

**ПРИРОДА И ПОИСКОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ УЛЬТРАКАЛИЕВЫХ РИОЛИТОВ НА
ПРИМЕРЕ ЭПИТЕРМАЛЬНЫХ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

Л. Ф. Мишин

Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск

На примере золото-серебряных месторождений показано, что ультракалиевые породы, известные в литературе под названием ультракалиевых риолитов, образуются на ранней прерудной стадии метасоматических преобразований пород под воздействием гидротермальных растворов. Эти преобразования происходят путем ионного обмена натрия на калий с образованием псевдоморфоз адуляра по микролитам и кристаллитам полевых шпатов. Ультракалиевые породы на золото-серебряных месторождениях образуют ореол, надстраивающий гидротермально-метасоматическую зональность вверх и вширь от рудных залежей, и, таким образом, являются важным признаком при поисках рудных месторождений, в первую очередь при прогнозировании не выходящего на поверхность оруденения.

Ключевые слова: ультракалиевые риолиты, золото-серебряные месторождения, гидротермалиты, кварц-адуляровые породы, псевдоморфозы, Дальний Восток.

ВВЕДЕНИЕ

Вулканические породы кислого состава в окраинно-континентальных вулканических поясах характеризуются относительно выдержанным соотношением щелочей, суммарное содержание Na_2O и K_2O в них обычно находится в пределах 7–10 %, а соотношение их близко к единице. Вместе с тем, среди вулканических пород нередко встречаются существенно калиевые разновидности без следов наложенной адуляризации и с обликом свежих пород, в литературе данные породы получили название – ультракалиевые риолиты.

Ультракалиевые риолиты описаны в разных регионах России и за рубежом [2–4, 6, 13, 15–19].

Большинство исследователей, вслед за Боуэном, полагают, что ультракалиевые породы возникли магматическим путем.

Отдельные исследователи проблему ультракалиевых риолитов сводят к проблеме вулканических стекол, испытавших в разной степени гидратацию и характеризующихся за счет ионного обмена натрия и калия значительными вариациями щелочей [13, 15].

Поскольку ультракалиевые риолиты внешне не отличаются от пород с ненарушенным соотношением щелочей, то откартировать и выяснить их структурное положение оказалось очень сложно. По этим причинам природа ультракалиевых риолитов, их

структурное положение и металлогеническая роль остаются во многом дискуссионными.

Автор попытался эту проблему решить на примере ультракалиевых пород эпитеpmальных золото-серебряных месторождений, широко представленных в окраинно-континентальных вулканических поясах Востока Азии.

Химический анализ петрогенных элементов и масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой редких и редкоземельных элементов произведены в лаборатории ИТиГ ДВО РАН; аналитики: Авдеев Д.В., Боковенко Л.С., Зазулина В.Е., Ильина Н.И. Рентгено-фазовый анализ произведен на дифрактометре DRON7 в ИМ ХНЦ ДВО РАН, аналитик Печин С.А.

**УЛЬТРАКАЛИЕВЫЕ ПОРОДЫ КУПОЛА
“КРАСИВЫЙ”**

Купол “Красивый” расположен в Ульинском прогибе на левобережье верхнего течения р. Амка (рис. 1). Он сложен контрастно переслаивающимися позднемеловыми вулканическими породами кислого и основного состава и многочисленными субинтрузивами. В пределах купола выделено четыре толщи [8, 10]. Из них три толщи простираются далеко за пределы купола, а породы четвертой толщи, сложенной трахидацитами, их туфами, и комагматичными им многочисленными субинтрузивами распространены ло-

