

О СВЯЗИ ТОРИЯ И ЗОЛОТА В РИФЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ БАШКИРСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ

Особенности распределения радиоактивных элементов на золоторудных месторождениях могут быть использованы в качестве поисково-оценочного радиогеохимического критерия, применяемого на стадиях предварительных поисков и поисково-оценочных работ. Использование гамма-спектрометрических методов, оценка концентраций калия, урана, тория и их взаимосвязей оказываются эффективными для выявления золотоносных зон [Кучурин и др., 2002; Буланов, Сизых, 2003]. В последнее время нами установлены самостоятельные минералы тория (торит, торианит, ураноторит) в нижнерифейских отложениях Башкирского антиклинория [Мичурин и др., 2010a]. Минерализация установлена в пределах площади одного из золоторудных проявлений, а также на участке, который по ряду минералогических и изотопно-геохимических характеристик относится к перспективным на обнаружение золота. В настоящей работе предпринимается попытка обобщить имеющиеся минералогические и радиогеохимические материалы с точки зрения возможной связи тория и золота в рифейских отложениях Башкирского антиклинория.

Прежде чем переходить к материалам по рассматриваемому региону, следует остановиться на радиогеохимической характеристике золоторудных месторождений, где установлена связь между распределением радиоактивных элементов и уровнем золотого оруденения. Например, в Приохотье, Забайкалье и Саянах на месторождениях различных формационных типов, включая неизменные и слабоизмененные породы, околорудные метасоматиты и рудные тела, гидротермальные изменения сопровождаются значительным увеличением содержания калия, меньшим тория и относительно инертным поведением урана на площади рудных полей [Буланов, Сизых, 2003]. Авторы на примере месторождений золото-серебряной и золото-сульфидно-кварцевой (малосульфидный тип) формаций, объясняют это отложением золота из растворов повышающейся щелочности при возрастании активности калия. Метасоматические преобразования пород протекали под влиянием единообразных по составу растворов, приносящих из глубинного источника калий и кремнекислоту, имеющих в условиях низких температур высокую активность. Перенос кремнекислоты осуществлялся преимущественно в виде наиболее «емких», по сравнению с натриевыми, калиевых соединений типа $K_2Si_4O_9$.

По мнению указанных исследователей, на протяжении всех этапов минералообразования растворы, оставаясь существенно калиевыми, по кислотности были нейтральными или слабощелочными. При снижении температуры происходило повышение щелочности за счет уменьшения растворимости хлорида калия на фоне остающейся прежней растворимости натрия. Снижение общего давления приводило к вскипанию растворов, удалению из них CO_2 и обусловленному этим возрастанию K^+ , а совокупное влияние падения P-T параметров и повышения щелочности приводило к увеличению растворимости и выносу тория. По мнению авторов, чем интенсивнее протекал процесс рудоотложения, тем в большей степени проявлялось разнонаправленное поведение калия и тория.

В доказательство щелочной природы минералообразующих растворов авторами указывается на наличие в жилах анкерита и кальцита, которые легко разлагаются в кислой среде, а также на значительный привнос калия (образование серицита) в процессе околожильного изменения вмещающих пород [Буланов, Сизых, 2003].

Приведенные закономерности поведения K, U и Th во вмещающих породах и рудных телах указанных месторождений на качественном уровне совпадают с распределением радиоактивных элементов на золоторудных объектах Авзянского рудного района в Башкирском антиклинории. На месторождении Горный Прииск, например, также наблюдается прямая зависимость между содержаниями золота, калия и тория в породах и отсутствие связи между концентрациями золота и урана (материалы П.Г. Кучеревского и др. [1999 г.]) (рис. 1). Кроме того, совпадение отмечается и по некоторым минералого-геохимическим характеристикам. В частности, на рудопоявлениях Улюк-Бар, Кургашлинское и Рамеева жила Авзянского рудного района также отмечается широкое развитие анкерита и кальцита в породах (материалы И.В. Высоцкого и др. [2006 г.]) и кварцевых жилах [Мичурин и др., 2010б, Шарипова и др., 2011 (настоящий сборник)]. В пределах рудных зон отмечается обильная серицитизация [Нечаев, 1982; Кац и др., 1986], а во флюидных включениях кварца устанавливается незначительная примесь CO_2 (1–2,4 моль CO_2 /кг H_2O) [Мичурин и др., 2009]. Перечисленные особенности свидетельствуют в пользу щелочной природы минералообразующих растворов с высокой активностью в них калия [Портнов,

