

КАЛИЙ, УРАН И ТОРИЙ В ВУЛКАНИТАХ ОРДОВИКСКО-НИЖНЕКАМЕННОУГОЛЬНОГО ФОРМАЦИОННОГО РЯДА В МАГНИТОГОРСКОМ МЕГАСИНКЛИНОРИИ

1. Калий, уран и торий представляют собой элементы с большим ионным радиусом, накапливающиеся в остаточных расплавах и индикаторные при геодинамических реконструкциях. Известно о возрастании количеств К и Th в вулканитах от фронтальных к тыловым частям островных дуг на Камчатке и Курильских островах [9], что связывается с направлением падения сейсмофокальной зоны и коррелируется с расстоянием от земной поверхности до зоны Бенъофа.

Весьма важно также, что в отличие от калия, уран и особенно торий ведут себя весьма инертно в ходе вторичных метаморфических (до зеленосланцевой стадии) и метасоматических процессов [1, 10].

2. В ряду палеозойских вулканогенных формаций Магнитогорского мегасинклинория, от субокеанической к островодужной и далее коллизионной стадиям, наблюдается возрастание количеств К, U, Th снизу вверх по разрезу (рис. 1). Однако это возрастание не является абсолютным, а несет элемент цикличности в связи с чередованием толеитовых петрогенетических серий с известково-щелочными (баймак-бурибаевская – ирендыкская, карамалыташская – улутауская). Обнаруживаются довольно значительные колебания U, Th, K и внутри

вулканогенных формаций, что связано в основном с процессами магматической дифференциации.

Среди вулканитов *ордовикско-силурийского возраста* Вознесенско-Присакмарской зоны присутствуют 2 типа базальтов: 1 — низкокалийевые с низкими концентрациями U и Th (K_2O —0,01–0,54%, U—0,2–0,4 г/т, Th—0,1–0,5 г/т); 2 — низко-умереннокалийевые с повышенными концентрациями U и Th (K_2O —0,01–0,79%, U—0,7–1,7 г/т, Th—0,2–2,8 г/т). Первые по приведенным геохимическим характеристикам близки к базальтам COX, вторые — континентальным базальтам трапповой формации.

Вулканиты баймак-бурибаевской свиты D₁ (риолит-базальтовая формация) представлены преимущественно низкокалийевым типом с низкими концентрациями U и Th (K_2O —0,03–0,39%, U—0,1–0,58 г/т, Th—0,2–2,1 г/т). По приведенным характеристикам с учетом предшествующих исследований [6, 7] базальты баймак-бурибаевской свиты сопоставимы с высокомагнезиальными базальтами зон внутридугового и задугового спрединга [4, 15].

Вулканиты верхнетаналыкской свиты D₁ слагают базальт-андезит-дацит-риолитовую субформацию риолит-базальтовой формации. Выборка характеризует андезибазальты, андезиты, дациты, риодациты и серицит-хлорит-кварцевые метасоматиты Макан-Октябрьского рудного поля. По сравнению с баймак-бурибаевской, в вулканогенных породах верхнетаналыкской свиты концентрации K_2O , U и Th близки и повышены. Анализами установлены следующие содержания: в андезибазальтах и андезитах K_2O —0,63–1,2%, U—0,2–0,7 г/т, Th—0,0–0,8 г/т; в дацитах и риодацитах K_2O —0,06–1,67%, U—0,3–1,5 г/т, в единичных случаях достигая 3,2 г/т, Th—0,3–2,0 г/т; в серицит-хлорит-кварцевых метасоматитах K_2O —1,45–3,01%, U—0,5–1,2 г/т, Th—0,4–1,1 г/т. Содержания U и Th в кремнекислых породах верхнетаналыкской свиты сопоставимы с установленными в низкокалийевых дацитах островной дуги Тонга–Кармадек [3].

