

УРАН, ТОРИЙ И КАЛИЙ – ИНДИКАТОРЫ ПОИСКОВ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД (на примере Филизчайского месторождения)

Н.А.Новрузов

*Институт геологии НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А*

Тесная зависимость между концентрациями урана и калия в рудовмещающих нижне-среднеюрских песчано-глинистых отложениях, пространственное совмещение относительно повышенных содержаний радиоактивных элементов с зонами окolorудных гидротермально-метасоматических изменений, вертикальная зональность в распределении урана, тория, калия и величин Th/U позволяют использовать эти элементы в качестве геохимических критериев на поиски колчеданно-полиметаллических руд на Южном склоне Большого Кавказа.

Исследования распределения радиоактивных элементов во вмещающих породах колчеданно-полиметаллических месторождений имеют важное значение как для освещения геохимических особенностей этих элементов, так и для установления возможностей использования их в качестве геохимических критериев на обнаружение слепого колчеданно-полиметаллического оруденения и индикаторов процессов формирования этих руд (Сырымтнников и др., 1971; Панкратьев и др., 1975).

Относительно распределения урана и тория в нижне-среднеюрских песчано-глинистых отложениях Южного склона Большого Кавказа, в которых сосредоточены многочисленные колчеданно-полиметаллические и медно-пирротиновые месторождения и рудопроявления, имеются отрывочные сведения (Новрузов, Гейдаров, 1980; Гейдаров, Новрузов, 1981; Вардзелашвили и др., 1983). Данные приведенных работ показывают, что колчеданные руды региона либо не содержат U и Th, либо содержат их в очень незначительном количестве. Это подтверждено также технологическими исследованиями: радиоактивным анализом в руде Катехского месторождения уран и торий не обнаружены (Глембоцкий и др., 1970).

Изучением характера распределения радиоактивных элементов во вмещающих породах Филизчайского месторождения выявлен ряд особенностей. Прежде всего следует отметить, что в геологическом строении месторождения принимают участие терригенные

отложения плинсбахского и тоарского ярусов нижней юры. Верхнеплинсбахские отложения филизчайской серии представлены толщей глинистых сланцев, пачки которых чередуются с пакетами песчаного флишоида. Эта толща вмещает единую пластообразную залежь месторождения Филизчай и выступает в ядре Карабчайской антиклинали в виде относительно узкой полосы.

Многочисленными исследователями принимается полиэтапный и многостадийный характер рудообразования на Филизчайском колчеданно-полиметаллическом месторождении. Формирование руд происходило в три этапа. На первом этапе рудообразования произошло отложение гидротермально-осадочных серноколчеданных, на втором – гидротермально-метасоматических колчеданно-полиметаллических, а на третьем – гидротермально-метаморфогенных медно-пирротиновых руд. Продуктивные минеральные ассоциации колчеданно-полиметаллических руд имели наложенный характер и метасоматически развивались по ранним гидротермально-осадочным серноколчеданным рудам. Данные изотопных исследований (Гриненко и др., 1971; Заири, Зарянов, 1977) показали, что для колчеданоносной провинции Южного склона Большого Кавказа характерно господство ювенильной серы при относительно слабой контаминированности ее серой биогенного происхождения. На рассматриваемом месторождении рудообразование протекало в условиях меняющейся кислотно-щелочности рас-

творов. Основными текстурно-минералогическими типами руд месторождения являются: слоисто-полосчатый и массивный колчеданно-полиметаллический, массивный серно-колчеданный, пятнисто-брекчиевидный и прожилково-вкрапленный колчеданно-полиметаллический, массивный медно-пирротиновый. Слоисто-полосчатые колчеданно-полиметаллические руды, являясь главным природным типом, занимают основной объем пластообразной залежи.

Рудовмещающие песчано-глинистые отложения подвержены околорудным гидротермально-метасоматическим изменениям – окварцеванию, карбонатизации, хлоритизации и серицитизации. Наибольшая интенсивность гидротермально-метасоматических преобразований, пространственно и генетически связанных с оруденением, обычно наблюдается в лежащем боку рудной залежи – на участках распространения прожилково-вкрапленных руд.

