13	0,13	0,11	0,16	0,12	0,17	0,17	0,16
ппп	1,08	1,06	1,25	2,36	0,65	0,85	0,73	0,79	0,74	0,90
Сумма	99,79	99,28	99,7	99,5	100,1	100,21	99,9	99,5	99,3	100,3
As	110	100	39	99	81	140	56	400	220	105
Pb	65	61	35	21	30	15	17	27	36	19
Rb	190	200	64	80	160	119	105	127	110	109
Sr	410	360	560	550	480	434	410	780	920	940
Zr	280	280	110	110	88	130	114	160	145	150
Nb	18	16	6,4	5,5	8,3	6,9	7,4	12	6,4	7
Sn	4,4	8,1	-	-	2,1	2,3	1,8	1,8	-	1,8
Sb	3,1	5,4	4	12	4	-	-	-	-	-
Ba	660	580	800	1130	1500	240	250	800	1000	1030
La	41,80	40,30	13,50	17,00	13,2	21,1	20,7	27,7	28,3	29,0
Ce	103,0	95,60	33,60	32,70	46,0	51,4	49,4	66,2	71,6	74,0
Pr	10,00	8,80	2,50	2,60	3,5	5,4	4,9	6,3	6,8	7,0
Nd	37,00	31,50	10,90	11,10	12,7	21,1	17,9	21,5	22,3	22,8
Sm	6,40	5,40	1,60	1,70	2,6	4,0	3,2	3,94	4,2	4,2
Eu	0,81	0,64	0,33	0,38	0,73	0,78	0,66	0,84	1,01	1,03
Gd	4,30	3,40	1,26	1,18	1,8	2,6	2,2	2,15	2,4	2,45
Tb	0,52	0,47	0,38	0,39	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Dy	2,70	2,30	0,91	0,90	1,3	1,9	1,6	1,7	1,5	1,6
Ho	0,53	0,48	0,20	0,20	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	,0,5	<0,5
Er	1,50	1,26	0,51	0,50	0,75	1,0	0,84	0,8	0,7	0,75
Tm	0,18	0,17	0,08	0,09	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Yb	1,30	1,00	0,51	0,51	0,70	0,94	0,80	0,8	0,67	0,69
Lu	0,18	0,15	0,09	0,10	<0,15	0,16	0,14	0,17	<0,15	<0,15
Y	16,30	13,30	5,60	5,60	7,3	9,7	8,9	9,0	8,1	8,1
Ba/Rb	3,47	2,90	12,50	14,13	9,38	2,02	2,38	6,29	9,09	9,45
Fe ⁺³ /Fe ⁺²	0,30	0,42	0,76	0,79	0,63	0,55	0,60	0,58	0,50	0,45
Eu/Eu*	0,47	0,53	0,71	0,82	1,03	0,74	0,76	0,88	0,97	0,98
Eu/Sm	0,13	0,12	0,21	0,22	0,28	0,20	0,21	0,21	0,24	0,24
ΣTR+Y	226,52	204,77	78,87	83,48	72,66	112,40	104,72	138,39	148,57	152,97
ASI	0,89	0,76	0,92	0,92	1,04	1,06	1,01	1,11	1,09	1,12

Примечание к табл. 1: Анализы выполнены в Геологическом институте СО РАН (г. Улан-Удэ). Силикатные анализы выполнены стандартным методом (аналитики В.А. Иванова, О.В. Корсун, Б.Б. Лыгденова, Л.В. Митрофанова), элементный состав – РФА методом (аналитик Б.Ж. Жалсараев), редкоземельные элементы – ASP-AES методом (аналитики Л.А. Левантуева, Т.И. Казанцева); Пробы месторождений: 489, 489-1 – Андрюшкинское; 458, 458-3 – Ключевское, 694, 694-1, 695 – Карийское; 684, 684-1, 685 – Верхне-Алиинское. ASI=Al₂O₃/(Na₂O+K₂O+CaO) в молекулярных количествах.

Среди гранитоидов рудных полей молибденовых месторождений значительной степенью дифференциации магматических очагов характеризуются гранитоиды Жирикенского и Шахтаминского месторождений ($Eu/Eu^* = 0,60-0,68$), незначительной степенью дифференциации – гранитоиды Давендинского месторождения ($Eu/Eu^* = 0,94-0,96$) (табл. 1).

