

О возможном эндогенном происхождении некоторых «вторичных» минералов урана

Г. Н. КОТЕЛЬНИКОВ

УДК 549.755.35

Такие минералы урана, как отенит и торбернит, обычно встречаются в приповерхностных частях настурановых рудных тел и считаются типичными представителями зоны гипергенеза. На многих гидротермальных месторождениях с настурановой первичной минерализацией гипергенные минералы развиты на глубинах до многих десятков метров. Однако самостоятельно в отрыве от первичных минералов урана или от их реликтов гипергенные минералы наблюдаются обычно не далее 30 м от дневной поверхности. На больших глубинах при внимательном изучении в непосредственной близости с отенитом и торбернитом обнаруживались первичные минералы или их реликты [1].

Иная обстановка наблюдалась нами в урановом месторождении, состоящем из двух крутопадающих жил (Михаил и Новая). Месторождение расположено в эндоконтактной зоне крупного позднегерцинского гранитного массива, прорывающего метаморфические сланцы протерозой-силурийского возраста, среди которых известно большое количество гидротермальных жильных месторождений урана с настурановой формой минерализации.

Рудные жилы простираются под азимутом 290—300°, имеют мощность 0,5—2,0 м, выполнены молочным кварцем с реликтами карбонатов и барита. Длина жил по простиранию более 400 м.

Урановая минерализация от самых верхних горизонтов и до глубины 270 м, где она полностью исчезает (кварцевые жилы без оруденения прослежены еще на 100 м), представлена исключительно торбернитом и отенитом. Основная масса фосфатов урана развивается в открытых полостях типичных гидротермальных жил кварц-карбонатной формации.

В пределах кварцевых жил урановые минералы образуют линзовидные скопления с размерами от первых метров до десятков метров по простиранию и падению и отлагаются чаще всего на гребенчатом кварце. Последний в свою очередь образует псевдоморфозы доломитов по крупным скалеоэдрам кальцита. В основании корок гребенчатого кварца встречается тонкодисперсный гематит. Весьма характерным является нарастание отенита и торбернита на скопления мелкозернистого так называемого «рубленого» кварца, который, как правило, образуется при метасоматическом замещении барита флюорит-баритовой формации [2].

Пластинки изумрудно-зеленого торбернита и розетковидные пакеты отенита в кварцевых жилах достигают размеров 16 × 16 + 3 мм. Для отенита характерна канареечно-желтая окраска, которая становится более темной во внутренних частях кристаллов. Результаты химических анализов показывают присутствие в обоих минералах заметных количеств четырехвалентного урана (1,26% в отените и 1,07% в торберните; содержание U⁶⁺ — соответственно 51,31 и 50,76%).

Эти данные близки к результатам опубликованных [3] анализов отенита из соседнего рудопроявления (в пределах того же гранитного массива). Вхождение U⁴⁺ в состав отенита и торбернита кварцевых жил выделяет эти минералы из ряда обычных фосфатов урана зоны гипергенеза.

В гранитах, вмещающих кварцевые жилы, не далее 0,5—1,0 м от их контактов встречены промышленные

скопления самородного висмута, образующего каплевидные вкрапленные выделения. Основная масса самородного висмута отлагается непосредственно возле кварцевых жил. Линзы уранового и висмутового оруденения иногда пространственно совпадают, а чаще отделены друг от друга интервалами в первые реже метры, реже десятки метров.

Урановое оруденение в форме крупных таблеччатых кристаллов торбернита и розетковидных пакетов отенита за пределы кварцевых жил не распространяется. Отдельные мельчайшие кристаллы отенита встречаются во всех участках гранитного массива, причем в приповерхностных частях чаще, чем на глубоких горизонтах. Этот отенит по формам выделения резко отличается от отенита рудных жил и имеет, видимо, иной возраст и происхождение. Весь уран в таком отените находится в шестивалентной форме.

Генезис месторождения первые исследователи трактовали как инфильтрационный, а отенит и торбернит считали обычными вторичными минералами. Их образование связывали с миграцией урана из разрушенных близлежащих настурановых месторождений либо с его мобилизацией из самого гранитного массива, обладающего повышенным кларком урана.

В процессе изучения месторождения получены новые факты, которые противоречат гипотезе об инфильтрационном генезисе месторождения и вторичном происхождении отенита и торбернита:

1. На всех горизонтах от поверхности и до глубины 270 м отмечается неизменность форм урановой минерализации, представленной только отенитом и торбернитом без малейших следов классических первичных минералов урана (настурана, коффинита и т. д.), а также их реликтов.

2. В многочисленных трещинах в гранитном массиве, в том числе и с открытыми полостями, не наблюдается отенита и торбернита, как это следовало бы ожидать при развитии процессов инфильтрации. Крупнокристаллические фосфаты урана встречены только в кварцевых жилах.

3. Кварцевые жилы имеют зальбанды различной формы, в том числе сорванные. Несмотря на то что по ним отмечается циркуляция поверхностных вод, отложения отенита и торбернита не наблюдается. Эти минералы образовались только во внутренних, полностью запечатанных полостях кварцевых жил.

4. Многочисленные участки измененных, сильно хлоритизированных гранитов казалось бы являющихся более подходящей, чем чистый кварц, средой для инфильтрационного осаждения урана, полностью лишены урановой минерализации.

5. Отенит-торбернитовые руды на всех горизонтах отличаются радиоактивным равновесием. Сдвига равновесия, характерного для вторичных минералов зоны гипергенеза, не наблюдается.

6. В состав отенита и торбернита кварцевых жил входит U⁴⁺, что отличает их от вторичных, переотложенных минералов.