Интервал колебания содержаний для урана в изученных породах обычно составляет 0,45-2 г/т (в одной пробе – 5 г/т), для тория – 4-24 г/т. Средние содержания урана в алевропесчаниках и глинистых сланцах одинаковы (1,4 г/т). В обеих фациях уран сравнительно больше концентрируется в гидротермально измененных разностях. Так, при переходе от неизмененных к гидротермально-измененным вмещающим породам содержание урана повышается в глинистых сланцах от 1,2 до 1,5 г/т, а в алевропесчаниках – от 1,1 до 2 г/т. Для тория наблюдается отчетливая приуроченность к глинистым сланцам, в которых сравнительно повышенная концентрация элемента установлена в породах, подвергшихся гидротермальным изменениям. В последних количество тория варьирует от 7,3 до 24 г/т и в среднем составляет 15,3 г/т. Необходимо отметить, что повышенные содержания урана в некоторых пробах алевропесчаников из подрудной толщи Филизчайского месторождения, несомненно, связаны с интенсивным развитием гидротермально-метасоматических изменений вмещающих пород именно в этой зоне.

Отмечается отчетливая вертикальная зональность в распределении радиоактивных элементов в исследуемых песчано-глинистых отложениях. Это особенно четко наблюдается для урана. Концентрация последнего плавно

изменяется с глубиной в этих породах: в надрудной толще – 1,2 г/т, рудном горизонте – 1,6 г/т, в подрудной толще – 1,4 г/т. Для тория в целом характерна обратная картина: наименьшее содержание элемента обнаружено в песчано-глинистых сланцах из подрудной толщи – 9 г/т. Концентрация элемента в породах из рудного горизонта и надрудной толщи составляет 14,6 г/т и 11,3 г/т соответственно. Характер распределения калия в породах по вертикальному разрезу выглядит так: в надрудной толще – 2,86%, в рудном горизонте – 3,57% и в подрудной толще – 0,61% (табл.1).

Торий-урановое отношение в изученных породах меняется от 1,6 до 16,0, а величина отношения среднего содержания тория к урану соответствует 7,8. Показатель величины торий-уранового отношения закономерно уменьшается от надрудной к подрудной толще: 9,4; 9,1; 6,4. Данные о закономерном уменьшении величин отношения Th/U по вертикальному разрезу вмещающих пород месторождения Филизчай подтверждают мнение о зональности в распределении урана и тория в изученных песчано-глинистых отложениях, возникающих в процессе формирования колчеданно-полиметаллических руд.

Особенности зонального распределения концентраций урана, тория и калия проследим в породах надрудной толщи вертикального разреза на примере двух скважин поперечного профиля XVI-XVI. По вертикальному разрезу скважины 49 содержание урана и калия с глубиной плавно увеличивается от 0,75 до 1,3 г/т и от 1,29 до 3,12% соответственно (расстояние от последней пробы вмещающих пород до рудной залежи составляет 7,5 м). В породах из скважины 50 количество радиоактивных элементов с глубиной сначала уменьшается: урана от 1,7 г/т до 1 г/т, тория от 14 до 8,7 г/т, калия от 2,61 до 1,56%. А с приближением к всяческому боку залежи концентрация урана в породах увеличивается до 1,5 г/т, тория остается на прежнем уровне (8,7 г/т), а калия составляет 2,25%. В целом, во вмещающих породах Филизчайского месторождения наблюдается некоторое обогащение торием более высоких, а ураном и калием более глубоких горизонтов песчано-глинистых пород над рудной залежью.

Среднее содержание урана и тория в

рудовмещающих породах Филизчайского месторождения составляет 1,5 и 11,7 г/т, в частности в глинистых сланцах – 1,4 и 13,1 г/т, алевропесчаниках – 1,8 и 8,4 г/т соответственно. Таким образом, среднее содержание урана и тория в изученных песчано-глинистых отложениях в целом несколько меньше их кларков для земной коры. Несмотря на то, что среднее содержание урана в изученных сланцах более двух раз меньше кларка для осадочных пород земной коры, то для тория наблюдается несколько иная картина: 13,1 г/т против 11 г/т.

По мнению А.А.Смылова (1974), в терригенных осадках наблюдается зависимость содержания урана (и в меньшей степени тория) от гранулометрического состава пород,

т.е. увеличение содержания элементов в сторону глинистых сланцев, в которых уран находится в рассеянном состоянии и тесно связан с органическим веществом. Однако изученные нами глинистые сланцы отличаются от типичных черносланцевых формаций, в первую очередь, небольшим количеством органического вещества (Юдович, Кетрис, 1988) и кларковым содержанием урана в них. С другой стороны, по мнению А.А.Смылова (1974), зависимость между ураном и органическим веществом более сложная и определяется рядом причин, к которым относятся: физико-химические особенности бассейнов седиментации, диа- и эпигенетические преобразования пород, степень их метаморфизма, наличие в них пирита и др.