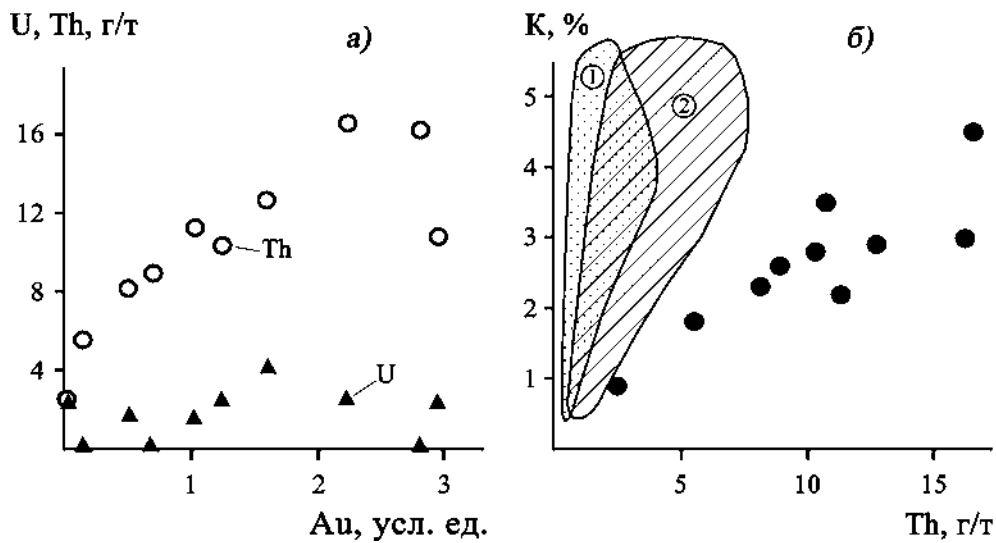


Рис. 1. Характер связей золота с ураном и торием (а) и калия с торием (б) в частных пробах месторождения Горный Прииск (по материалам П.Г. Кучеревского и др. [1999 г.]

Цифрами в кружках отмечены области концентраций К и Th на месторождениях золото-сульфидной формации Приохотья, Забайкалья и Саян [Буланов, Сизых, 2003]: 1 — в рудных зонах; 2 — в зонах с убогой минерализацией

2007] и, кроме того, их можно рассматривать с точки зрения принципиально сходных физико-химических процессов при формировании как золоторудных объектов в рифейских отложениях Башкирского антиклинория, так и месторождений золота в Приохотье, Забайкалье и Саянах.

Вместе с тем сравнительный анализ количественных характеристик концентраций радиоактивных элементов в породах показывает, что месторождение Горный Прииск в Башкирском антиклинории отличается от указанных золоторудных объектов более высокими содержаниями тория и меньшими калия (см. рис. 1). Большая часть изученных проб на этом месторождении характеризуется около-кларковыми концентрациями тория, в то время как среднее содержание Th в породах, вмещающих золоторудные месторождения Приохотья, Забайкалья и Саян, значительно ниже. Установлено, что на этих объектах отношение содержания калия к торию (первый элемент берется в весовых процентах, второй — в г/т) является наиболее информативным показателем золотоносности. Их отношение меняется от 0,6–1,5 в неизменных и слабоизмененных породах до 3–10,2 в рудных телах [Буланов, Сизых, 2003]. Однако в сравниваемых нами регионах (см. рис. 1) концентрации калия и тория существенно различаются, и, по-видимому, их отношение как параметр золотоносности можно использовать только там, где достаточно детально изучено распределение К и Th. В настоящее время явно недостаточно данных, чтобы оценить уровень золотого оруденения в рифейских отложениях

Башкирского антиклинория по этому параметру, и требуется проведение более детальных радиометрических исследований.

В то же время в результате выполненного ранее радиогеохимического изучения (материалы П.Г. Кучеревского и др. [1999 г.] на золоторудных объектах (Горный Прииск, Улок-Бар) Авзянского рудного района установлена сложная система взаимосвязанных зон изменения интенсивности естественной радиоактивности и содержания золота. Согласно материалам указанных исследователей, флуктуации гамма-излучения здесь достигают 22 мкР/ч.

Следует заметить, что такие значения не являются очень высокими и сопоставимы с уровнем фона. Например, по данным ранее проводимых радиометрических исследований в Ямантауском антиклинории, низкой радиоактивностью (2–5 мкР/час) обладают известняки, песчаники, доломиты и породы основного состава, однако в глинистых сланцах гамма-активность может достигать 14–20 мкР/час. Кроме того, часто на рудопроявлениях золота контакты золотосодержащих интервалов среди гидротермально измененных пород определяются именно по резкому уменьшению интенсивности естественного гамма-излучения [Кучурин и др., 2002]. Указанными авторами на примере проявлений золота, залегающих в вулканогенно-осадочных породах девона, показано, что рудные зоны (сульфидизированные зоны и метасоматиты серицит-кварцевого состава), напротив, хорошо идентифицируются по контрастным положительным аномалиям на

диаграммах нейтрон-нейтронного каротажа, природа которых обусловлена большим временем жизни тепловых нейтронов в кварце и пирите. Кроме того, ими показано, что золотоносные сульфидизированные зоны уверенно фиксируются по данным электрокаротажа (методы КС, ПС, МЭП).