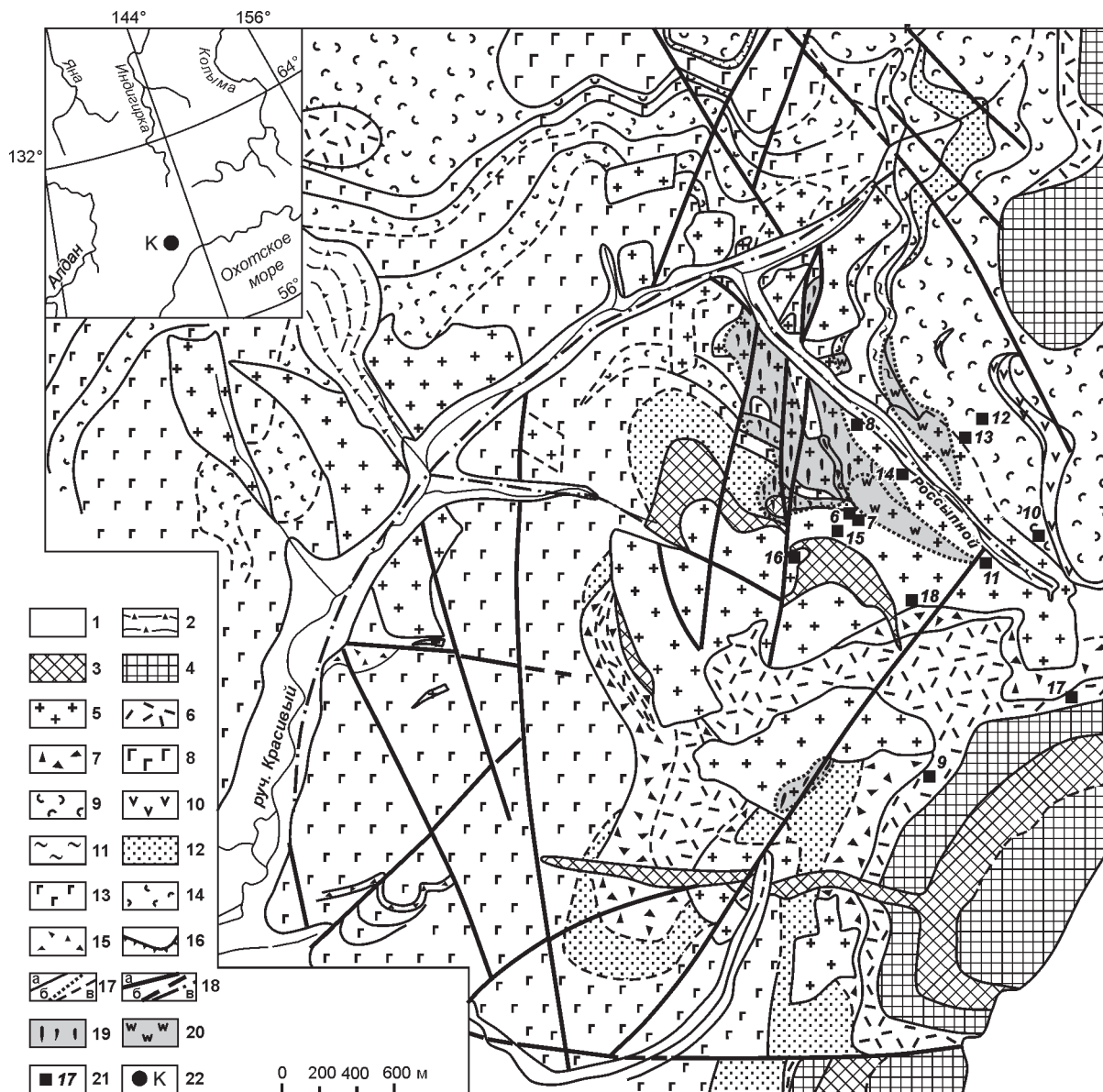


Рис. 1. Геологическая карта купола Красивый.

1–2 – современные аллювиальные (1) и оползневые (2) отложения; 3 – дайки и силлы трахибазальтов хакаринского комплекса (Р), 4–15 – амкинская серия (К₂): 4 – толща (IV) коигнимбритовых туфов трахидацитов с прослоями литокластических туфов смешанного состава, 5 – субвулканические трахидациты, 6–7 – толща (III): 6 – трахидациты пористые и пемзовидные, 7 – разноразмерные туфы трахидацитов; 8–12 – толща (II): 8 – афировые базальты, 9 – коигнимбритовые туфы трахидацитов, 10 – плагиофировые андезибазальты, 11 – пепловые слоистые туфы, 12 – слоистые туфы трахидацитов с горизонтами туфогенно-осадочных пород; 13–15 – толща (I): 13 – афировые базальты, 14 – коигнимбритовые туфы трахидацитов, 15 – разноразмерные туфы кислого состава; 16 – экструзивные фации; 17 – геологические границы установленные (а) и предполагаемые (б); 18 – разломы установленные (а), предполагаемые (б) и предполагаемые под рыхлыми отложениями (в); 19 – кварц-адуляровые и кварц-гидрослюдисто-адуляровые метасоматиты с наложенным кварцевым штокверком; 20 – вторичные кварциты; 21 – положение проб ультракалийевых трахидацитов, номера соответствуют табл. 3; 22 – положение месторождения Красивый на обзорной карте.

кально в пределах купола и представляют реликт трахидацитовой постройки центрального типа.

Породы в разной степени подвержены гидротермальным изменениям. Выделены площадные и локальные изменения. Площадные, обычно слабые,

изменения имеют региональное распространение и представлены хлорит-карбонатной и цеолитовой фациями [8]. Локальные гидротермалиты отличаются минералогическим составом и высокой степенью преобразования первичных пород.

Основное поле локальных гидротермалитов с кварцевым штокверком, несущим золото-серебряную минерализацию, приурочено к северо-западному крылу купола. Благодаря значительной расчлененности рельефа и глубокому бурению, гидротермалиты здесь изучены на глубину более 500 м [8]. В гидротермальной системе хорошо выражена вертикальная зональность, выделяются (снизу вверх): гидрослюдисто-кварцевая, гидрослюдисто-адуляр-кварцевая и адуляр-кварцевая зоны; надрудную зону образует пластовая залежь вторичных кварцитов, представленных каолиновой, монокварцевой и, в ограниченном объеме, диккит-алунитовой фациями. В южном направлении метасоматиты погружаются в склон и экранируются покровом пористых пемзовидных трахидацитов. Последние в основании покрова слегка осветлены, в них участками отмечаются гнезда цеолитов и иногда монтмориллонит.

Трахидациты из разных толщ и субвулканические трахидациты петрографически очень близки друг другу. Вкрапленники образованы олигоклазом и биотитом и составляют около 10 % объема породы. Основная масса в них микролитовая с элементами трахитоидности, иногда переходная к микропойкилитовой. Состав микролитов оптическими методами из-за их малых размеров определить не удастся, но, судя по химическим анализам (за вычетом вкрапленников), это калинатровый полевоый шпат, близкий по составу к анортклазу. Игнимбриты и широко распространенные коигнимбритовые туфы по составу вкрапленников и химическому составу также близки лавам трахидацитов.

При химическом анализе проб трахидацитов, которые отбирались из внешне свежих пород, в части из них было установлено высокое содержание K_2O при почти полном отсутствии Na_2O . Дополнительный отбор и анализ проб на щелочи подтвердил широкое распространение ультракалиевых пород. Аномальные пробы трахидацитов сосредоточены в обрамлении поля рудоносных метасоматитов, главным образом в нижней части экранирующего покрова трахидацитов, а также на флангах рудоносной зоны. На южном крыле купола, там, где намечается подэкранное продолжение рудоносной зоны, также выявлены ультракалиевые породы.

Откартировать без специальной методики и определить непрерывность распространения ультракалиевых пород не удалось, однако по пространственному распределению аномальных проб можно заключить, что ультракалиевые породы образуют подобие прерывистого мозаичного шлейфа над рудоносными метасоматитами.

Важно отметить, что ультракалиевые трахидациты встречаются среди покровов разного стратиграфического положения, а также среди субвулканических образований. Преимущественно это лавы и субинтрузивные трахидациты. Имеются аномальные пробы и среди игнимбритов (табл. 1).

Ультракалиевые трахидациты по петрографическим признакам не отличаются от трахидацитов с ненарушенным соотношением щелочей. Вкрапленники олигоклаза и биотита иногда участками замещаются монтмориллонитом и гидрослюдами, но в основном они остаются свежими. Основная масса также сохраняет свою первично микролитовую структуру.