Таблица 1

Распределение радиоактивных элементов по вертикальному разрезу вмещающих пород месторождения Филизчай

Горизонты	U, г/т	Th, г/т	K, %	Th/U
Надрудная толща	<u>0,45-2,0</u> 1,2(14)	<u>4-24</u> 11,3 (13)	<u>0,08-6,91</u> 2,86 (18)	9,4
Рудный горизонт	<u>1,0-2,0</u> 1,6 (7)	<u>7,3-19</u> 14,6 (5)	<u>2,66-4,31</u> 3,57 (7)	9,1
Подрудная толща	<u>0,7-2,1</u> 1,4 (2)	<u>6-13</u> 9 (3)	<u>0,05-1,16</u> 0,62 (2)	6,4

Примечание: в числителе – пределы содержаний, в знаменателе – среднее, в скобках – количество анализов.

Таблица 2

Статистические параметры распределения содержаний радиоактивных элементов в рудовмещающих породах Филизчайского месторождения

Элементы	n	Нормальная модель					Логнормальная модель			
		$\bar{x} \pm \lambda_{5\%}$	S^2	$\gamma_1/\delta_{\gamma_1}$	$\gamma_2/\delta_{\gamma_2}$	$v, \%$	$\bar{\lg x} \pm \lambda_{5\%}$	$S^2_{\lg x}$	$\gamma_1/\delta_{\gamma_1}$	$\gamma_2/\delta_{\gamma_2}$
U, г/т	24	1,5±0,4	0,79	4,760	7,210	58,8	0,13±0,09	0,06	2,98	2,99
Th, г/т	21	11,7±2,3	27,18	1,283	0,519	44,5				
K, %	52	1,72±0,3	1,03	0,188	1,724	58,9				

Примечание: n - количество анализов, $\bar{x}$ и $\bar{\lg x}$ - среднеарифметическое и среднее логарифмов содержаний, $\lambda_{5\%}$ - ошибка среднего при 5%-ном уровне значимости, S^2 и $S^2_{\lg x}$ - дисперсия содержаний и логарифмов содержаний, γ_1 - асимметрия, γ_2 - эксцесс, δ_{γ_1} и δ_{γ_2} - стандартные отклонения асимметрии и эксцесса, v - коэффициент вариации содержаний.

В рудовмещающих песчано-глинистых отложениях Филизчайского месторождения между ураном и зольностью установлена отрицательная корреляционная связь ($r = -0,240$), что косвенно указывает на связь урана с органическим веществом. Также отсутствует корреляционная связь тория с ураном и калием в этих породах. Установлен высокий коэффициент корреляции между ураном и калием ($r = +0,635$) во вмещающих породах рассматриваемого месторождения. Гистограммы распределения урана и калия в изученных нами песчано-глинистых отложениях имеют бимодальный, а тория – унимодальный характер с левосторонним эксцессом. По характеру распределения содержаний радиоактивных элементов во вмещающих породах месторождения Филизчай установлено, что торий и калий согласуются с нормальным типом, а уран с логарифмически-нормальным (табл.2).

Содержание урана, тория и калия было определено также во вмещающих породах Катехского колчеданно-полиметаллического месторождения. Установлено, что содержание урана в глинистых сланцах (пределы 1-4 г/т, среднее 2,5 г/т) больше, чем в песчаниках (пределы 1-2,9 г/т, среднее 1,9 г/т). Аналогичное наблюдается и для тория: в глинистых сланцах – 4-8,5 г/т (в среднем 6,1 г/т), в песчаниках – 2,5-5,4 г/т (в среднем 3,9 г/т). Как в глинистых сланцах, так и в песчаниках пределы содержаний радиоактивных элементов неширокие. Величина торий-уранового отношения составляет 2,4 для глинистых сланцев и 2,1 – для песчаников. Уменьшение этого соотношения во вмещающих породах Катехского месторождения по сравнению с Филизчайским связано с заметным увеличением здесь концентрации урана и уменьшением тория. Необходимо также отметить, что в рудовмещающих породах месторождения Катех наблюдается повышение концентраций калия, в частности в глинистых сланцах: 2,91% против 1,67% в тех же породах из Филизчая.