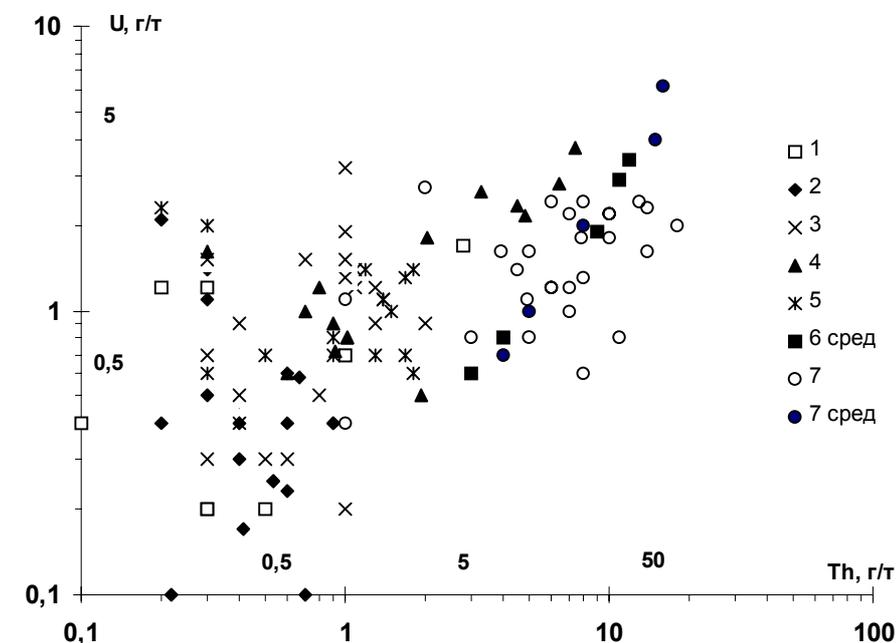


Рис. 1. Соотношения содержаний U и Th в вулканогенных породах (O–C₁) Магнитогорского мегасинклинория

1 – базальты ордовикско-силурийского возраста Вознесенско-Присакмарской зоны; 2 – вулканиты баймак-бурибаевской свиты (D₁); 3 – вулканиты верхнетаналыкской свиты (D₁); 4 – вулканиты ирендыкской свиты (D₁₋₂); 5 – вулканиты карамалыташской свиты (D₃); 6_{сред} – вулканиты (D₃) (средние значения) [12]; 7 – вулканиты березовской и кизильской свит (C₁); 7_{сред} – то же, средние значения

Вулканогенные породы ирендыкской свиты D₁₋₂ представлены двумя выборками. Первая составлена из порфировых базальтов и андезибазальтов Абзелиловского района, вторая характеризует рудовмещающие метасоматиты и

надрудные трахидациты колчеданоносного Подольского рудного поля. Основные породы ирендыкской свиты содержат низкие и умеренные концентрации K_2O — 0,05–1,17%, умеренные и повышенные концентрации U — 0,6–1,6 г/т и Th — 0,3–0,9 г/т. Повышенные концентрации всех трех элементов обнаружены в трахидацитах сукраковской толщи (ir_5) Подольского рудного поля: K_2O — 1,7–2,9%, U — 2,17–3,7 г/т, Th — 3,3–7,4 г/т. Эти данные подтверждают тезис о генетической неоднородности вулканитов ирендыкской свиты и присутствию в ее составе как мантийных известково-щелочных вулканитов, так и коровых субщелочных кислых пород.

Вулканогенные породы карамалытаишской свиты D_2 образуют риолит-базальтовую формацию. Аналитические данные представлены несколькими выборками, которые характеризуют базальты западного крыла Магнитогорского мегасинклиория Абзелиловского района и участка Муртыкты в Учалинском районе, а также базальты, кремнекислые породы и серицит-хлорит-кварцевые метасоматиты Александринского колчеданоносного рудного поля на восточном крыле Магнитогорского мегасинклиория. Поле фигуративных точек этой формации лучше всего, хотя и не полностью, совпадает с полем пород верхнетаналыкской свиты.