Для выявления глубин формирования рудоносных магматических очагов использованы Eu/Sm отношения в трактовке С.Ф. Винокурова [5]. Так, $Eu/Sm = 0,2$ отвечает границе верхней континентальной коры [5]. Значения Eu/Sm в рассматриваемых гранитах указывает на образование магматических очагов в верхней континентальной коре и нижней континентальной коре (табл. 1, 2).

Химический состав гранитоидов зависит от степени и глубины фракционирования исходных магматических расплавов. В качестве показателя глубины фракционирования используется коэффициент глиноземистости $Kal = (Al-2Ca)/(Na+K)$ ат.кол., при оценке степени фракционирования – отношение SiO_2/CaO [18]. Магматические очаги гранитов амуджикано-шахтаминского комплекса в рудных полях золоторудных и молибденовых месторождений, по указанным выше показателям, характеризуются низкой и средней степенью фракционирования, высокими и средними глубинами фракционирования (рис. 5).

Геохимические особенности интрузий амуджикано-шахтаминского комплекса указывают на их соответствие адакитовым образованиям (табл. 2, рис. 6).

Формирование адакитов связывается с процессами плавления мантией субдуцирующей океанической литосферы [6]. Адакиты имеют следующие характеристики:

величина $(La/Yb)_n$ не более 10; содержание Yb – менее 1,8 г/т; $Y < 18,0$ г/т; $Sr > 300$ г/т. Такие геохимические особенности обусловлены присутствием граната в рестите [6]. Установлено, что в Забайкальском крае порфировые граниты амуджикано-шахтаминского комплекса (J2-3), с которыми связано молибденовое оруденение Шахтаминского месторождения, соответствуют К-адакитам [2]. Формирование адакитов часто сопровождается промышленной минерализацией элементов халькофильного ряда [22].

На диаграмме $(La/Yb)_n - Y_n$ составы гранитоидов золоторудных месторождений в основном сосредоточены в поле адакитов, гранитоиды молибденовых месторождений – в поле островных дуг и активных континентальных окраин. При этом точки составов гранитоидов золоторудных месторождений локализуются в основном вдоль линии плавления амфиболитов, гранитоиды молибденовых месторождений концентрируются в верхней коре (рис. 6 б).

Распределение редкоземельных элементов (РЗЭ) в гранитоидах рудных полей золоторудных и молибденовых месторождений имеют отличительные особенности (рис. 7).

Так, в гранитоиды молибденовых месторождений в сравнении с гранитоидами золоторудных месторождений характеризуются более высокими концентрациями тяжелых РЗЭ (табл 1, 2, рис. 7).

Это указывает на то, что магматические очаги молибденовых месторождений в сравнении с магматическими очагами золоторудных месторождений, имели более глубинные магматические источники. Повышенные концентрации тяжелых РЗЭ отмечаются в темноцветных минералах.

Таблица 2

Содержания петрогенных компонентов (масс. %), и элементов-примесей в гранитоидах амуджикано-шахтаминского комплекса рудных полей молибденовых месторождений Восточного Забайкалья (г/т)