От пород с ненарушенным соотношением щелочей ультракалиевые трахидациты отличаются резким преобладанием K_2O над Na_2O , при этом сумма щелочей в ультракалиевых породах сохраняется такой же, как и в трахидацитах (табл. 1). Среднее содержание Na_2O в кварц-адуляровых рудоносных метасоматитах составляет 0,3 %. В ультракалиевых трахидацитах за счет того, что вкрапленники плагиоклаза не подвергнуты вторичным изменениям, содержание Na_2O находится в пределах 1–2 %, и лишь в пробах 356-2 и 377, в которых наблюдается частичное замещение вкрапленников плагиоклаза адуляром, оно снижается до 0,46 и 0,69, соответственно.

С калием положительно коррелируются содержания Rb и Cs (максимальные в ультракалиевых трахидацитах и в кварц-адуляровых метасоматитах), а отрицательно – содержания Sr (рис. 2). Показательно распределение РЗЭ, содержания которых, как известно, наименее подвержены наложенным процессам. Спектры нормированных содержаний РЗЭ в ультракалиевых трахидацитах и в кварц-адуляровых метасоматитах полностью повторяют спектры трахидацитов, не затронутых гидротермальными изменениями (рис. 2).

УЛЬТРАКАЛИЕВЫЕ ПОРОДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ БЕЛАЯ ГОРА

Золото-серебряное месторождение Белая Гора расположено на левобережье нижнего течения р. Амур в пределах Нижнеамурской вулканической зоны. Район сложен палеогеновыми вулканическими и субвулканическими породами контрастного базальт-трахидацитового состава. Трахидациты и их туфы колчанской свиты и комагматичные им субинтрузивы имеют локальное распространение в центральной части купола и постепенно выклиниваются к его периферии. Трахидациты имеют порфировую структуру, вкрапленники в них составляют 5–15 % и

Таблица 1. Химический состав трахидацитов неизменных и подверженных калиевому метасоматозу (купол Красивый).

	416	427-1	469	324	156	сред.(5)	216	028	043	344	351	355-2	356	356-2	360	377	346-1	347	153	195	198	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
SiO ₂	73.14	72.13	74.04	70.22	71.94	72.29	70.55	71.92	74.71	69.17	70.61	-	-	-	-	-	-	-	-	83.05	75.76	76.30
TiO ₂	0.24	0.25	0.20	0.21	0.25	0.23	0.31	0.21	0.21	0.23	0.25	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	0.21	0.36
Al ₂ O ₃	13.84	14.64	13.34	14.36	14.28	14.09	14.28	13.26	11.87	14.3	13.00	-	-	-	-	-	-	-	-	7.86	12.25	12.04
Fe ₂ O ₃	1.05	1.98	1.17	1.54	1.78	1.50	1.61	0.85	0.98	1.52	1.52	-	-	-	-	-	-	-	-	0.38	0.51	0.14
FeO	0.43	0.19	0.63	0.40	0.26	0.38	0.32	0.26	0.23	0.52	0.46	-	-	-	-	-	-	-	-	0.26	0.23	0.24
MnO	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.03	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.03	0.02
MgO	0.48	0.40	0.40	0.52	1.00	0.56	0.42	0.31	0.16	0.21	0.31	-	-	-	-	-	-	-	-	0.23	0.57	0.49
CaO	1.03	0.62	0.96	1.02	0.22	0.77	0.29	0.29	0.15	0.87	0.29	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25	0.51	0.44
Na ₂ O	3.58	3.23	3.33	4.12	3.13	3.48	2.09	0.29	0.45	2.18	1.01	1.22	3.36	0.46	0.99	0.69	1.49	1.16	0.22	0.28	0.39	
K ₂ O	5.06	5.00	4.77	5.06	4.95	4.97	8.23	10.12	10.11	8.03	10.1	8.62	6.07	7.30	7.48	9.49	6.81	7.21	5.41	6.84	5.66	
P ₂ O ₅	0.04	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.07	0.06	0.02	0.02	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.03	0.06
H ₂ O	0.62	1.32	0.91	1.12	1.27	1.05	1.06	1.59	1.27	1.33	1.19	-	-	-	-	-	-	-	-	0.93	1.80	2.30
ппп	0.54	1.1	0.83	1.14	1.22	0.97	1.75	2.37	1.69	1.30	1.02	-	-	-	-	-	-	-	-	1.02	2.05	2.68
Σ	99.53	99.81	99.42	98.52	99.16	99.31	100.10	99.72	101.45	98.69	99.39	-	-	-	-	-	-	-	-	98.72	99.13	98.71

Примечание. 1–6 – трахидациты неизменные (6 – средний состав); 7–18 – ультракалийевые трахидациты; 19–21 – адуляр-кварцевые метасоматиты. Трахидациты субвулканические (1–3, 5, 7–14, 18–21), покровные (4), игнимбриты трахидацитов (15–17).

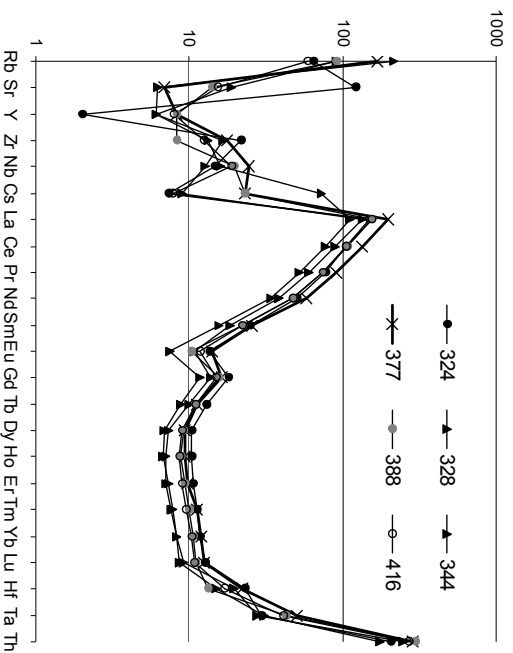


Рис. 2. График нормированных по хондриту [20] концентраций редких и редкоземельных элементов в трахидацитах с ненарушенным соотношением щелочей, ультракалийевых разновидностей и кварц-адулярных метасоматитов (месторождение Красивый).