Концентрации K , U , Th в породах имеют следующие значения. Базальты Абзелиловского района содержат пониженные количества всех трех элементов (K_2O — 0,1–0,12%, U — 0,6–0,8 г/т, Th — н.о.–0,3 г/т). В базальтах участка Муртыкты разброс значений этих элементов более широк (K_2O — 0,06–1,46%, U — 0,7–2,0 г/т, Th — 0,3–1,8 г/т), что, скорее всего, связано с рудогенными гидротермально-метасоматическими преобразованиями. В Александринском рудном поле в надрудных базальтах концентрации всех трех элементов близки к предыдущей выборке (K_2O — 0,19–2,13%, U — 0,7–2,3 г/т, Th — 0,2–1,7 г/т). В кремнекислых надрудных вулканитах Александринского участка диапазон их колебаний близок к базальтам (K_2O — 0,12–2,53%, U — 0,4–1,3 г/т, Th — 0,4–1,8 г/т). Рудовмещающие метасоматиты участка Муртыкты (K_2O — 1,85–2,19%, U — 1,1–1,4 г/т, Th — 1,2–1,4 г/т) и Александринского рудного поля (K_2O — 2,04–2,45%, U — 1,0–1,1 г/т, Th — 1,4–1,5 г/т) близки между собою, несмотря на то, что на участке Муртыкты метасоматиты образовались по базальтам, а на Александринском участке по кремнекислым породам.

Вулканиты D_{2-3} улутауской и колтубанской свит и их возрастных аналогов [12] принадлежат базальт-андезитацит-риолитовой и базальт-андезито-базальтовой формациям. Установлены следующие (средние арифметические) содержания элементов в различных типах пород: в базальтах K_2O — 0,7%, U — 0,6 г/т, Th — 3,0 г/т; в андезиодацитах K_2O — 1,2%, U — 1,9 г/т, Th — 9 г/т; в кремнекислых породах K_2O — 1,6–2,9%, U — 2,9–3,4 г/т, Th — 11–12 г/т. Очевидны повышенные концентрации K , U , Th в вулканитах D_{2-3} по сравнению со всеми предыдущими более древними формациями, кроме трахидацитов ir_5 Подольского рудного поля. Последние характеризуются пониженными концентрациями Th и близкими с вулканитами D_{2-3} концентрациями U .

Вулканогенные и вулканоплутонические комплексы C_1 зоны завершают латерально-возрастной ряд вулканогенных формаций Магнитогорского мегасинклиория. При близости концентраций K , U , Th в вулканитах C_1 и D_{2-3} и частичном перекрытии полей фигуративных точек все же достаточно четко обнаруживается тенденция к повышению количеств этих элементов в вулканогенных породах C_1 . Это связано с «заклиниванием» зоны Беньюфа и дальнейшей консолидацией земной коры [8]. Установлены следующие концентрации K , U , Th в породах: в базальтах и габброидах C_1 K_2O — 0,13–1,78%, U — 0,4–1,6 г/т, Th — 1,0–4,9 г/т; в трахитах K_2O — 0,8–7,9%, U — 0,8–2,4 г/т, Th — 3–13 г/т; в трахидацитах и трахириолитах K_2O — 3,1–4,7%, U — 0,6–6,2 г/т, Th — 2–16 г/т.

3. Характер распределения K , U , Th в околорудных метасоматитах отличается своеобразием. Содержания U в них не превышают 1,5 г/т, а Th — 1,4 г/т при концентрациях K_2O , достигающих 2,8–3,0%, что обычно для полностью замещенных пород. Весьма показательна близость содержаний K , U , Th в апобазальтовых (участок Муртыкты) и аподацитовых (Александринское рудное поле) метасоматитах.