Вместе с тем в Авзянском рудном районе на рудопроявлениях Ирмакаевской зоны (Улюк-Бар, Кургашлинское, Рамеева жила) между содержанием золота в породах и уровнем их естественной радиоактивности в ряде скважин действительно отмечается слабая положительная корреляция. Например, в скв. № 7852 флуктуации гамма-активности до 17–22 мкР/ч в песчаниках сопровождаются увеличением содержания золота в них до 0,7–1,5 г/т (рис. 2). Однако в целом в пределах зоны эта зависимость устанавливается не во всех скважинах. Трудно увидеть, например, зависимость между гамма-активностью в глинистых сланцах и содержанием в них золота в скв. № 7808 (см. рис. 2).

Как известно, природная гамма-активность вызывается главным образом радиоактивными изотопами урана, тория, калия и различными продуктами их распада [Титаева, 2000]. Распределение же радиоактивных элементов на месторождении

Горный Прииск, по мнению П.Г. Кучеревского с соавторами [1999 г.], свидетельствует о существенно ториевой природе интегрального гамма-поля, в котором активность в большей степени связана с калием и торием, нежели с ураном. Здесь же необходимо отметить, что по результатам поисково-оценочных работ в пределах Акташской золотоносной площади Авзянского района выявлена точка минерализации тория, в относительной близости с которой содержание золота в штучных пробах составляет около 5 г/т (материалы В.В. Радченко).

Нами предпринята попытка выявить формы нахождения радиоактивных элементов на золоторудных объектах в рифейских отложениях Башкирского антиклинория. В частности, в породах большеинзерской свиты на участке, который по ряду геохимических и термобарогеохимических особенностей относится к перспективным в отношении золотого оруденения [Мичурин и др., 2009], в тесной пространственной связи с сульфидами и сульфоарсенидами установлены самостоятельные минералы тория — торит $\text{Th}[\text{SiO}_4]$, ураноторит $\text{ThU}[\text{SiO}_4]$ и торианит $(\text{Th},\text{U})\text{O}_2$ (рис. 3, табл. 1) [Мичурин и др., 2010а]. В последнее время на этом же участке нами совместно с С.Г. Ковалевым и

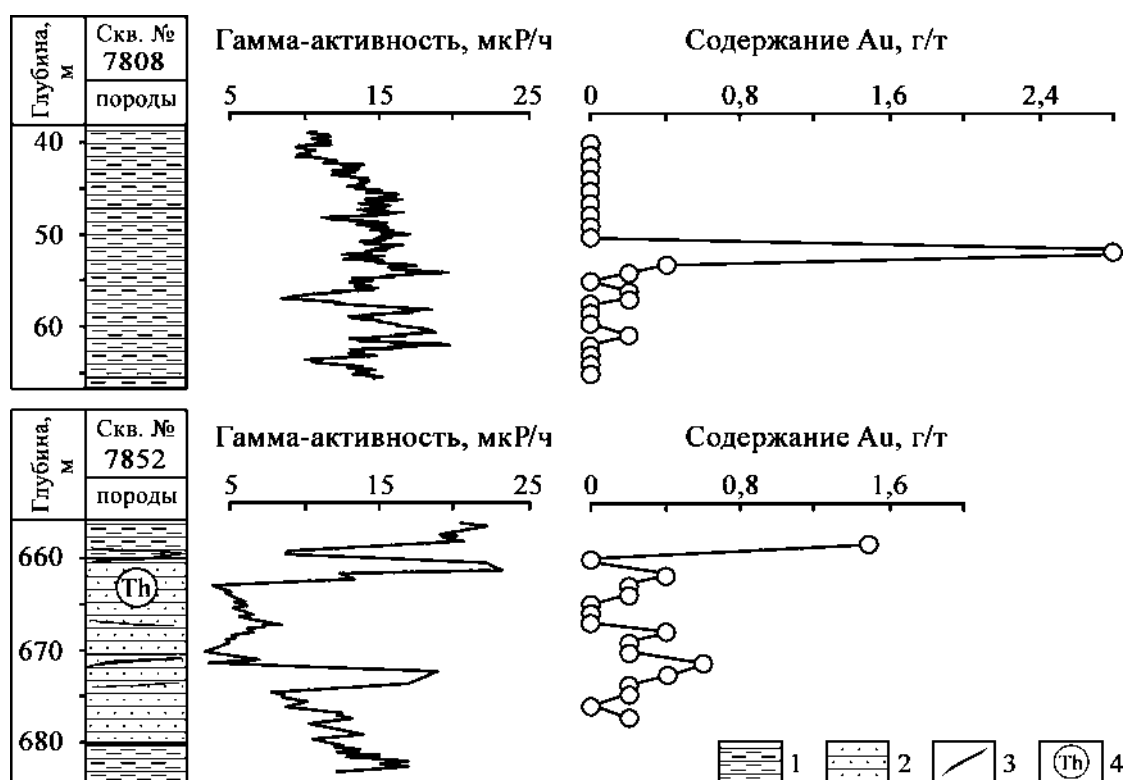


Рис. 2. Изменение гамма-активности и содержаний золота в породах рудопроявления Улюк-Бар (по материалам А.Л. Чернова и В.П. Нечаева [1982 г.]