№ проб	446	453	183	192	290	71	72	74	86	271	273
SiO ₂	67,6	63,3	69,0	69,9	67,4	66,5	66,7	66,2	68,3	70,8	70,7
TiO ₂	0,47	0,64	0,41	0,36	0,44	0,49	0,46	0,48	0,39	0,26	0,29
Al ₂ O ₃	15,5	16,3	14,7	15,0	16,3	14,5	14,6	14,5	14,6	14,6	14,5
Fe ₂ O ₃	1,96	1,69	1,21	1,09	1,80	0,75	0,74	0,77	0,74	1,27	1,31
FeO	1,68	2,44	1,21	1,30	1,37	2,44	2,14	2,31	1,63	1,04	1,15
MnO	0,03	0,58	0,02	0,03	0,03	0,05	0,04	0,05	0,02	0,04	0,04
MgO	0,96	1,24	0,97	0,87	1,14	2,53	2,28	2,62	2,32	1,00	1,09
CaO	1,64	1,79	1,88	2,29	2,38	2,99	2,70	2,91	1,50	1,80	2,07
Na ₂ O	3,94	3,56	4,03	3,99	3,89	3,86	3,79	3,86	4,10	4,16	4,62
K ₂ O	4,58	5,05	4,31	4,05	4,35	4,65	4,43	4,81	4,27	3,88	3,13
P ₂ O ₅	0,12	0,17	0,11	<0,10	0,12	0,15	0,15	0,15	0,19	<0,1	<0,1
ппп	1,13	2,43	1,57	0,90	1,21	1,05	1,26	0,92	1,34	0,78	0,87
Сумма	99,61	99,19	99,42	99,78	99,43	99,96	99,29	99,58	99,40	99,63	99,77
Zn	88	730	28	57	32	67	48	59	36	35	36
As	12	23	13	5	4,3	15	31	16	-	5,7	15
Pb	11	15	23	17	21	15	9	47	29	32	32
Rb	150	187	186	162	151	173	173	200	140	92	80
Sr	317	360	474	469	555	352	370	394	776	519	582
Zr	202	216	160	149	190	185	167	188	135	95	100
Nb	13	8,7	9,4	9,2	8,9	13	13	17	6	6,1	7,9
Sn	2,6	4,1	-	-	2,0	1,9	2,4	3	-	16,3	-
Sb	-	-	-	-	2,6	6	4,4	3,8	2,7	-	-
Ba	1210	2770	817	624	924	646	623	650	1070	879	652
La	44	44	31,1	28,07	38,9	42,2	34,3	38,2	51,1	23,6	28,6
Ce	78	90	59,6	52,9	76,8	80,2	67,0	75,0	92,5	43,9	47,4
Pr	8,1	10,3	7,3	6,4	7,43	8,05	7,2	7,9	9,2	3,52	4,13
Nd	31	44	24,2	21,45	34,1	28,5	25,8	27,3	33,9	17,8	19,8
Sm	5,2	8,3	3,95	3,8	5,74	4,9	4,4	5,2	5,6	2,48	2,78
Eu	1,18	2,14	0,70	0,65	0,95	0,79	0,79	0,79	0,95	0,58	0,69
Gd	4,7	7,6	3,05	2,80	3,42	3,3	3,5	3,5	3,2	1,43	1,68
Tb	0,64	1,03	0,33	0,32	<1	0,47	0,51	0,7	0,55	0,44	0,13
Dy	3,97	5,9	2,23	2,13	2,63	2,4	2,2	2,4	1,5	1,00	1,27
Ho	0,74	1,03	0,39	0,41	0,64	0,5	0,5	0,5	<0,5	0,23	0,26
Er	2,42	3,08	1,07	1,14	1,56	1,3	1,2	1,5	<1	0,60	0,83
Tm	0,33	0,41	0,24	0,21	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,01	0,06
Yb	2,43	3,0	1,17	1,32	1,44	1,35	1,3	1,35	0,6	0,69	0,80
Lu	0,38	0,44	0,14	0,16	<0,3	<0,15	0,18	0,15	<0,15	0,13	0,15
Y	20	26	12,55	13,1	15,1	13,8	17,1	15,1	9,5	6,37	7,61
ΣTR+Y	203,09	247,23	148,02	134,86	188,71	188,76	165,98	179,59	208,60	102,78	116,19
Ba/Rb	8,07	14,81	4,39	3,85	6,12	3,73	3,60	3,25	7,64	9,55	8,15
Fe ⁺³ /Fe ⁺²	1,17	0,69	1,00	0,84	1,31	0,31	0,35	0,33	0,45	1,22	1,14
Eu/Eu*	0,73	0,82	0,62	0,61	0,65	0,60	0,62	0,62	0,68	0,94	0,96
Eu/Sm	0,23	0,26	0,18	0,17	0,17	0,16	0,18	0,15	0,17	0,23	0,25
(La/Yb) _n	12,56	10,11	18,45	14,76	18,74	21,69	18,32	19,63	16,59	23,72	24,83
ASI	1,08	1,12	0,99	0,99	1,07	0,86	0,92	0,86	1,03	1,02	0,99

Примечание к табл. 2: Гранитоиды рудных полей молибденовых месторождений: Бугдаинского – 446, 453; Жирикенского– 183, 192, 290; Шахтаминского – 71,72, 74, 86; Давендинского – 271, 273.