Приведенные факты позволяют высказать предположение о возможном первичном происхождении отенита и торбернита в описанных выше кварцевых жилах.

Представления о возможности эндогенного происхождения классических «вторичных» минералов урана уже неоднократно высказывались советскими и иностранными исследователями. Так, например, в работе [4] в схеме гидротермального процесса минералообразования, предложенной для сходного по геологической позиции месторождения, выделяется самостоятельный торбернитовый этап, помещенный за ранним сульфидным и баритовым, но перед поздним сульфидным этапом.

Поступило в Редакцию 20/III 1970 г.

Выделение зон, благоприятных для захоронения промышленных отходов

В. Г. ТЫМИНСКИЙ, А. И. СПИРИДОНОВ

УДК 621.039.75

В связи с непрерывным ростом числа промышленных предприятий и объема жидких отходов с каждым годом падает разбавляющая способность естественных водоемов. Так, например, в ФРГ еще в 1956 г. огромное количество промышленных сточных вод (около $12 \cdot 10^6$ м³ в сутки) сбрасывалось непосредственно в водоемы страны [4]. Естественно, что в таких условиях решение задачи захоронения промышленных стоков путем выявления геологически благоприятных районов имеет большое хозяйственное значение [2]. При закачке промышленных стоков необходимо учитывать большую неоднородность проницаемости пластов как в плане, так и в разрезе. Вследствие этого фронт распространения воды в пласте будет резко изменчив, что подтверждается наблюдениями при помощи различных методов.

При изучении условий формирования подземных вод Ташкентского артезианского бассейна была обнаружена существенная неоднородность распространения фронта инфильтрации вод, обусловленная литологическими, структурными и другими факторами [3]. Хотя этот бассейн нельзя считать благоприятным для закачки промышленных вод, но методически на нем можно наиболее отчетливо проиллюстрировать сложные гидродинамические условия в водоносном пласте. Схематическая карта меловых минеральных вод Ташкентского артезианского бассейна (рис. 1) показывает, что возраст вод изменяется от 60—80 тыс. лет в северо-восточной его части до 4—6 млн. лет в наиболее погруженной центральной части. Концентрации дейтерия в меловых водах бассейна меняются от 0,91 до 1,07 отн. ед. Эти же данные позволили оценить пропорции смещения минеральных вод бассейна (рис. 2) [4]. Зональность в бассейне, установленная по дейтерию и возрасту вод, соответствует распределению коэффициентов миграции урана и отношений изотопов U^{234}/U^{238} .

Из рис. 3 видно, что зоне развития «молодых» вод (60—80 тыс. лет) соответствуют высокие коэффициенты миграции урана (1—10) и низкие величины содержания дейтерия (меньше 1). Этот район совпадает с зоной питания подземных вод, выделяемой по гидродинамическим данным. Западная часть района характеризуется наиболее низкими величинами коэффициентов миграции. Существует промежуточная зона с большими коэффициентами миграции и меньшими содержаниями дейтерия в водах по сравнению с западной частью района (см. рис. 3).

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. В. Гецева, К. Т. Савельева. Руководство по определению урановых минералов. М., Госгеолтехиздат, 1966.
2. Ю. М. Дымков. Урановая минерализация Рудных гор. М., Атомиздат, 1966.
3. Л. Н. Белова, Е. В. Тимофеев. «Изв. АН СССР. Серия геологич.», № 7, 39 (1966).
4. М. Штемпрок. Проблемы постагматического образования. Маршрутный путеводитель. Прага, Изд-во АН ЧССР, 1963.

В бассейне выделяются также зоны по отношению U^{234}/U^{238} (рис. 4). Для первой, непосредственно охватывающей область питания бассейна и прилегающую зону, характерны относительно высокие величины отношения (2,0—2,5) при средней величине около 2,1. В водах переходной зоны, приуроченной к краевым частям бассейна, отношение изотопов урана U^{234}/U^{238} в среднем равно 1,9. Соответственно возрастают значения возраста вод, коэффициентов миграции урана и дейтерия. В центральной части бассейна отчетливо выделяется третья зона (среднее значение отношений изотопов урана 1,6).

Таким образом, несколько генетически независимых показателей дополняют друг друга и конкретизируют картину, характеризующую вариации свойств водовмещающего пласта в плане. В рассматриваемом примере установлено наличие современной области

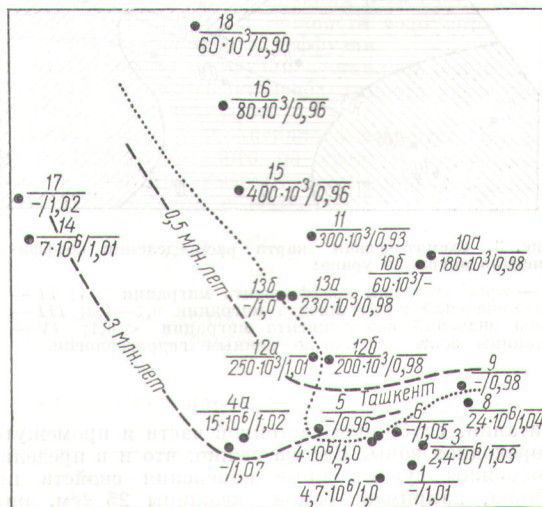


Рис. 1. Схематическая карта возраста вод и распределения дейтерия D в минеральных водах Ташкентского артезианского бассейна.

Дроби у точек (●): в числителе — номер скважины, в знаменателе — отношение возраста вод и концентрации D (лет/отн. ед.); — — — — — возраст вод; — концентрация D.