Условные обозначения: 1 — углеродсодержащие сланцы; 2 — песчаники; 3 — кварцевые жилы; 4 — ториевые минералы (торит, ураноторит)

Д.И. Криновым энергодисперсионным микроанализом в одном случае обнаружен уранинит UO_2 .

Минералы тория имеют незначительные размеры, около 10 мкм. Они содержат примеси S, Ca, P, Al, Cr и Pb. Важно подчеркнуть, что в ассоциации с ториевыми минералами здесь встречаются минералы мышьяка. По результатам энергодисперсион-

ного анализа обнаружен сульфоарсенид кобальтин (CoAsS) [Мичурин и др., 2009]. Эти материалы указывают на пространственную связь минералов мышьяка и тория в рифейских отложениях.

С минералами этой ассоциации здесь же обнаружен монацит. В общем случае концентрации тория в породах часто связаны с монацитовою ми-

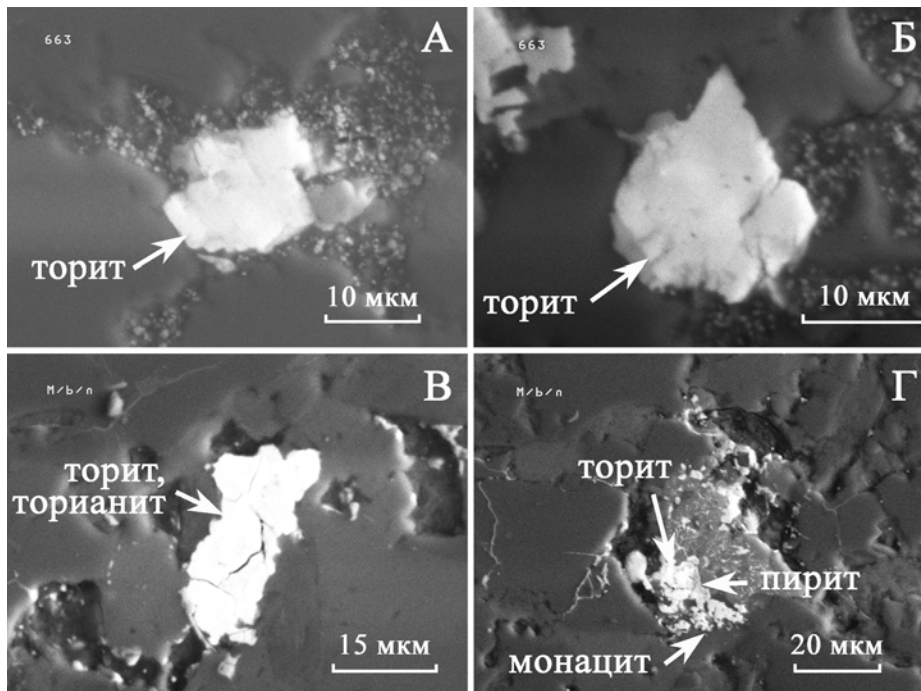


Рис. 3. Минералы тория в нижнерифейских отложениях Башкирского антиклинория

А–Б — рудопроявление Улюк-Бар, скв. № 7852, гл. 663,3 м; В–Г — карьер в 0,5 км северо-восточнее д. Бзяк

Таблица 1

Химический состав минералов тория (ат. %) в породах большеинзерской свиты Башкирского антиклинория

элемент	торит		торианит	ураноторит		
	1	2	3	4	5	6
Th	15,61	14,92	13,94	14,99	12,47	13,72
U	–	–	0,56	1,71	1,30	1,54
Si	16,83	17,17	5,68	15,89	11,70	7,89
O	66,92	66,92	65,68	66,81	66,17	65,79
Fe	0,64	1,00	2,01	0,60	1,28	1,23
S	–	–	2,61	–	1,68	2,37
Ca	–	–	5,65	–	2,97	4,35
P	–	–	2,70	–	1,07	1,85
Al	–	–	0,73	–	1,10	0,64
Pb	–	–	0,45	–	0,28	0,34
Cr	–	–	–	–	–	0,27

Примечание. Номера анализов: 1–2 и 4 — рудопроявление Улюк-Бар, скв. № 7852, гл. 663,3 м; 3 и 5–6 — карьер в 0,5 км северо-восточнее д. Бзяк. Содержание элементов определялось энергодисперсионным микроанализом на приставке LINK OXFORD с анализатором AN 10000 к сканирующему электронному микроскопу CamScan-4 (Д.И. Кринов, ОАО ВНИИХТ, г. Москва). Прочерк — элемент не обнаружен.