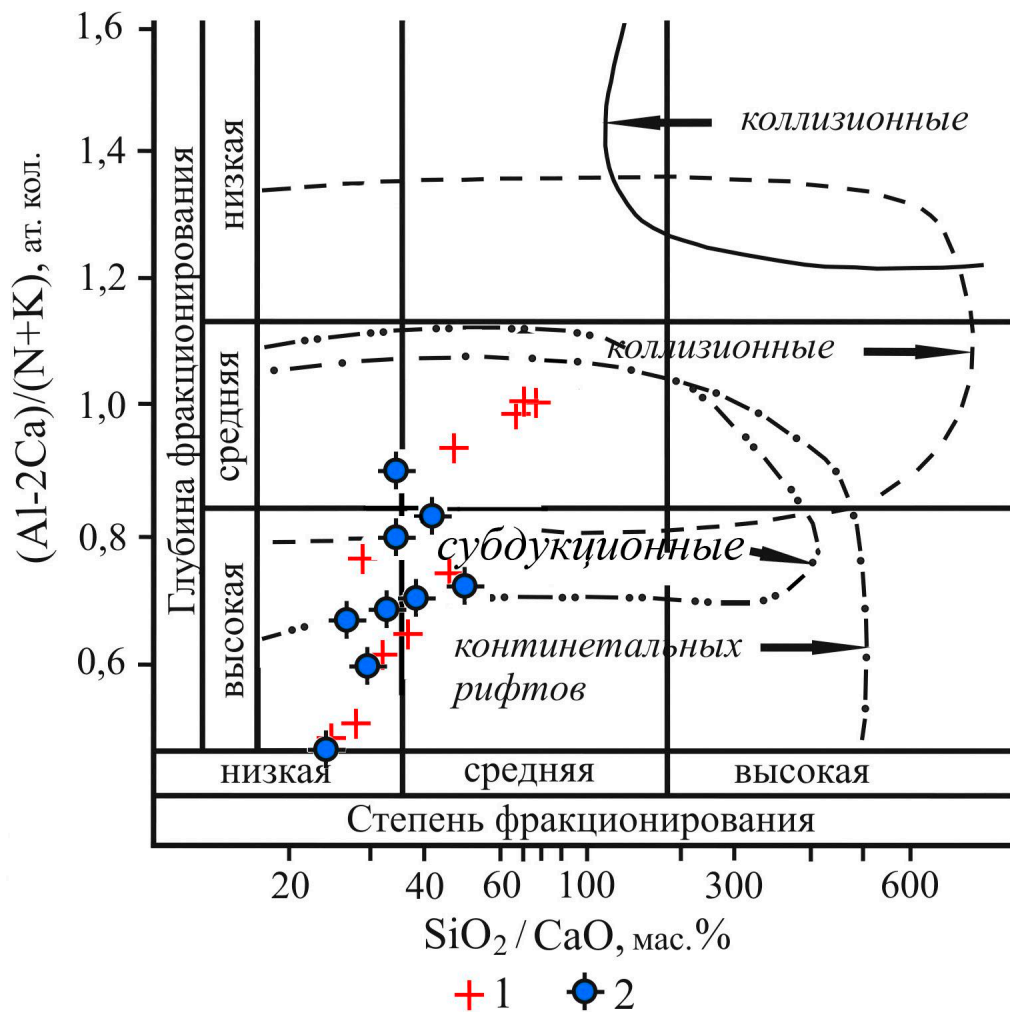


Рис. 5. Диаграмма $(Al - 2Ca) / (Na + K) - SiO_2 / CaO$ степени и глубинности фракционирования гранитоидов амуджикано-шахтаминского комплекса. Поля значений гранитоидов рудных полей: 1 – золоторудных месторождений, 2 – молибденовых месторождений.