324, 388, 416 – трахидациты, не затронутые гидротермальными изменениями; 377 – ультракалийевый трахидацит; 328, 344 – адуляр-кварцевые предрудные метасоматиты.

представлены олигоклазом и отдельными зернами низкожелезистого биотита. Основная масса имеет флюидальную микролитовую структуру, иногда с переходами к микропойкилитовой. Субвулканические трахидациты по петрографическому составу и структуре аналогичны покровным трахидацитам. Наряду с флюидальными структурами в центральных зонах субинтрузива иногда появляются массивные разновидности с сериально-гломеропорфировыми структурами.

Гидротермально-рудная система Белогорского рудного поля в структурном и фациальном отношении во многом сходна с месторождением Красивый [9, 10]. Метасоматиты здесь пространственно совмещены с крупным субинтрузивом трахидацитов и частично развиваются по вмещающим субинтрузив трахидацитам и туфам колчанской свиты. Основной объем (до глубины 300–370 м) образуют гидрослюдасто-кварцевые метасоматиты. Верхнюю часть гидротермальной колонны (максимум до отметок 120 м) слагают адуляр-кварцевые и адуляр-гидрослюдасто-кварцевые метасоматиты. На восточном фланге рудного поля рудоносные метасоматиты бронируются пластовой залежью вторичных кварцитов (надрудная зона), представленных диккиг-каолинитовой и, менее, монокварцевой фациями.

По материалам разведочных работ (В.А. Решетько, 1996 г.), адулярная фация в отдельных слу-

Таблица 2. Химический состав трахидацитов неизменных и подверженных калиевому метасоматозу (месторождение Белая Гора).

№ п.п.	Номер проб	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	ппп	Σ
1	1054-7	68.69	0.38	16.19	1.55	0.28	0.01	1.10	0.83	3.80	4.30	0.05	0.22	2.17	99.82
2	1060	68.45	0.49	14.94	1.32	1.02	0.08	1.50	1.41	4.26	5.51	0.06	0.12	1.37	100.53
3	1061	67.42	0.48	13.78	2.21	0.45	0.04	1.18	1.37	5.50	4.20	0.15	3.93	0.35	101.06
4	1058	65.26	0.44	17.58	3.75	0.28	0.05	1.54	1.65	4.0	4.07	0.08	0.19	0.50	99.40
5	Среднее(4)	67.46	0.45	15.62	2.21	0.51	0.05	1.33	1.32	4.39	4.52	0.09	1.12	1.10	100.20
6	191 ^A /170	-	-	-	-	-	-	-	-	0.64	8.80	-	-	-	9.44
7	191 ^A /185	-	-	-	-	-	-	-	-	2.02	8.64	-	-	-	10.66
8	191 ^A /210	-	-	-	-	-	-	-	-	0.30	10.36	-	-	-	10.66
9	191 ^A /240	-	-	-	-	-	-	-	-	0.21	10.86	-	-	-	11.07
10	191 ^A /250	-	-	-	-	-	-	-	-	1.76	7.42	-	-	-	9.18
11	191 ^A /260	-	-	-	-	-	-	-	-	2.56	4.75	-	-	-	7.31
12	191 ^A /286	-	-	-	-	-	-	-	-	2.25	6.35	-	-	-	8.60
13	191 ^A /310	-	-	-	-	-	-	-	-	3.44	6.44	-	-	-	9.88
14	191 ^A /325	-	-	-	-	-	-	-	-	3.49	4.54	-	-	-	8.03
15	191 ^A /350	-	-	-	-	-	-	-	-	1.85	7.99	-	-	-	9.84
16	191 ^A /370	-	-	-	-	-	-	-	-	2.22	9.00	-	-	-	11.22
17	Среднее(11)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.63

Примечание. 1–5 – трахидациты неизменные (5 – средний состав); 6–16 – субвулканические трахидациты скв. 191^A, (цифра под чертой – глубина отбора пробы): 6–8 – трахидациты с псевдоморфозами адуляра по вкрапленникам олигоклаза и микролитам калинатрового полевого шпата основной массы; 9–16 – трахидациты с неизменными вкрапленниками олигоклаза и псевдоморфозами адуляра по микролитам калинатрового полевого шпата основной массы (ультракалиевые трахидациты).

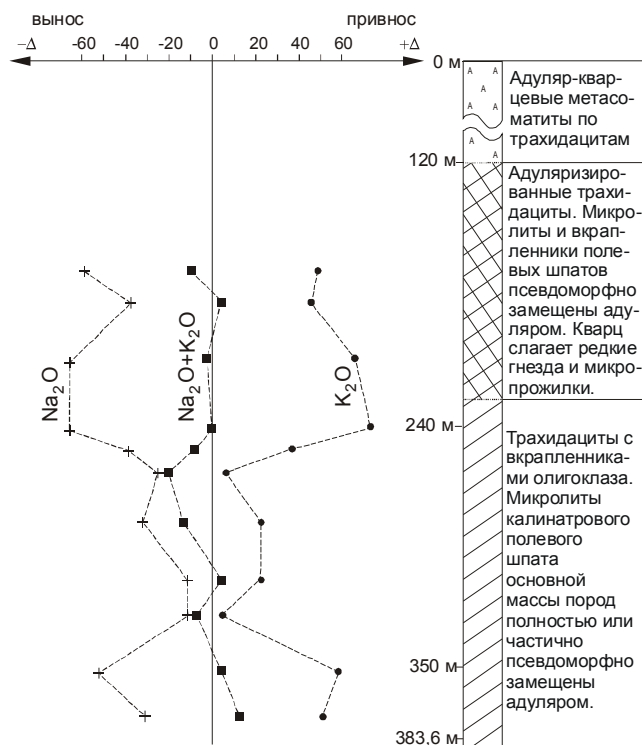


Рис. 3. Привнос–вынос K₂O и Na₂O по отношению к неизменным породам (скв. 191^A, месторождение Белая Гора).

Δ = содержание элемента (молекулярные количества) в метасоматите минус среднее содержание его в неизменных породах (см. табл. 2).