нерализацией. Торием могут замещаться основные компоненты монацита — редкие земли, — и в нем обычно содержится приблизительно от 3,5 до 10% ThO_2 . Однако в нашем случае в составе монацита торий не был установлен (результаты анализа приводятся в [Ковалев и др., 2009]). В целом, судя по имеющимся данным [Алексеев и др., 2009], бесториевые монациты в рифейских терригенных и карбонатных породах Башкирского антиклинория встречаются не так уж редко. Например, это отмечается для отложений нижнего рифея: в породах большеинзерской, суранской и юшинской свит [Ковалев и др., 2009].

Минералы тория нами также установлены в породах большеинзерской свиты, в образце из керна скважины № 7852 с глубины 663,3 м [Мичурин и др., 2010а], пробуренной в пределах площади рудопроявления Улюк-Бар. При энергодисперсионном микроанализе выявлены торит и ураноторит (см. рис. 3, табл. 1). Последний является U-содержащей разновидностью торита, который относится к наиболее распространенным из всех Th-содержащих минералов. Обнаруженные нами минералы встречаются непосредственно в матрице породы в виде вкрапленных зерен, что является обычной формой их нахождения. Размер минералов составляет около 10–15 мкм и они практически не содержат примесей (см. табл. 1).

Согласно материалам А.Л. Чернова и В.П. Нечаева [1982 г.], породы в этом интервале скважины представлены разнозернистыми песчаниками, в составе которых отмечается кварц ($\approx 65\text{--}70\%$), плагиоклаз ($\approx 25\text{--}30\%$), карбонатные минералы ($\approx 1\text{--}3\%$), а также серицит, рутил и циркон. Породы пронизаны довольно густой сетью карбонатно-кварцевых прожилков мощностью 1–3 мм и, кроме того, здесь встречается несколько жил мощностью 5–8 см (в интервалах 659,2; 660; 667 и 674 м) и в одном случае 20 см, в интервале 671,2–671,4 м (см. рис. 2). С жилами и прожилками отчетливо связана сульфидная минерализация (пирит и арсенопирит), что фиксируется по увеличению количества сульфидов в направлении к жилам. На контакте песчаников и вышележащих низкоуглеродистых кварц-серицитовых сланцев выделяется метровый интервал (658,2–659,2 м), обогащенный сульфидами более 3%. Обнаруженные нами минералы тория в образце с глубины 663,3 м (см. рис. 2) встречаются в тесной ассоциации с сульфоарсенидами. Количество арсенопирита здесь, по нашим данным, в породе составляет около 10 вес. % [Мичурин и др., 2009].

Приведенные материалы показывают, таким образом, что ториевые минералы на рудоносных участках в нижнерифейских породах находятся в тесной пространственной связи с минералами

мышьяка. Последние же в рифейских отложениях Башкирского антиклинория являются четким минералогическим индикатором благороднометалльного оруденения [Мичурин и др., 2009].

Таким образом, подводя итог вышеизложенному, можно сделать вывод, что на золоторудных объектах в рифейских отложениях Башкирского антиклинория гамма-активность, связанная с торием, может быть обусловлена присутствием в породах самостоятельных минералов тория.

В то же время, учитывая описанную выше зависимость содержаний тория и золота на месторождении Горный Прииск, остается не совсем понятным сходство относительно невысоких окологларковых концентраций Th во вмещающих породах этого месторождения и породах из различных свит стратотипического разреза рифея (см. рис. 1, таблицы 2–4). Возможно, это объясняется недостаточностью аналитических данных или влиянием гипергенных процессов. При формировании коры выветривания могло произойти перераспределение тория в породах в пределах рудопроявлений. Вместе с тем известно, что минералы тория являются устойчивыми в зоне гипергенеза. Поскольку валентность тория не изменяется (всегда Th^{+4}), на него не влияет смена Eh и поэтому растворимость его оксида практически во всем интервале pH коры выветривания крайне мала [Додина, Копейкин, 2008]. Вследствие этого торий из профиля выветривания не выносится, а накапливается. При этом он не может накапливаться на геохимическом барьере смены окислительных и восстановительных условий, и его количество в профиле выветривания определяется только его содержанием в исходном субстрате [Додина, Копейкин, 2008].

Торий и уран обладают достаточно высокой распространенностью в земной коре. Кларк Th составляет 13 г/т, U — 2,5 г/т (по А.П. Виноградову), что превышает кларки многих широко известных микроэлементов. Уран и торий относятся к основным радиоактивным элементам, с которыми связано естественное гамма-излучение [Титаева, 2000]. В природе высокой гамма-активностью могут обладать некоторые типы песчаников, риолитовые туфы и др. [Итенберг, Дахкильгов, 1982; Горошко и др., 2006]. Глинистые сланцы обычно имеют умеренную гамма-активность, которая увеличивается в сланцах, обогащенных органическим веществом. Низкая гамма-активность свойственна песчаникам, известнякам и доломитам.