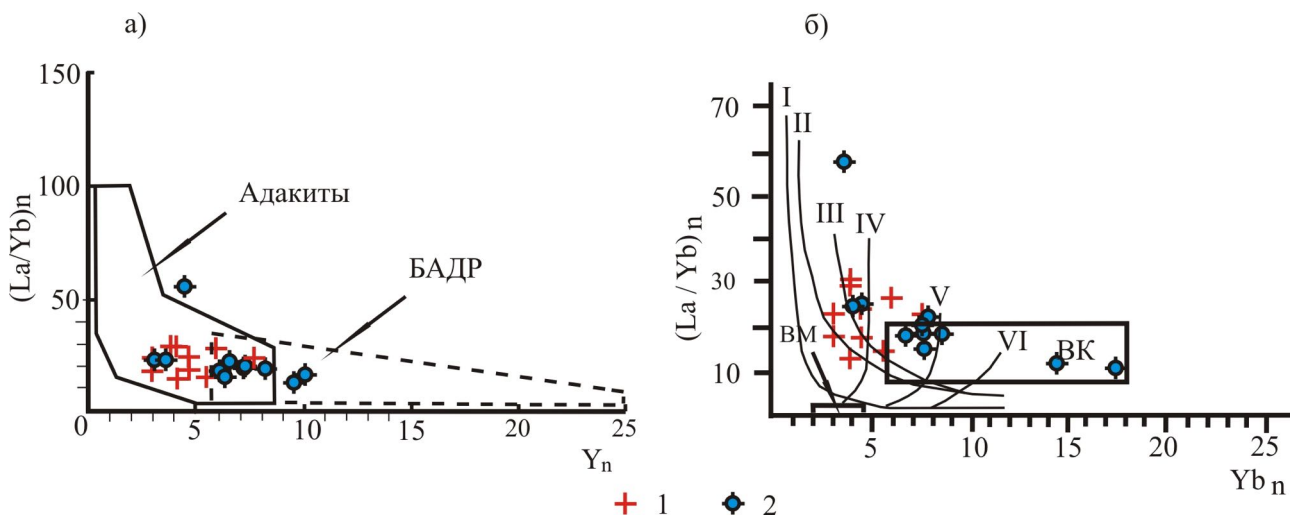


Рис. 6. а) дискриминационная диаграмма $(La/Yb)_n - Y_n$ по [20, 21]. БАДР – породы базальт-андезит-дацитриолитовых ассоциаций островных дуг и активных континентальных окраин, б) диаграмма $(La/Yb)_n - Y_{bn}$ для интрузий рудных полей золоторудных и молибденовых месторождений. Тренды плавления различных источников: I – кварцевые эклогиты, II – гранатые амфиболиты, III – амфиболиты, IV – гранатсодержащая мантия с содержанием граната 10%, V – гранатсодержащая мантия с содержанием граната 5%, VI – гранатсодержащая мантия с содержанием граната 3%; BM – верхняя мантия, BK – верхняя кора: тоналиты, плагииграниты, плагиигранитоиды. Гранитоиды рудных полей: 1 – золоторудных месторождений, 2 – молибденовых месторождений.

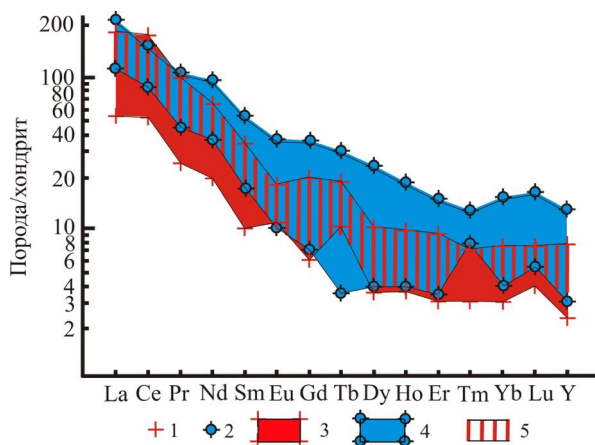


Рис. 7. Спайдер-диаграмма распределения редкоземельных элементов в гранитах амуджикано-шахтаминского комплекса рудных полей золоторудных и молибденовых месторождений Восточного Забайкалья. Граниты: 1 – золоторудных месторождений, 2 – молибденовых месторождений; 3, 5 – поля значений РЗЭ в гранитоидах золоторудных месторождений; 4 – поля значений РЗЭ в гранитоидах молибденовых месторождений; 5 – области совпадения значений РЗЭ в гранитоидах золоторудных и молибденовых месторождений.