В целом поле фигуративных точек околорудных метасоматитов имеет ориентировку, субпараллельную горизонтальной оси (Th). Размах колебаний Th от 0,4 до 1,5 г/т, возможно, указывает на некоторый вынос этого элемента при метасоматозе. Метасоматиты и рудовмещающие серицитизированные дациты Макан-Октябрьского рудного поля дают локальное сгущение фигуративных точек, свидетельствующее о возникновении при гидротермально-метасоматических процессах отрицательной корреляционной связи между U и Th . Пониженные содержания U и Th обнаружены в пропицитизированных подрудных андезибазальтах Октябрьского месторождения (U — 0,2–0,7 г/т, Th — 0,0–0,3 г/т), что указывает на частичный вынос радиоактивных элементов из подрудных пропицитов.

4. На Южном Урале ранее были изучены латеральные вариации концентраций K , Ti , Zr для вулканогенных пород $O-S-D_{1-3}$ и C_1 возраста [2, 5, 8, 11, 13, 14, 16]. Были установлены повышенные содержания K , Zr , Ti в вулканитах девонского возраста Восточно-Уральского палеовулканического пояса по сравнению с Магнитогорским. Вышеприведенные сведения об особенностях распределения K , U , Th в ряду вулканогенных формаций от ордовика до верхнего девона подтверждают прежние геодинамические выводы и позволяют уточнить некоторые положения. Данные о распределении U и Th , также как и Zr и Ti , ценны тем, что при вторичных процессах эти элементы, особенно Th , ведут себя инертно, в отличие от очень подвижного K .

5. В процессе геологического развития Южного Урала и Магнитогорского мегасинклиория в частности, химизм исходных магм и концентрации в вулканитах элементов с большим ионным радиусом контролировались геодинамическими обстановками. На стадии континентального и океанического рифтогенеза содержания K , U , Th определялись положением и энергетическими возможностями поднимающегося мантийного диапира.

На островодужной стадии важное значение приобретала зона Беньофа восточного падения, а на коллизионной стадии — все возрастающая степень консолидированности земной коры. При этом зона магмообразования из мантийного надсубдукционного клина распространялась вверх

в область «базальтового» и «гранитного» слоев земной коры, образуя все более развитые в верхней части коры вертикальные гирлянды магматических очагов.

Работа проводилась при поддержке РФФИ, грант № 97–05–65123.