Распределение радиоактивных элементов в породах Башкирского антиклинория подчиняется этим закономерностям. Глинистые сланцы и аргиллиты в разных свитах и подсвитах рифея характеризуются в целом сходными содержаниями тория

Таблица 2

Содержание радиоактивных элементов (U, Th, г/т; K, %) в различных типах рифейских пород Башкирского антиклинория [Голованова, 2005]

элемент	серия	песчаники		глинистые сланцы, алевролиты, аргиллиты		доломиты, известняки	
		разброс	среднее	разброс	среднее	разброс	среднее
U	RF ₃	0,6–3,2	1,3 (9)	1,7–3,4	2,6 (4)	0,5–2	1,0 (6)
	RF ₂	2,3–2,6	2,5 (2)	0,7–2,2	1,6 (5)	0,3–1,2	0,6 (5)
	RF ₁	0,9–2,6	1,8 (2)	2,7	2,7 (1)	–	–
Th	RF ₃	0,9–15,3	4,1 (9)	8,3–13,8	10,5 (4)	0,0–1,0	0,3 (6)
	RF ₂	8,4–11,9	10,2 (2)	9,8–14,3	11,5 (5)	0,2–0,6	0,4 (5)
	RF ₁	2,5–14,2	8,4 (2)	15,3	15,3 (1)	–	–
K	RF ₃	0,02–4,2	1,21 (9)	3,0–5,21	4,27 (4)	0,0–0,28	0,07 (6)
	RF ₂	1,14–3,41	2,28 (2)	2,89–5,65	4,29 (5)	0,03–0,29	0,17 (5)
	RF ₁	0,3–5,59	2,95 (2)	5,16	5,16 (1)	–	–

Примечание. Серии: RF₃ — каратауская; RF₂ — юрматинская; RF₁ — бурзьянская. В скобках количество анализов. Прочерк — нет определений.

Таблица 3

Медианные содержания (г/т) и стандартные отклонения урана и тория в глинистых сланцах и аргиллитах различных свит и подсвит рифея Южного Урала [Маслов и др., 2008]

серия	свита, подсвита	U	Th	серия	свита, подсвита	U	Th
RF ₃	<i>uk</i>	1,6±0,7	9,5±5,8	RF ₂	<i>av</i>	2,1±0,8	12,3±4,6
	<i>mn</i>	3,6±2,3	13,9±5,3		<i>zk</i>	1,7±0,7	9,7±4,7
	<i>in</i>	2,3±0,6	15,7±2,8		<i>zg</i>	2,3±1,4	7,0±4,3
	<i>kt</i>	1,4±0,3	13,9±0,4		<i>mš</i>	2,0±0,4	11,9±2,7
	<i>zl₄</i>	3,0±0,5	13,5±2,6	RF ₁	<i>bk</i>	2,2±0,4	16,1±1,2
	<i>zl₂</i>	2,3±0,9	12,2±4,9		<i>st</i>	1,9±0,2	14,1±1,5
	<i>zl₁</i>	5,1±2,1	17,9±7,2		<i>ai</i>	3,0±0,5	14,1±1,1

Примечание. Серии: RF₃ — каратауская; RF₂ — юрматинская; RF₁ — бурзьянская. Свиты и подсвиты рифея: *uk* — укская; *mn* — миньярская; *in* — инзерская; *kt* — катавская; подсвиты зильмердакской свиты: *zl₄* — бедерышинская; *zl₂* — нугушская; *zl₁* — бирьянская; *av* — авзянская; *zk* — зигазино-комаровская; *zg* — зигальгинская; *mš* — машакская; *bk* — бакальская; *st* — саткинская; *ai* — айская.

Таблица 4

Содержание радиоактивных элементов в магматических породах Башкирского антиклинория

возраст	породы	U, г/т	Th, г/т	K, %
PZ	долериты и базальты (12)	1,6	1,8	–
V	субщелочные и щелочные диабазы (5)	1,8	2,2	–
RF ₃	диабазы (7)	2,1	1,7	–
RF ₂ ?	диабазы, порфириды, туфы основного состава (6)	3,0	1,4	0,45
RF ₂ ?	диорит (?) (1)	6,5	18,4	3,15
RF ₂ mš	метадиабазы эффузивные и субвулканические (81)	1,2	1,4	–
RF ₂ mš	липаритовые порфиры (22)	4,7	9,5	–
RF ₁	габброиды (19)	1,3	1,6	–

Примечание. По материалам А.А. Алексева [Чернов, Нечаев, 1982 г.] и И.В. Головановой [2005]. В скобках количество анализов; *mš* — машакская свита среднего рифея. Прочерк — нет определений.