чаях, минуя серицитовую зону, сменяется неизменными породами. Крупные останцы таких “неизменных” пород были установлены в центральной и приподошвенной частях субинтрузива. Нами был проанализирован керн одной из глубоких скважин, пробуренной в центре субинтрузива трахидацитов (рис. 3). Метасоматиты с хорошо индивидуализированными зернами адуляра и гидрослюдами прослеживаются здесь от поверхности до глубины 120 метров. Далее (до 240 м) они сменяются внешне свежими трахидацитами с микролитовой или пойкилитоподобной основной массой, в которой наложенный адуляр и гидрослюда отсутствуют, но вкрапленники олигоклаза замещены адуляром (гомоосевые и агрегатные псевдоморфозы). В интервале 240–383,6 м трахидациты внешне свежие, с хорошо сохранившимися вкрапленниками олигоклаза, с флюидальными и массивными текстурами

Породы, сохранившие текстурно-структурные признаки первичных трахидацитов, начиная с глубины 179 метров были проанализированы на содержания Na₂O и K₂O. Оказалось, что все изученные породы обогащены K₂O, но содержания щелочных оксидов сильно варьируют и обуславливают вариации трахидацитов от почти чисто калиевых до калинатровых. Отдельные пробы по содержанию щелочей приближаются к среднему составу неизменных трахидацитов (табл. 2). Характерно, что вынос Na₂O

Таблица 3. Состав микролитов и вкрапленников КЩ в неизменных породах и в ультракалийевых трахидацитах.

	1061	191 ^А /350	191 ^А /240	среднее (10)	среднее (9)
	1	2	3	4	5
SiO ₂	68.57	62.71	64.71	65.44	67.71
TiO ₂	0.24	-	-	0.30	0.02
Al ₂ O ₃	15.00	21.11	18.12	18.82	18.78
FeO	0.87	0.30	0.30	0.04	0.15
CaO	0.77	-	-	0.53	0.16
Na ₂ O	5.34	-	-	3.40	1.63
K ₂ O	4.59	14.95	16.64	11.37	14.37
Σ	95.38	99.07	99.77	99.90	102.82
Or %	62	100	100	74.23	84.05
Ab	36	-	-	22.00	15.14
An	2	-	-	3.47	0.71

Примечание. 1–3 – состав микролитов в трахидацитах, месторождение Белая Гора: 1 – неизменные трахидациты; 2–3 – ультракалийевые трахидациты. 4–5 – средние составы КЩ в вулканических породах Охотско-Чукотского пояса (4, [7]) и гранитоидах Дальнегорского района (5, [1]). Микрозондовые анализы выполнены в ИГГД РАН на растровом сканирующем электронном микроскопе АВТ-55 с энергодисперсионной системой LINK AN-100/S85, аналитики Толкачев М.Д. и Павлов М.Р.

компенсируется привнесом K₂O, еще большая согласованность распределения этих оксидов проявляется при анализе пересчитанных процентных содержаний оксидов на молекулярные количества. На рисунке 3 (привнос–вынос относительно к среднему содержанию щелочей неизменных трахидацитов) графики ΔNa₂O и K₂O имеют практически зеркальный вид, вариации суммарной щелочности при этом крайне незначительны, и фигуративные точки суммарной щелочности группируются около линии среднего содержания щелочей неизменных пород. Такая форма графиков сохраняется и для метасоматически измененных трахидацитов с наложенной адуляризацией.

Судя по результатам микрозондового анализа, микролиты полевого шпата в основной массе неизменных трахидацитов (на удалении от штокверка) имеют калинатовый состав, а в ультракалийевых трахидацитах – калиевый состав (табл. 3). Исходя из этих данных можно предположить, что большинство блоков, показанных на буровых профилях как неизменные породы, представлены преимущественно ультракалийевыми трахидацитами, имеющими, с одной стороны, переходы к трахидацитам с ненарушенным соотношением щелочей, а с другой стороны – к метасоматически измененным породам с наложенной адуляризацией.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

С точки зрения физико-химической петрологии объяснить возникновение чисто калиевых пород магматическим путем весьма затруднительно. Для снятия возникающих противоречий предполагались различные особые условия кристаллизационной дифференциации, ликвация, перенос калия газовой фазой и др. Д. Стюарт [15] и В.С. Попов [13], проанализировав различные способы образования ультракалийевых пород из магмы, показали, что ни один из вышерассмотренных процессов не решает проблему образования ультракалийевых риолитов. Д. Стюарт, основываясь на результатах изотопных исследований воды в стеклах [21] и изучения ионообменных свойств обсидианов [24], установил прямую зависимость содержания K₂O от содержания воды. Он пришел к выводу, что значительные объемы ультракалийевых пород могли образоваться путем ионного обмена натрия на калий при гидратации стекол. Основываясь, главным образом, на геохимических особенностях ультракалийевых риолитов, В.С. Попов [13] также пришел к заключению, что аномальное обогащение некоторых пород калием происходит при гидратации стекол.

Наш опыт изучения химического состава стекол подтверждает, что в гидратированных разновидностях стекол действительно отмечается существенное перераспределение щелочей, однако оно не ведет к значительному увеличению содержания калия, стекла с содержанием K₂O > 6 % практически не встречаются. Более того, как показано в [22], при глубоко зашедшей гидратации начинается, наоборот, вынос калия.

П.В. Липман выдвинул предположение, что интенсивный ионный обмен Na₂O на K₂O происходит в процессе девитрификации стекол. Такое обогащение пород K₂O (до 8 %) он связывал с обменом щелочей в полевошпатовой части пород. С подобным заключением трудно согласиться. В древних толщах, как правило, все кислые вулканы девитрифицированы, однако ультракалийевые риолиты среди них – большая редкость.

Д. Стюарт рассматривал нарушение баланса щелочей при гидратации стекол метеорными водами. В.В. Наседкин [11] на примере некоторых месторождений вулканических стекол на Северо-Востоке России показал, что нарушение баланса щелочей происходит на локальных участках, примыкающих к зонам гидротермальных изменений. На таких участках наблюдается увеличение содержания H₂O, снижение суммы щелочей за счет Na₂O.