Таким образом, гранитоиды рудных полей молибденовых и золоторудных месторождений по геохимическим особенностям соответствуют интрузиям вулканических дуг. Это подтверждается данными ASI, не превышающими 1,12. Гранитоиды золоторудных и молибденовых месторождений имеют следующие общие геохимические характеристики:

1. На содержание K_2O они соответствуют высококалевой известково-щелочной серии ($K_2O > 3\%$);
2. По соотношениям $(La/Yb)_n - Y_n$ преобладающая часть гранитоидов соответствует адакитам;
3. По показателям коэффициентов глиноземистости $(Al-2Ca)/(N+K)$ и степени фракционирования (SiO_2/CaO) они характеризуются, в целом, высокими и средними глубинами, а также средними степенями фракционирования;

4. По степени открытости системы магматических очагов они соответствуют интрузиям ильменитовой и магнетитовой серий;
5. По соотношению Ba/Rb преобладающая часть гранитов близка гранитам андезитового типа.

К числу отличительных особенностей относятся повышенные концентрации тяжелых редкоземельных элементов в гранитах молибденовых месторождений относительно концентраций таковых в золоторудных месторождениях.

Литература

1. Абрамов Б.Н. Условия формирования и рудоносность флюидно-эксплозивных образований золоторудных месторождений Восточного Забайкалья // Доклады Академии Наук, 2011, т. 440, № 1. С. 67-71.
2. Берзина А.П., Берзина А.Н., Гимон В.О. и др. Шахтаминская Мо-порфировая рудно-магматическая система (Восточное Забайкалье): возраст, источники, генетические особенности // геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 6. С. 764-786.
3. Борисенко А.С., Жмодик С.М., Наумов Е.А., Спиридонов А.М., Берзина А.Н. Возрастные рубежи формирования золотого оруденения Восточного Забайкалья // Материалы конференции «Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований». М. ИГЕМ РАН. 2010. Т. 1. С. 82-83.
4. Валуи Г.А., В.Г. Моисеенко, А.А. Срижкова, Е.Ю. Москаленко. Генетические аспекты магнетитовых и ильменитовых гранитоидов (на примере Сихотэ-Алиня) // Доклады Академии наук. 2005. Т. 405. № 4. С. 507-510.
5. Винокуров С.Ф. Европейские аномалии в рудных месторождениях и их гео-химическое значение // Доклады академии наук. 1996. Т. 346. С. 792-795.
6. Ефремов С.В. Раннепалеозойские адакиты Восточного Саяна, геохимические особенности и источники вещества // Геохимия. 2010. № 11. С. 1185-1201.
7. Зорин Ю.А., Беличенко В.Г., Рутштейн И.Г. и др. Геодинамика западной части Монголо-Охотского пояса и тектоническая позиция рудных проявлений золота в Забайкалье // Геология и геофизика. 1998. – Т 39. – № 11. С. 104 – 112.