Таблица 1

СОДЕРЖАНИЕ K₂O, U, Th в вулканогенных породах МАГНИТОГОРСКОГО МЕГАСИНКЛИНИОРИЯ

	№ обр	K ₂ O,%	U, г/т	Th, г/т	Название породы	Возраст	Привязка
	1	2	3	4	5	6	7
I	692	0,01	0,2	0,3	базальт	S ?	д. Байгускарово
	700	0,31	0,4	0,1	—	—	—
	701	0,05	0,2	0,5	—	—	—
	707/1	0,49	н.о.	н.о.	—	—	д. Казанка
	707/2	0,15	0,2	0,3	—	—	—
	707/3	0,54	н.о.	н.о.	—	—	—
	208/1	0,01	1,2	0,3	—	O	д. Поляковка
	226/1	0,79	0,7	1,0	—	—	д. Вознесенка
	238/1	0,45	1,7	2,8	—	—	—
	201/4	0,1	1,2	0,2	—	O-S ?	д. Мансурово
II	SU398	0,39	0,1	0,22	базальт	D ₁ b-br	Бурибайский рудный р-н (P. Spadea)
	SU386	0,06	0,17	0,41	—	—	—
	SU407	0,03	0,58	0,67	—	—	—
	SU406	0,13	0,25	0,53	—	—	—
	SU403	0,55	0,25	0,53	андезибазальт	—	—
	SU374	0,27	0,48	0,40	андезит	—	—
	SU409	0,83	0,23	0,60	дацит	—	—
	2904	0,33	0,3	0,0	базальт	—	месторождение Юбилейное
	2908	0,03	1,1	0,3	—	—	—
	2915	0,08	1,4	0,3	—	—	—
	2922	0,08	2,1	0,2	—	—	—
	2877	0,12	0,5	0,3	—	—	—
	2895	0,23	0,6	0,6	—	—	—
	685/1	0,04	0,1	0,7	базальт	D ₁ b-br	с. Самарское
	4340/400	0,12	0,4	0,2	—	—	—
	4340/450	0,02	0,4	0,9	—	—	—
	681	0,17	0,3	н.о.	габбро дайка	—	—
	682/6	0,49	0,4	0,9	габбро-диаб. дайка	—	—
	680	0,08	0,4	0,6	риодацит дайка	—	—
	673	0,09	0,4	0,4	габбро-диаб. дайка	—	пос. Бурибай
677/1	0,96	1,2	1,2	туф риодацитов	—	—	
678	0,06	0,3	0,3	туф аглом. риодац.	—	—	
319	0,95	0,3	0,5	—	D ₁ b-br?	д. Юлдашево	
328/1	0,52	0,3	0,4	—	—	Абзелиловский район	
III	122/188	1,18	1,4	1,1	дацит	D ₁ th	Макан-Октябрьское рудное поле
	122/206	1,20	0,5	0,8	андезит	—	—
	122/263	1,04	0,9	2,0	дацит	—	—
	122/263	1,04	0,9	2,0	дацит	—	—
	122/295	3,01	1,2	1,1	сер.-хлор.-кварцевые породы по дацитам	—	—
	122/371	1,23	1,5	0,7	дацит	—	—
	122/430	0,98	1,2	1,3	—	—	—
	122/514	1,21	1,3	1,0	—	—	—
	122/576	0,55	0,3	0,6	—	—	—
	122/606	0,79	3,2	1,0	—	—	—
	115/136	1,09	1,9	1,0	—	—	—
	115/175	1,05	1,5	0,3	—	—	—
	115/214	2,79	0,9	0,4	сер.-хл.-кварцев. порода	—	—