В Ульяновском прогибе, в верховьях р. Нет, были обнаружены ультракалийевые, слегка осветленные

перлиты, содержащие K_2O около 8 %, а Na_2O – 0,33 %. В не затронутых изменениями трахидацитах и обсидианах при равном содержании щелочей их сумма составляла также 8 % [6]. В таких осветленных перлитах наблюдались переходы от темного изотропного стекла к стеклу осветленному, в котором проявляются элементы крипнокристаллического строения, и далее – к кварц-адуляровому агрегату. Примечательно, что осветление стекла и адуляризация концентрируются вдоль перлитовых трещин. В данном случае адуляризацию можно интерпретировать как продвинутый ионный обмен под воздействием гидротермальных растворов, ведущий в конечном итоге к образованию адуляра.

Однако заметим, что вулканические стекла с аномальным соотношением щелочей – это лишь экзотическое проявление ультракалиевых пород. Значительно чаще подобные образования встречаются среди вулканических и субвулканических пород с первично магматической микрокристаллической основной массой, для преобразования которых гидратация, как таковая, вообще не может быть применена.

Обозначим наиболее важные особенности распределения и состава ультракалиевых пород: а) на примере месторождений Красивый и Белая Гора видно, что породы с аномальным содержанием калия образуют своеобразный ореол вокруг гидротермально-рудной зоны; б) ультракалиевые породы встречаются на разных стратиграфических уровнях; в) ультракалиевые породы и породы с нормальным соотношением щелочей сочетаются в одном потоке, в одном субинтрузиве; г) ультракалиевые породы встречаются среди лав, игнимбритов, туфов и субвулканических образований; д) по составу это могут быть риолиты, дациты, имеются описания ультракалиевых андезитов [14]; е) главная особенность петрохимического состава ультракалиевых пород заключается в том, что аномальность их проявляется лишь в соотношении калия, натрия и редких щелочей. Соотношения других породообразующих окислов не выходят за допустимые рамки конкретных петротипов. Важно подчеркнуть, что по соотношению щелочей породы образуют непрерывный спектр, но сумма щелочей остается практически неизменной и соответствует таковой в породах нормального ряда.

Судя по имеющимся в литературе описаниям, перечисленные признаки присущи ультракалиевым породам независимо от их возраста и формационной принадлежности. Показательно в этом плане распределение редких элементов и, в первую очередь, РЗЭ, которые, в силу своих особенностей, наиболее устойчивы к наложенным гидротермальным изменениям.

Нижеприведенные материалы и опубликованные данные [12, 13] свидетельствуют, что пространственно сопряженные породы нормального ряда и ультракалиевые характеризуются одинаковым распределением РЗЭ и других малых элементов. С вариациями K_2O и Na_2O коррелируется лишь содержание редких щелочей.

В магматических породах КППШ представляют собой твердые растворы альбита и ортоклаза с незначительной примесью анортитового минала, при этом с ростом температуры в КППШ увеличивается содержание натрия. Например, средний состав вкрапленников КППШ в вулканических породах мелового возраста на юге Дальнего Востока (табл. 3) составляет – $Or_{59}Ab_{38}An_3$ [7], в гипабиссальных гранитах Приморья – $Or_{84}Ab_{15,14}An_{0,71}$ [1]. Чисто калиевые полевые шпаты характерны лишь для метасоматических пород. По пересчетам химического состава трахидацитов на месторождениях Красивый и Белая Гора микролиты в основной массе пород представлены КППШ, близким к анортоклазам с высоким содержанием альбитового минала. Эти расчеты подтверждаются микрозондовым анализом микролитов в трахидацитах месторождения Белая Гора (табл. 3). В ультракалиевых дацитах по результатам микрозондового анализа микролиты при неизменной морфологии представлены чисто калиевым полевым шпатом. Ионный обмен в результате расстеклования здесь не может рассматриваться, так как структура основной массы пород и форма микролитов неизменных и ультракалиевых трахидацитов одинаковые. Следовательно, можем предположить, что в ультракалиевых породах произошло псевдоморфное замещение микролитов калинатрового полевого шпата на адуляр. Для проверки был проведен рентгеноструктурный анализ основной массы заведомо свежих и ультракалиевых трахидацитов. Данные рентгенометрических измерений подтвердили результаты микрозондового анализа – в неизменных трахидацитах микролиты имеют калинатровый состав, а в ультракалиевых разностях – чисто калиевый (рис. 4). Изменились также структурные характеристики – главные линии на рентгенограммах микролитов трахидацитов, которые приняты как не затронутые вторичными изменениями, отвечают ортоклазу. Дифрактограммы проб монофракций основной массы ультракалиевых трахидацитов близки друг другу, и дифрактограмме эталонной пробы кварц-адулярового метасоматита, и значительно отличаются от дифрактограммы свежего трахидацита, наличие главных линий (4.23; 3.32; 3.22; 2.56) позволяет диагностировать их как адуляр [5].