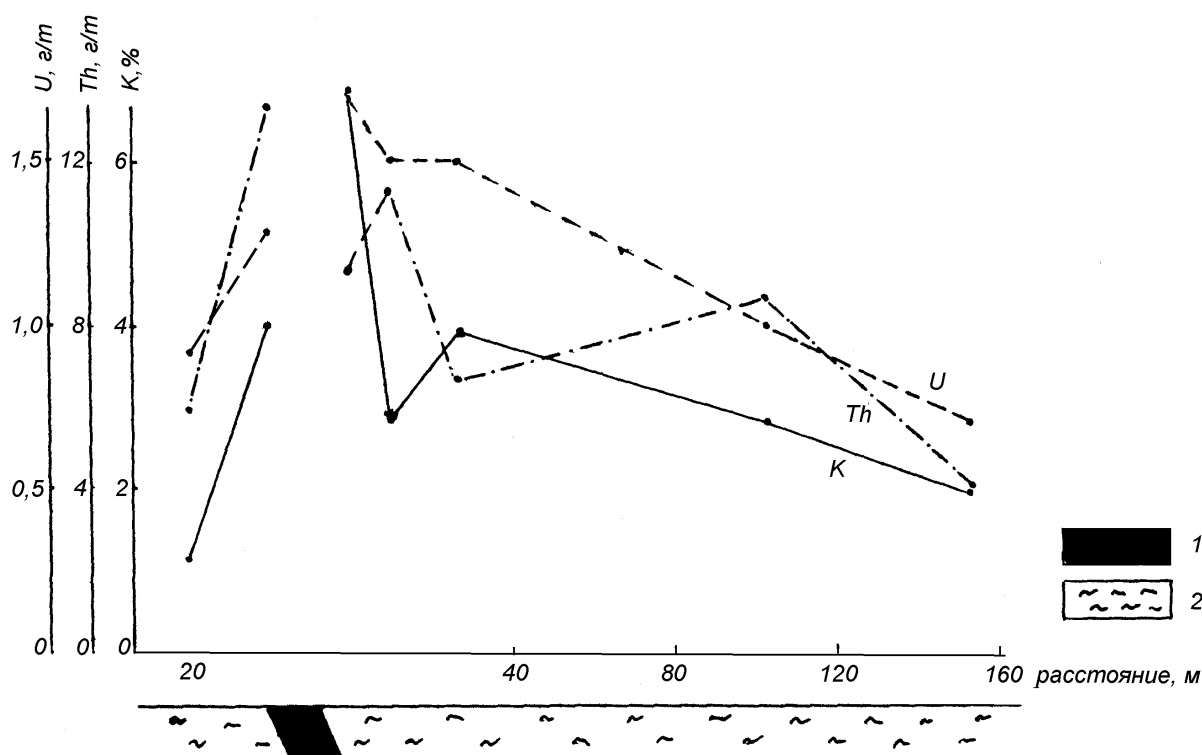
Однако следует отметить, что несмотря на сравнительно низкое содержание урана в отдельных фациях осадочных пород региона, в частности в околорудных песчано-глинистых отложениях Филизчайского месторождения, обнаружение циркона в одном шлифе (Гейдаров, Новрузов, 1981), по-видимому, позволяет предполагать аномально-повышенные содер-

жания урана в единичных пробах вмещающих пород названного месторождения.

Очень низкие содержания урана и тория в рудах различного минерального состава, по мнению ряда исследователей (Сыромятников и др., 1971; Панкратьев и др., 1975), вероятно, указывают на то, что эти элементы не привносились ни на одном из этапов минералообразования и наиболее вероятным является предположение о выносе их из зоны рудоотложения кислыми растворами ранних колчеданных этапов в условиях понижающейся кислотности, так как в отсутствие выноса эти руды должны были бы содержать радиоэлементы на уровне вмещающих их пород. По заключению авторов, факты относительно выноса урана и тория из вмещающих пород в зонах рудоотложения свидетельствуют об эпигенетичности рудообразующих процессов. Рассматриваемые вопросы, по-видимому, возникали и при изучении процессов формирования продуктивных минеральных ассоциаций эпигенетического гидротермально-метасоматического колчеданно-полиметаллического рудообразования на Филизчае.

В околорудных породах Филизчайского месторождения отчетливо проявляется закономерная зависимость концентраций радиоактивных элементов во вмещающих породах от минерального состава контактирующих с ними руд. Установлено, что сравнительно повышенные содержания радиоактивных элементов в отдельных пробах песчано-глинистых пород (K – 4,24-6,91%, U – 2-5 г/т, Th – 20-24 г/т) были обнаружены именно в приконтактных зонах гидротермально-метасоматических колчеданно-полиметаллических руд, а наименьшие их количества (K – 0,05-0,10%, U – 0,45-0,7 г/т) – вблизи массивных руд халькопирит-пирит-пирротинового состава.

Следовательно, около главной рудной залежи месторождения со стороны висячего и лежащего боков наблюдается увеличение содержаний урана, тория и калия во вмещающих песчано-глинистых отложениях. Имеющиеся аналитические данные свидетельствуют о сравнительно высоком уровне концентраций радиоактивных элементов в приконтактных зонах колчеданно-полиметаллической залежи. Наблюдается также отчетливая зависимость между содержаниями урана, тория и калия в изученных вмещающих породах Филизчайского месторождения (рис.).