	1	2	3	4	5	6	7
	115/269	1,67	1,5	1,0	дацит	—	—
	115/353	0,72	0,7	0,3	андезибазальт	—	—
	115/404	0,44	0,2	0,0	—	—	—
	115/601	0,21	0,9	1,3	дацит	—	—
	687/3	0,06	0,2	1,0	риодацит эфф.	D ₁ th	—
	687/2	1,18	0,3	0,5	андезит	D ₁	—
	687/4	0,63	0,3	0,3	—	—	—
	687/5	1,45	0,5	0,4	сер.-хл.-кв. сланец	—	—
IV	245/1	0,76	0,6	0,0	базальты пироксен- плагиофировые	D ₁₋₂ ir	Учалинский и Абзелиловский р-ны
	245/2	0,5	0,6	0,6	—	—	—
	168/1	0,34	1,6	0,3	—	—	—
	285/2	0,05	1,0	0,7	—	—	—
	287/1	0,31	1,2	0,8	—	—	—
	275/1	1,17	0,9	0,9	—	—	д. Юлдашево
	812/216	2,6	0,5	1,94	туфогравелит	D ₁₋₂ ir ₅	Подольское рудное поле
	812/254	2,6	2,6	3,3	—	—	—
	812/324	0,15	1,08	2,03	туф риодацитовый	—	—
	812/379	1,7	2,77	6,41	трахидацит	—	—
	812/441	2,9	2,35	4,51	—	—	—
	812/520	1,8	2,17	4,77	—	—	—
	812/582	2,3	3,72	7,41	туф трахидацитов.	—	—
	812/705	1,6	0,72	0,91	сер.-хл.-кварц. порода	—	—
	812/852	0,9	0,8	1,01	с сульфидами	—	—
812/953	1,2	0,8	1,02	—	—	—	
272/1	0,12	0,6	0,3	базальт	D ₂ krm	Абзелил. р-н д. Юлдашево	
272/2	0,1	0,8	н.о.	—	—	—	
V	7168	0,19	0,7	0,9	базальт надр.	D ₂ krm	Восточный борт Магнитог. син- клин. Александринское рудное поле
	7175	2,13	0,7	1,7	—	—	—
	7185	0,35	2,3	0,2	—	—	—
	7190	1,47	0,8	0,9	—	—	—
	7197	0,12	0,4	0,4	андезитодацит	—	—
	7201	2,12	0,6	1,8	дацит	—	—
	7207	2,53	1,3	1,7	—	—	—
	7209	2,45	1,1	1,4	сер.-хл.-кв. пор. по дацитам	—	—
	7211	2,04	1,0	1,5	—	—	—
	244/1	2,19	1,4	1,2	сер.-хл.-кв. метасомати- ты по базальтам	—	Учалинский р-н, м-ние Икдавлят
	244/2	1,85	1,1	1,4	с сульфидами	—	—
	244/3	0,0	0,7	0,5	базальт	—	—
	3007/218	1,46	1,4	1,8	—	—	м-ние Муртыкты
	3047/64	1,0	0,7	1,3	—	—	—
3059/55	0,54	1,0	0,0	—	—	—	
3059/279	0,06	2,0	0,3	—	—	—	
VI	ср	0,7	0,6	0,3	базальт	D _{2,3}	Салтыков, Рихтер [12]
	ср	—	0,8	4	диаб., габбродиаб.	—	—
	ср	1,2	1,9	9	андезито-дациты	—	—
	ср	1,6	2,9	11	риодациты	—	—
	ср	2,9	3,4	12	риолиты	—	—
	ср	0,9	0,7	4	базальтовые порфириты	C ₁	Магнитогорская структурная зона (Салтыков, Рихтер [12])
ср	1,6	1,0	5	габбро-диабазы, диабазы	—	—	
ср	2,0	2,0	8	трахидациты, дациты	—	—	
ср	3,2	4,0	15	риодац., риолиты, трахи- риолиты	—	—	

	1	2	3	4	5	6	7
	1	3,2	6,2	16	субвулканич. риолиты	—	—
	1295-a	1,6	0,8	3	трахит	C ₁	—
	1291-a	7,9	2,4	13	—	—	—
	31/75/c	2,06	2,2	10	комендит	—	участок Куйбасовский
	144/1	3,5	2,4	8	дацит	—	—
	253/1	4,69	1,8	7,9	риодацит	—	—
	253/75-c	3,45	2,0	18	комендит	—	—
	68-a-A	3,46	2,2	10	липарит щел.	—	г. Мохнатая
	68-A	1,86	1,3	8	—	—	—
	61a-A	3,36	1,6	5	—	—	пос. Муравейный
	67-A	0,8	1,2	6	трахит	—	г. Жосовская
	934	3,74	1,8	10	трахидацит	—	пос. Желтинский
VII	70-A	0,61	0,8	5	дацит щел.	—	—
	69-A	2,12	1,2	7	риолит	—	—
	22/75-c	3,45	2,7	2	трахириолит	—	г. Салихова
	74/74-c	314	0,8	11	гранит	—	—
	77/74-c	3,05	1,6	14	—	—	г. Б. Чека
	86/74-c	2,21	1,2	6	—	—	—
	377/75-c	0,09	1,0	7	комендит	—	с. Бриент
	457/75-c	3,39	0,6	8	трахилипарит	—	д. Тригипункт
	716/76/c	3,79	2,4	6	—	—	г. Мултак-Тау
	715/76-c	3,11	2,2	7	—	—	—
	1032/76-c	3,26	2,3	14	—	—	г. Грань
	136/1	0,25	1,6	3,9	диабаз	—	пос. Харьковский
	137/1	1,78	1,4	4,5	—	—	—
	139/1	1,02	1,1	4,9	—	—	—
	151/1	0,62	0,4	1,0	—	—	—
	252/1	0,13	1,1	1,0	—	—	—