8. Интерпретация геохимических данных: Учебное пособие /Под ред. Е.В. Скларова/. М.: Интермет Инжиниринг. 2001. 288 с.
9. Коваленкер В.А., Кисилева Г.Д., Крылова Т.Л. и др. Минералогия и условия формирования руд золотоносного W-Мо-порфирового Бугдаинского месторождения (Восточное Забайкалье, Россия) // Геология рудных месторождений. 2011. Т. 53. № 2. С. 107-142.
10. Литвинов В.Л., Соломин Ю.С. Эгиринсодержащие дайковые породы некоторых золоторудных месторождений Восточного Забайкалья, их генезис и отношение к оруденению // Известия Вузов. Геология и разведка. 1973. № 6. С. 56-53.
11. Плюснин Г.С., Спиридонов А.М., Литвинцев К.А. и др. Rb-Sr –возраст щелочных гранитов Карийского рудного узла (Восточное Забайкалье) // Доклады Академии наук СССР. 1988. Т.307. №4. С. 967-971.
12. Рублев А.Г., Александров Г.В., Александрова С.В. и др. Геохронология фанерозойского активизационного магматизма Северо-Восточного Забайкалья // Советская геология. 1985. № 10. С. 81-92.
13. Смирнов С.С. Схема металлогении Восточного Забайкалья // Проблемы сов. Геологии. - 1936. - Т.4, №10. - С. 846-864.
14. Спиридонов А.М., Зорина Л.Д., Китаев Н.А. Золотоносные рудно-магматические системы Забайкалья. Новосибирск: Академическое издательство «Гео». 2006. 291 с.
15. Сотников В.И. Cu-Мо-порфировая формация: природа, проблемы объема и границ // Геология и геофизика. 2006. Т. 47. № 2. С. 355-363.
16. Стриха В.Е. Раннеюрские гранитоиды Чагоянского и Шимановского массивов Мамынского блоков Амурского супертеррейна (Верхнее Приамурье) // Тихоокеанская геология. 2005. Т.24. С. 66-82.
17. Таусон Л.В. Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. М.:Наука. 279 с.
18. Шкодзинский В.С. Происхождение кислых магматических пород и природа особенностей их состава в разных геодинамических обстановках // Материалы научной конференции «Геология и металлогения ультрамафитовых и гранитоидных интрузивных ассоциаций складчатых областей». Екатеринбург: Изд-во Института геологии и геохимии УрО РАН. 2004. - С.420-424.
19. Ishihara S. The magnetite-series and ilmenite-series granitoid rocks // Mining Geol. 1977. V.27. P. 293-305.
20. Sharp Z.D. A laser-based microanalytical method for the in-situ determination of oxygen isotope ratios of silicates and oxides // Geochim. Cosmochim. Acta. 1990. V. 54. P. 1353-1357.
21. Shaw J.E., Baker J.A., Menzies M.A., Thirlwall M.F., Ibrahim K.M. Petrogenesis of the largest intraplate volcanic field on the Arabian Plate (Jordan): A mixed lithosphere – asthenosphere source active by lithospheric extension // J. Petrol., 2001. V. 44, № 9, p. 1657-1679.
22. Wang Q., Jian Ping, Zhi-Wei Bao et al. Petrogenesis of adakitic porphyries in an extensional tectonic setting, Dexing, South China: implications for the genesis of porphyry copper mineralization // J. Petrol. 2006. V. 47. № 1. P. 119-144.

Reference

1. Abramov B.N. Formation conditions and ore content of fluid-explosive formations of gold deposits in the Eastern Transbaikalia // Reports of the Academy of Sciences, 2011, v. 440, No. 1. P. 67-71.
2. Berzina A.P., Berzina A.N., Gimon V.O. Shakhhtaminskaya Mo-porphyry ore-magmatic system (Eastern Transbaikalia): age, sources, genetic features // geology and geophysics. 2013. T. 54. № 6. P. 764-786.
3. Borisenko AS, Zhmodik SM, Naumov EA, Spiridonov AM, Berzina A.N. Age boundaries of the formation of gold mineralization of the Eastern Transbaikalia // Materials of the conference "Native gold: typomorphism of mineral associations, conditions for the formation of deposits, tasks of applied research". M. IGEM RAS. 2010. T. 1. P. 82-83.
4. Valuy GA, V.G. Moiseenko, A.A. Srizhkova, E.Yu. Moskalenko. Genetic aspects of magnetite and ilmenite granitoids (on the example of the Sikhote-Alin) // Reports of the Academy of Sciences. 2005. T. 405. № 4. С. 507-510.
5. Vinokurov S.F. European anomalies in ore deposits and their geochemical significance // Reports of the Academy of Sciences. 1996. T. 346. S. 792-795.
6. Efremov S.V. Early Paleozoic adakites of the Eastern Sayan, geochemical features and sources of matter // Geochemistry. 2010. № 11. P. 1185-1201.
7. Zorin Yu.A., Belichenko VG, Rutshtein IG and others. Geodynamics of the western part of the Mongolo-Okhotsk belt and the tectonic position of ore occurrences of gold in Transbaikalia // Geology and geophysics. 1998. - T 39. - No. 11. P. 104 - 112.
8. Interpretation of geochemical data: Textbook / Ed. E.V. Sklyarov. Moscow: Intermet Engineering. 2001. 288 p.
9. Kovalenker VA, Kisileva GD, Krylova TL Mineralogy and conditions for the formation of ores of the gold-bearing W-Mo-porphyry Bugdain deposit (Eastern Transbaikalia, Russia)