и урана, которые незначительно превышают или несколько ниже кларка (см. табл. 2, 3). Карбонатные породы характеризуются их крайне низкими концентрациями. В песчаниках отмечаются наибольшие вариации содержаний радиоактивных элементов, при этом, несмотря на небольшое количество анализов, в песчаниках верхнего рифея установлены наименьшие концентрации U, Th и K (см. табл. 2). Для магматических пород антиклинория в целом также свойственны низкие содержания радиоактивных элементов (см. табл. 4).

Невысокие концентрации тория, и в то же время их связь с содержаниями золота во вмещающих породах месторождения Горный Прииск могут быть объяснены с точки зрения закономерностей поведения калия и тория при эволюции рудообразующих растворов. Как описано выше, формирование рудных метасоматитов на некоторых типах месторождений золота связано с тем, что в щелочной среде активность калия резко возрастает и порождает интенсивный калиевый метасоматоз вмещающих пород [Буланов, Сизых, 2003]. Щелочные растворы способствуют накоплению калия в зонах адуляризации и серицитизации, при этом они активно выносят торий, содержание которого снижается в адуляр-серицитовых метасоматитах до 0,5 кларка [Портнов, 2007]. Вместе с тем торий, вынесенный щелочными растворами из зон адуляризации и серицитизации золото-серебряных месторождений, накапливается в надрудных метасоматитах, формирующихся уже в кислой среде [Портнов, 2007].

Как отмечено выше, в пользу щелочной природы рудообразующих растворов свидетельствуют некоторые минералого-геохимические особенности на рудопрооявлениях золота Авзянского рудного района. Кроме того, на одновременность процессов серицитизации и формирования ториевой минерализации на этих объектах могут указывать их относительно близкие возрастные датировки. Ранее в пределах площади рудопрооявления Улюк-Бар (скв. № 7858, глубина 486,4 м) К-Ag методом по серициту из карбонатно-серицитового сланца были получены значения возраста 676 и 706 млн. лет [Гаррис и др., 1986]. Вместе с тем по результатам химического датирования ториевых минералов, встречающихся в породах большеинзерской свиты около д. Бзяк, часть датировок попадает в интервал 567–600 млн. лет (см. в настоящем сборнике [Мичурин, Шарипова, 2011]). Расхождение между этими результатами, по-видимому, объясняется аналитическими и методическими погрешностями. С одной стороны, концентрации элементов, в том числе тория, урана и свинца, оценены при энергодисперсионном микроанализе с довольно большой

относительной ошибкой. С другой — при К-Ag изучении проба карбонатно-серицитового сланца для удаления карбоната была обработана HCl, что могло привести к некоторому искажению результатов датирования. Если принимать в расчет погрешности обоих методов, по-видимому, следует говорить о близости этих датировок. В таком случае эти результаты могут свидетельствовать о едином этапе формирования зон серицитизации и образования ториевой минерализации при эволюции рудообразующих растворов на золоторудных объектах Авзянского района.

Заключение

Таким образом, имеющиеся в настоящее время материалы по золоторудным объектам в рифейских отложениях Башкирского антиклинория позволяют сделать следующие выводы. В Авзянском рудном районе на рудопрооявлениях Исмакаевской зоны (Улюк-Бар, Кургашлинское, Рамеева жила) между содержанием золота в породах и уровнем их естественной радиоактивности в ряде скважин отмечается слабая положительная корреляция. Однако в пределах зоны эта зависимость устанавливается не во всех скважинах. На месторождении Горный Прииск в Горноприисковой зоне предыдущими исследованиями также выявлена сложная система взаимосвязанных участков изменения гамма-активности и содержаний золота. Распределение радиоактивных элементов на месторождении свидетельствует о связи между торием, калием и золотом, и ее отсутствии между золотом и ураном.

Вместе с тем гамма-активность, связанная с торием, может быть обусловлена присутствием в породах самостоятельных минералов тория. В пределах площади рудопрооявления Улюк-Бар и одного из перспективных рудных участков обнаружены минералы тория (торит, торианит и ураноторит) и урана (уранинит). Установлена пространственная связь ториевых минералов с сульфоарсенидами: арсенопиритом и кобальтином. Находки минералов тория наряду с сульфоарсенидами могут служить дополнительными минералогическими индикаторами золотого оруденения в рифейских отложениях.

В то же время немногочисленность аналитических данных на сегодняшний день не позволяет использовать в качестве поисково-оценочного радиогеохимического критерия отношение калия к торию, как информативный показатель золотонности рудных участков в отложениях рифея. Имеющиеся материалы показывают, что концентрации тория во вмещающих породах месторождения Горный Прииск являются относительно невысокими и сопоставимы с околосларковыми

его содержаниями в осадочных породах различных свит стратотипического разреза рифея Башкирского антиклинория. Низкие концентрации Th в пределах золоторудных объектов связаны, по-видимому, с эволюцией щелочных рудообразующих растворов, в результате которой происходило накопление калия в рудных метасоматитах и одновременный с этим вынос тория. Согласно результатам К-Аг изучения серицита и химического датирования минералов тория, один из этапов формирования зон серицитизации и образования ториевой минерализации происходил около 600–700 млн. лет тому назад.