Литература: 1. *Белевцев Я. Н., Комаров А. Н.* Уран в метаморфических породах и процессах // Радиоактивные элементы в горных породах. Новосибирск: Наука, 1975. С. 133–140. 2. *Бобохов А. С.* Эндеогенная динамическая система Южноуральской палеоостровной дуги. М.: Наука, 1991. 80 с. 3. *Брайан У. Б.* Низкокальциевые дациты островной дуги Тонга–Кермадек: петрография, химизм, петрогенезис // Трондьемиты, дациты и связанные с ними породы. М.: Мир, 1983. С. 418–432. 4. *Закариадзе Г. С., Шараськин А. Я., Пархоменко В. С., Аношкин Г. Н.* Особенности эволюции южной части Филиппинского моря в свете данных по геохимии вулканизма островных дуг и внутридуговых впадин // Геохимия магматических пород океана и зон сочленения океан–континент. Новосибирск: Наука, 1984. С. 126–144. 5. *Косарев А. М.* Петрохимические и геохимические особенности базальтов Южного Урала и их значение для металлогенических построений // Металлогения Южного Урала / БФАН СССР. Уфа. 1986. С. 47–62. 6. *Косарев А. М., Серавкин И. Б., Родичева З. И.* О серийной принадлежности базальтов колчеданоносной баймак-бурибаевской свиты (Южный Урал) // Ежегодник–1995 / ИГ УНЦ РАН. Уфа. 1996. С. 143–149. 7. *Косарев А. М., Горожанина Е. Н., Сазонова Л. В., Носова А. А.* Клинопироксены из базальтов баймак-бурибаевской формации (Магнитогорский прогиб) и некоторые вопросы петрогенезиса // Минералогия Урала: Мат-лы / Ш региональное совещание. Миасс, 1998. Т. 1.

С. 154–156. 8. *Косарев А. М., Пучков В. Н.* Особенности распределения К, Ti и Zr в силурийско-каменноугольных формациях Южного Урала в связи с поведением палеозойской зоны субдукции // Ежегодник–1997 / ИГ УНЦ РАН. Уфа. 1999. С. 186–191. 9. *Пискунов Б. Н.* Геолого-петрологическая специфика вулканизма островных дуг. М.: Наука, 1987. 237 с. 10. *Плющев Е. В.* Уран и торий при гидротермальном метаморфизме пород // Радиоактивные элементы в горных породах. Новосибирск: Наука, 1975. С. 161–166. 11. *Салихов Д. Н.* Средне-позднепалеозойская коллизонная история развития Магнитогорского мега-синклинория: Дисс. ... д-ра г.-м. наук в форме научн. докл. Екатеринбург, 1997. 85 с. 12. *Салтыков В. Ф., Рихтер Я. А.* Сравнительный анализ поведения радиоактивных элементов в магматических формациях Южного Урала // Радиоактивные элементы в горных породах. Новосибирск: Наука, 1975. С. 121–125. 13. *Серавкин И. Б.* Тектоно-магматическая зональность Южного Урала и его положение в складчатых системах Урало-Монгольского пояса // Геотектоника. 1997. №1. С. 32–47. 14. *Серавкин И. Б., Косарев А. М., Салихов Д. Н. и др.* Вулканизм Южного Урала. М.: Наука, 1992. 197 с. 15. *Флеров Г. Б., Андреев В. Н., Будников В. А., Цюрупа А. И.* Петрология продуктов извержения // Большое трещинное Толбачинское извержение. М.: Наука, 1984. С. 223–276. 16. *Язева Р. Г.* Андезитоидный магматизм Урала: Автореф. дисс. ... д-ра г.-м. наук. Свердловск, 1989. 32 с.