Изменение концентраций радиоактивных элементов во вмещающих породах вкосте простирания рудной залежи по ручью Филизчай. Условные обозначения: 1 – рудное тело; 2 – вмещающие породы.

Таким образом, тесная зависимость между концентрациями урана и калия во вмещающих породах Филизчайского колчеданно-полиметаллического месторождения, а также пространственное совмещение сравнительно повышенных содержаний радиоактивных элементов с зонами околорудных гидротермально-метасоматических изменений, вертикальная зональность в распределении урана, тория, калия и величины торий-уранового отношения позволяют использовать их в качестве геохимических критериев на поиски колчеданно-полиметаллического оруденения в нижне-среднеюрских песчано-глинистых отложениях Восточного Кавказа.

На основании проведенных исследований по распределению радиоактивных элементов в рудовмещающих породах можно прийти к следующим выводам:

1. Установлено, что во вмещающих породах Филизчайского месторождения нормальная модель наиболее полно отражает характер распределения содержаний тория и калия, а распределение урана согласуется с логнормальным законом. Гистограммы рас-

пределения содержаний урана и калия в околорудных песчано-глинистых отложениях имеют бимодальный, а тория – унимодальный характер с левосторонним эксцессом.

2. Выявленные закономерности, а именно: высокая корреляционная связь между содержаниями урана и калия, пространственное совмещение сравнительно повышенных концентраций урана, тория и калия с зонами околорудных гидротермальных изменений, вертикальная зональность в распределении этих элементов и величин Th/U позволяют использовать их в качестве геохимических индикаторов на поиски руд колчеданно-полиметаллического состава в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

- ВАРДЕЛАШВИЛИ, Н.С., КВИНИКАДЗЕ, М.С., АЛИБЕГАШВИЛИ, Б.А. и др. 1983. Геохимия урана, тория и элементов спутников в нижнеюрских отложениях Южного склона Большого Кавказа. *Сообщения АН Груз. ССР*, 112, 3, 573-576.
- ГЕЙДАРОВ, А.С., НОВРУЗОВ, Н.А. 1981. Геохимические особенности распределения щелочных элементов и урана в породах Балакен-Загатальского района.

- В кн: *Исследования в области неорганической и физической химии*. Элм, Баку, 102-108.
- ГЛЕМБОЦКИЙ, О.В., МАКАРОВА, И.С., КАЛАШНИКОВА, Т.М., ВОРОНИН, А.Н. 1970. Изучение обогатимости руд новых месторождений Азербайджанской ССР (Катехское месторождение). Москва. Фонды МЭПР Азербайджана.
- ГРИНЕНКО, Л.Н., ЗЛОТНИК-ХОТКЕВИЧ, А.Г., ЗАИРИ, Н.М. 1971. Изотопы серы Физизчайского колчеданно-полиметаллического месторождения на Кавказе. *Геология рудных месторождений*, 1, 62-75.
- ЗАИРИ, Н.М., ЗАРЯНОВ, Ю.П. 1977. Об источниках серы колчеданных месторождений, подчиненных терригенным толщам. *Труды ЦНИГРИ*, 126, 131-140.
- НОВРУЗОВ, Н.А., ГЕЙДАРОВ, А.С. 1980. Геохимические особенности рудовмещающих отложений и колчеданных руд Восточного Кавказа (Азерб.ССР). Тезисы докладов Всес. совещ. «Геохимия платформ. и геосинкл. осад. пород и руд фанероз. и верхнепротероз. возраста». АН СССР, Москва, 323-325.
- ПАНКРАТЬЕВ, П.В., КЛИМОВ, В.И., МАГДИЕВ, Р.А. 1975. Уран, торий, калий как индикаторы колчеданно-полиметаллических руд (на примере месторождения Хандиза, Южный Узбекистан). *Узбекский геологический журнал*, 2, 61-66.
- СМЫСЛОВ, А.А. 1974. Уран и торий в земной коре. Недр. Ленинград. 231.
- СЫРОМЯТНИКОВ, Н.Г., ТРОФИМОВА, Л.А., ЯРЕНСКАЯ, М.А. 1971. Уран и торий как индикаторы процессов образования колчеданно-полиметаллических руд месторождения Майкаин (Центральный Казахстан). *Геохимия*, 7, 846-854.
- ЮДОВИЧ, Я.Э., КЕТРИС, М.П. 1988. Геохимия черных сланцев. Наука. Ленинград. 271.

Рецензент: академик А.Д.Исмаил-Заде