Литература:

- Алексеев А.А., Ковалев С.Г., Тимофеева Е.А.** Белорецкий метаморфический комплекс. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. – 210 с.
- Буланов В.А., Сизых Н.В.** Прогнозная гамма-спектрометрическая оценка перспективности золоторудных месторождений // Геология, поиски и разведка месторождений рудных полезных ископаемых: Межвузовский сборник науч. трудов. – Иркутск: ИГТУ, 2003. – Вып. 26. – С. 34–46.
- Гаррис М.А., Гревцова А.П., Глухова Г.А.** Геохронология позднедокембрийских магматитов западного склона Южного Урала // Стратиграфия, литология и геохимия верхнего докембрия Южного Урала и Приуралья. – Уфа: БФАН СССР, 1986. – С. 17–27.
- Голованова И.В.** Тепловое поле Южного Урала. – М: Наука, 2005. – 189 с.
- Горошко М.В., Малышев Ю.Ф., Кириллов В.Е.** Металлогения урана Дальнего Востока России. – М.: Наука, 2006. – 372 с.
- Додина Е.В., Копейкин В.А.** Поведение тория в латеритном процессе // Рудогенез: Мат-лы / Международный конф. (2–7 февраля 2008 г.). – Миасс – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – С. 84–88.
- Итенберг С.С., Дахкильгов Т.Д.** Геофизические исследования в скважинах. – М: Недра, 1982. – 223 с.
- Кац Ш.Н., Нуриева Р.Ф., Серeda Е.И.** Околорудные изменения пород Авзянского рудного района, вмещающих золотое оруденение // Минералогия, геохимия и генезис полезных ископаемых Южного Урала. – Уфа: БФАН СССР, 1986. – С. 42–45.
- Ковалев С.Г., Тимофеева Е.А., Пиндюрина Е.О.** Монацитовая минерализация западного склона Южного Урала // Геологический сборник № 8 / ИГ УНЦ РАН. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. – С. 138–144.
- Кучурин Е.С., Перельгин В.Т., Кучурина О.Е. и др.** Эффективность применения ядерно-геофизических методов каротажа при поисках и разведке месторождений твердых полезных ископаемых республики Башкортостан // Минерально-сырьевая база Республики Башкортостан: реальность и перспектива: Мат-лы / Республ. науч.-практ. конф. Уфа, 5–6 апр. 2002 г. – Уфа: Тау, 2002. – С. 675–694.
- Маслов А.В., Ножкин А.Д., Подковыров В.Н. и др.** Геохимия тонкозернистых терригенных пород верхнего докембрия Северной Евразии. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 274 с.
- Мичурин С.В., Ковалев С.Г., Горожанин В.М.** Генезис сульфатов и сульфидов в нижнерифейских отложениях Камско-Бельского авлакогена и Башкирского мегантиклинория. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. – 192 с.
- Мичурин С.В., Ковалев С.Г., Кринов Д.И.** Ториевая минерализация золоторудных объектов Башкирского антиклинория (Южный Урал) // Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований: Мат-лы / Всерос. конф., посвященной 100-летию Н.И. Петровской. – М: ИГЕМ РАН, 2010а. – С. 50–52.
- Мичурин С.В., Попов В.А., Шарипова А.А.** Карбонатные минералы золоторудных проявлений Исмакаевской рудной зоны Башкирского антиклинория // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Мат-лы / VIII Межрегион. науч.-практ. конф., г. Уфа, 17–20 ноября 2010 г. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010б. – С. 140–143.
- Мичурин С.В., Шарипова А.А.** Химическое датирование уран-ториевой минерализации из нижнерифейских отложений Башкирского антиклинория // Геологический сборник № 9 / ИГ УНЦ РАН. – Уфа, 2011. – В печати.
- Нечаев В.П.** Особенности гидротермально-метасоматического процесса на некоторых золоторудных проявлениях западного склона Южного Урала // Вопросы минералогии, геохимии и генезиса полезных ископаемых Южного Урала. – Уфа: БФАН СССР, 1982. – С. 52–56.
- Портнов А.М.** Роль CO₂ при метасоматозе и рудоотложении на близповерхностных золото-серебряных месторождениях // Роль минералогии в познании процессов рудообразования: Мат-лы Годишной сессии Мос. Отд. РМО, посвященной 110-летию акад. А.Г. Бетехтина (1897–2007). – М.: ИГЕМ РАН, 2007. – С. 265–270.
- Титаева Н.А.** Ядерная геохимия. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 336 с.
- Шарипова А.А., Мичурин С.В., Попов В.А., Канипова З.А.** Жильные карбонатные минералы рудопроявлений золота в нижнерифейских отложениях Башкирского антиклинория // Геологический сборник № 9 / ИГ УНЦ РАН. – Уфа, 2011. – В печати.