- // Geology of ore deposits. 2011. P. 53. № 2. P. 107-142.
10. Litvinov VL, Solomin Yu.S. Egrin-containing dike rocks of some gold ore deposits of the Eastern Transbaikalia, their genesis and relation to mineralization // Izvestiya Vuzov. Geology and exploration. 1973. № 6. P. 56-53.
 11. Plyusnin GS, Spiridonov AM, Litvintsev K.A., etc. Rb-Sr-age of the alkali granites of the Karya ore node (Eastern Transbaikalia) // Reports of the Academy of Sciences of the USSR. 1988. T.307. №4. Pp. 967-971.
 12. Rublev AG, Alexandrov GV, Aleksandrova S.V. Geochronology of the Phanerozoic Activation Magmatism of the Northeast Transbaikalia // Soviet Geology. 1985. No. 10. P. 81-92.
 13. Smirnov SS Scheme metallogeneniya Eastern Transbaikalia / / Problems of Geology. - 1936. - T.4, No10. - P. 846-864.
 14. Spiridonov AM, Zorina LD, Kitaev NA Gold-bearing ore-magmatic systems of Transbaikalia. Novosibirsk: Academic publishing house "Geo". 2006. 291 p.
 15. Sotnikov V.I. Cu-Mo-porphyry formation: nature, volume and boundary problems // Geology and geophysics. 2006. T. 47. № 2. P. 355-363.
 16. Strikha V.E. Early Jurassic granitoids of the Chagoyansky and Shimanovsky massifs of the Mamynsky blocks of the Amur superterrane (Upper Amur River) // Pacific ocean geology. 2005. T.24. Pp. 66-82.
 17. Towson L.V. Geochemical types and potential ore-bearing granites. M.: Science. 279 sec.
 18. Shkodzinsky V.S. The origin of acid magmatic rocks and the nature of their composition in different geodynamic settings // Proceedings of the scientific conference "Geology and metallogeny of ultramafic and granitoid intrusive associations of folded regions". Ekaterinburg: Publishing house of the Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 2004. - P.420-424.
 19. Ishihara S. The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks // Mining Geol. 1977. V.27. P. 293-305.
 20. Sharp Z.D. A laser-based microanalytical method for the in-situ determination of oxygen isotope ratios of silicates and oxides // Geochim. Cosmochim. Acta. 1990. V. 54. P. 1353-1357.
 21. Shaw J.E., Baker J.A., Menzies M.A., Thirlwall M.F., Ibrahim K.M. Petrogenesis of the largest intraplate volcanic field on the Arabian Plate (Jordan): A mixed litho-sphere - asthenosphere source active by lithospheric extension // J. Petrol., 2001. V. 44, No. 9, p. 1657-1679.
 22. Wang Q., Jian Ping, Zhi-Wei Bao et al. Petrogenesis of adakitic porphyries in an extensive tectonic setting, Dexing, South China: implications for the genesis of porphyry copper mineralization // J. Petrol. 2006. V. 47. No. P. 119-144.



PETROGEOCHEMISTRY, THE CONDITIONS OF FORMATION OF GRANITOIDS OF AMUDZHIKAN-SHAKHTAMINSKIY COMPLEX (J₂₋₃) IN THE ORE FIELDS OF GOLD AND MOLYBDENUM ORE DEPOSITS, EAST-ERN TRANSBAIKALIA

Abramov B.N.

Doctor Science (Geology), Leading Researcher,
Laboratory of Geoecology and Ore Genesis, Institute of
Natural Resources, Ecology and Cryology of the SB
RAS, Chita, Russia

Address: 672014, Chita, str. Nedorezova, 16a, PO Box 521.

Phone: (3022) 20-61-25, **e-mail:** b.abramov@mail.ru

Abstract: The granitoids of the Amudzhikan-shakhtaminskiy complex of ore fields by molybdenum and gold ore deposits, have common and distinctive geochemical features. To common include: accordance to adakites and high-potassium calcalkaline series, the same depth and degree of fractionation of the magma chambers. The difference is in elevated concentrations of heavy rare earth elements in granites of molybdenum deposits relative to those in the gold ore deposits.

Keywords: Amudzhikan-shakhtaminskiy complex, geochemical characteristics, gold, molybdenum.

© Абрамов Б.Н., 2017