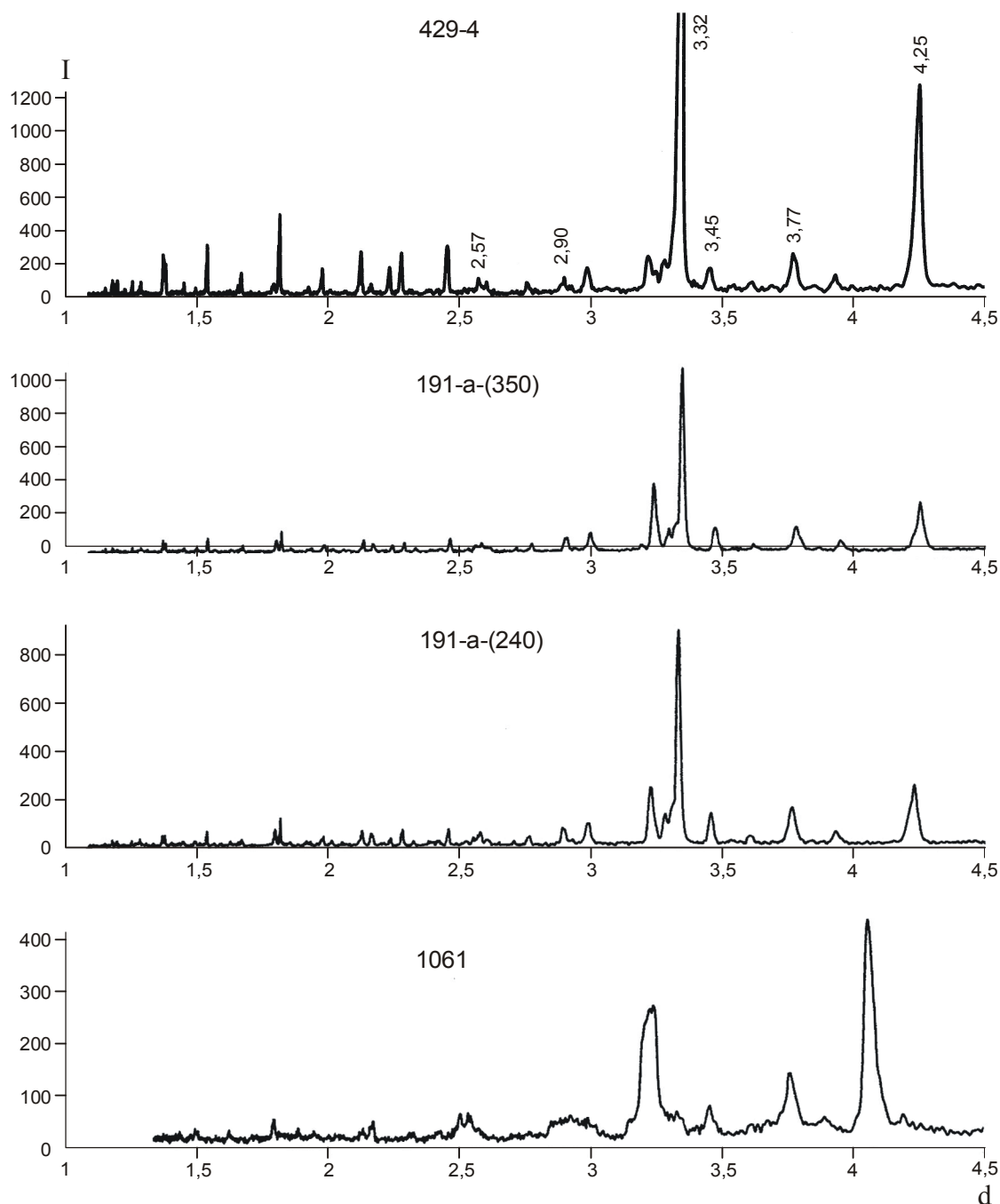


Рис. 4. Дифрактограммы основной массы трахидацитов, месторождение Белая Гора.

429-4 – эталонная проба кварц-адулярового метасоматита; 1061 – трахидацит, не затронутый вторичными изменениями; 191^A (240, 350) – ультракалийевые трахидациты, в скобках – глубина отбора проб.

Для понимания природы ультракалийевых пород важно проследить соотношение их с гидротермально измененными породами, включающими наложенную адуляризацию. На месторождениях эпитермального типа формирование гидротермально-метасоматических образований кварц-адулярового типа происходит многостадийно. На месторождении Красивый наибо-

лее четко выделяются три стадии. Кварц-адуляровые метасоматиты ранней стадии – это белые, фарфоровидного облика породы, в которых полностью сохранились первичная флюидальная текстура и порфировая структура с псевдоморфозами адуляра, иногда совместно с гидрослюдами, по вкрапленникам плагиоклаза и КПШ. Выделения адуляра в таких метасома-

титах меняются от субмикроскопических кристаллитов к хорошо индивидуализированным кристаллам с ромбовидными сечениями, размер которых достигает десятых долей миллиметра. Эти породы отличаются равномерностью распределения и относительная выдержанность размеров зерен адуляра и кварца. Химизм их характеризуется значительным привнесением калия, кремнезема и почти полным выносом натрия, глинозема и трехвалентного железа [8].

Предрудные калиевые гидротермалиты второй стадии развиваются по метасоматитам первой стадии в виде ветвящихся зон и гнездообразных выделений. Там, где они начинают преобладать, порода приобретает облик метабрекчии. Состав гидротермалитов второй стадии – адуляр-кварцевый, кварц резко преобладает. Адуляр тонкокристаллический, но хорошо ограненный, распределен неравномерно. Кварц тонкозернистый, насыщенный пелитоморфными включениями и фрагментами адуляризованных пород ранней стадии и адуляризованных вкрапленников полевых шпатов.

Третья стадия (рудная) – секущие прожилки, реже гнезда с резкими границами. Кварц и адуляр прожилков более крупнозернистые, чем в предрудных гидротермалитах, зерна их хорошо индивидуализированы и лишены пелитоморфных включений. Преобладает кварц, адуляр имеет подчиненное значение. Более мощные прожилки (сантиметр и более) часто сложены колломорфно-полосчатым кварцем, иногда с полосами адуляра или с каймой из разрозненных, хорошо ограненных зерен адуляра.

В целом можно отметить, что от ранней фазы к последней происходит закономерное увеличение содержания кварца, увеличивается размер и степень индивидуализации зерен кварца и адуляра и одновременно происходит сокращение объемов гидротермалитов.

Пространственное распределение ультракалиевых трахидацитов, их состав и структурные особенности указывают на их тесную связь с наложенной адуляризацией первой стадии метасоматоза, предшествующей рудной минерализации. В качестве связующих выступают породы, в которых при сохранении структурных особенностей первичных пород произошло образование гомоосевых и агрегатных псевдоморфоз адуляра по вкрапленникам плагиоклаза.

Намечается следующая, наиболее часто проявляющаяся направленность преобразования первичных пород на ранней предрудной стадии (от внешних к внутренним зонам гидротермальной системы): 1) образование за счет ионного обмена Na_2O на K_2O псевдоморфоз адуляра по микролитам полевых шпа-

тов (вкрапленники полевых шпатов на этом этапе остаются свежими – формирование ультракалиевых пород; 2) образование псевдоморфоз адуляра как по микролитам, так и по вкрапленникам полевых шпатов, при наличии в эдукте вкрапленников калинатрового полевого шпата последний также замещается водяно-прозрачным адуляром, обычно с характерными внутренними структурами типа песочных часов; 3) образование хорошо индивидуализированных выделений адуляра по основной массе пород.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вулканические породы с аномально высоким содержанием K_2O , известные в литературе как ультракалиевые риолиты, встречаются в окраинно-континентальных вулканических поясах среди пород различного фациального и химического состава. Они ассоциируют, с одной стороны, с породами с ненарушенным соотношением щелочей, а с другой стороны – с метасоматически измененными образованиями. Ультракалиевые породы отличаются невыдержанным соотношением K_2O и Na_2O , но суммарное содержание щелочей при этом сохраняется постоянным, таким же, как и в неизмененных породах. По составу редких и редкоземельных элементов ультракалиевые породы, за исключением редких щелочей, также не отличаются от пород нормального ряда.

Образование ультракалиевых пород происходит за счет ионного обмена Na_2O на K_2O с образованием гомоосевых псевдоморфоз адуляра по микролитам плагиоклаза и калинатрового полевого шпата при воздействии насыщенных калием гидротермальных растворов.

Поскольку за счет ультракалиевых пород расширяется видимый фронт гидротермальных околорудных изменений, эти породы могут играть важное значение при поисках полезных ископаемых, особенно важна их роль при поисках не выходящего на поверхность золото-серебряного оруденения эпитептермального типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валуи Г.А. Полевые шпаты и условия кристаллизации гранитоидов (Прибрежная зона Приморья). М.: Наука, 1979. 147 с.
2. Баскина В.А. Ультракалиевые липариты Приморья // Сов. геология. 1978. № 1. С. 72–84.
3. Бурштейн Е.Ф., Кошелева И.А., Тевелев А.В. Ультракалиевый вулканизм Центрального Казахстана: распределение, возраст, металлогеническое значение // Московская школа геологов в Казахстане (К 45-летию ЦКЭ геол. ф-та МГУ). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. С. 94–107.
4. Иванов К.С. Ультракалиевые липаритовые порфиры на Урале // Докл. АН СССР. Т. 247, № 4. 1979. С. 908–912.

5. Костов И. Минералогия. М: Мир, 1971. 559 с.
6. Мишин Л.Ф. Породные группы и серии краевых вулканических поясов. М.: Наука, 1982. 122 с.
7. Мишин Л.Ф. Субвулканические интрузии кислого состава. М.: Наука, 1994. 207 с.
8. Мишин Л.Ф., Потоцкий Ю.П., Невструев В.Г. Геология, зональность гидротермально измененных пород и золото-серебряная минерализация купола Красивый (Ульинский прогиб) // Тихоокеан. геология. 1998. № 4. С. 106–116.
9. Мишин Л.Ф. Гидротермально измененные породы и перспективная оценка месторождения Белая Гора // Геология и полез. ископаемые Приамурья. Хабаровск, 1999. С. 172–176.
10. Мишин Л.Ф., Бердников Н.В. Вторичные кварциты и их рудоносность. Владивосток: Дальнаука, 2003. 160 с.
11. Наседкин В.В. Кислый вулканизм и водосодержащие стекла Северо-Востока СССР. М.: Наука, 1983. 100 с.
12. Николаенко Ю.С. Геохимия ультракалиевых риолитов Зырянского района (Рудный Алтай) и условия их формирования // Труды научной конференции молодых ученых ИМГРЭ, посвященной 70-летию Великого Октября. М.: ВИНТИ, 1989. С. 66–70.
13. Попов В.С., Николаенко Ю.С. О происхождении ультракалиевых риолитов // Зап. ВМО. 1988. Вып. 3. С. 294–304.
14. Секи-Фукс В. Калиевый метасоматоз и гидротермальное оруденение Карпатской рудоносной области // Метасоматизм и рудообразование. М.: Недра, 1979. С. 156–160.
15. Стюарт Дэвид Б. Образование богатых кремнеземом калиевых стекловатых пород // Эволюция изверженных пород. М.: Мир, 1983. С. 332–343.
16. Ушаков О.П. К вопросу происхождения калиевых пород эффузивного облика (калишпитофиров) на примере Центрального Казахстана // Зап. ВМО. 1972. Вып. 1. С. 67–75.
17. Фромберг Э.Д. О природе ультракалиевых липаритов // Докл. АН СССР. 1980. Т. 253, № 3. С. 684–687.
18. Фромберг Э.Д. К проблеме генезиса калиевых липаритов восточной части Рудного Алтая // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1981. Т. 2, вып. 56. С. 78–88.
19. Bowen N. L. Evolution of the Igneous Rocks. Princeton University Press, 1928. 334 p.
20. Evensen N.M., Hamilton P.J., O’Nions R.K. Rare earth abundances in chondritic meteorites // Geochim. Cosmochim. Acta. 1978. V. 42. P. 1199–1212.
21. Fridman I., Smith R.L. The deuterium content of water in some volcanic glasses. // Geochim. Cosmochim. Acta. 15. 1958. 218–228 p.
22. Lipman P.W. Chemical comparison of glassy and crystalline volcanic rocks. U.S. Geological Survey Bull, 1201-D, 1965. P. 01–024.
23. Taylor R.E. Advances in Obsidian Glass Studies // Noyes Press, Park Ridge, N. J. 1976. 360 p.
24. Truesdell A. H. Ion-exchange constants of natural glasses by the electrode method // Am. Mineral., 1966, N 51. 110–122 p.

Поступила в редакцию 6 марта 2006 г.

Рекомендована к печати С.М. Родионов

L.F. Mishin

The nature and prospecting implications for ultrapotassic rhyolites as exemplified by epithermal gold-silver deposits of the Far East

As exemplified by gold-silver deposits it is shown that ultrapotassic rocks known in the literature as ultrapotassic rhyolites are formed at the early pre-ore stage of metasomatic transformations of rocks affected by hydrothermal solutions. These transformations imply ion exchange of sodium for potassium attended by the formation of pseudomorphs replacing microlites and crystallites of feldspars. Ultrapotassic rocks at the gold-silver deposits form a halo that builds on hydrothermal metasomatic zoning upward and in breadth from the ore deposits and thus are an essential characteristic for searching for ore deposits, primarily for prediction of unexposed mineralization.

Key words: ultrapotassic rhyolites, gold-silver deposits, hydrothermalites, quartz-adularia rocks, pseudomorphs, Far East.