

К ВОПРОСУ О ФОРМЕ НАХОЖДЕНИЯ УРАНА В ФОСФОРИТАХ

И. Г. Ченцов

Приводятся результаты исследования апатита, выделенного из ураноносных фосфоритов. Устанавливается вхождение урана в кристаллическую решетку апатита (уран-apatит), который, следовательно, и является одним из носителей урана в фосфоритах.

Фосфориты нередко являются урановыми рудами. Некоторые фосфатизированные остатки фауны содержат до 0,5% и более урана в фосфатном веществе. Ураноносные углистые сланцы также часто обогащены фосфоритом. В урансодержащих фосфоритах и углистых сланцах не всегда обнаруживаются самостоятельные минералы урана. Главная масса урана в них связана с органическим и фосфатным веществом и находится в рассеянном виде. При растворении таких фосфоритов в слабых кислотах уран переходит в раствор и часто является четырехвалентным. Из углистых сланцев уран извлекается кислотами также совместно с фосфатом кальция. Геохимическая обстановка, в которой происходит образование ураноносных фосфоритов и углистых сланцев, разнообразна. Некоторые из них образовались в условиях со слабой аэрацией, другие—в условиях значительной аэрации, и следовательно, в среде с высоким окислительным потенциалом.

Первичное поглощение урана фосфатным веществом из морских вод и других природных растворов происходило вероятнее всего в результате сорбции и соосаждения соединений урана и фосфатов кальция. При образовании фосфоритов, богатых органическим веществом, и при образовании углистых сланцев в сорбции и осаждении соединений урана важную роль играло органическое вещество, которое являлось

первичным сорбентом и концентратором многих элементов, в том числе урана и фосфорной кислоты (фосфатов кальция). При осаждении илов большинства месторождений фосфоритов и углистых сланцев уран, повидимому, был в шестивалентном состоянии и его соединения—уранофосфаты, уранорганические комплексы и другие—осадились с фосфатами и органическим веществом. В дальнейшем, при преобразовании илов в породу, происходили реакции восстановления шестивалентного урана до четырехвалентного и возникала возможность изоморфного замещения в апатитовом веществе кальция ураном. Уранорганические комплексы при преобразовании органического вещества освобождали сорбированные ранее соединения урана. Так как фосфориты содержат невысокие концентрации урана и часто загрязнены примесями, установить форму связи урана с фосфатным веществом аналитическим путем затруднительно.

При изучении ураноносных фосфоритов и углистых сланцев некоторых месторождений нам удалось выделить чистое кристаллическое апатитовое вещество, сильно обогащенное ураном. Тщательное микроскопическое изучение показало однородность выделенных кристаллов и отсутствие в них механических примесей. Кристаллы диагностируются, как апатит. В ассоциации с апатитом находились карбонаты кальция и пирит, которые были полностью отделены

от кристаллов апатита. Пробы были свободны от органического вещества, которое часто пигментирует фосфориты. Урансодержащий апатит был выделен также из ископаемой костной ткани. Для выделения апатита из костной ткани выбирались участки, в которых он не был пигментирован органическим веществом. Апатит был чисто отделен от кальцита и пирита и содержал лишь

Таблица 1

Данные рентгенографического исследования урансодержащих фосфатов $F_{\text{ензл}}$; $2R = 57,9$; $d = 0,6$

№ пп	1		2		3		4	
	I	dx	I	dx	I	dx	I	dx
1	4	3,40	4	3,40	5	3,40	4	3,42
2	3	3,14	3	3,14	4	3,12	3	3,14
3	4	3,05	3	3,05	4	3,04	4	3,05
4	10	2,78	10	2,77	10	2,76	10	2,77
5	7	2,7	6	2,70	7	2,71	8	2,70
6	5	2,00	4	2,62	5	2,62	7	2,62
7	4	2,27	3	2,23	3	2,23	5	2,25
8	5	1,937	6	1,936	4	1,935	7	1,934
9	—	—	—	—	—	1,882	5	1,880
10	3	1,832	5	1,834	4	1,836	3	1,835
11	3	1,798	3	1,800	3	1,802	5	1,800
12	—	—	—	—	3	1,760	5	1,761
13	—	—	—	—	3	1,736	5	1,738
14	7	1,716	5	1,716	2	1,718	5	1,718
15	1	1,636	—	—	—	—	2	1,631
16	—	—	—	—	—	—	1	1,523
17	—	—	—	—	—	—	1	1,497
18	—	—	3	1,463	2	1,465	1	1,465
19	3	1,449	—	—	—	—	4	1,448
20	3	1,423	—	—	—	—	4	1,420
21	—	—	—	—	—	—	1	1,398

1 — уран-apatит из углистых сланцев,

2 — уран-apatит из фосфоритов,

3 — уран-apatит из костной ткани,

4 — куамдспахи, фтор-apatит (эталон).

Исследования 1, 2, 3 произведены в лаборатории ИГЕМ АН СССР Н. Н. Слудской.

следы примесей. Микроскопическое изучение выделенных агрегатов апатита показало их чистоту. Минерал диагностируется как апатит пластинчато-перистого строения с очень низким двупреломлением. Минерал прозрачен, без включений.

Рентгенограммы выделенных урансодержащих фосфатов из фосфоритов и из ископаемой кости идентичны рентгенограмме апатита, без каких-либо дополнительных линий (табл. 1).

Данные химических анализов (табл. 2) хорошо укладываются в формулу апатита. В связи с вхождением в апатит урана обнаруживается дефицит фтора и кальция по

Таблица 2

Химические анализы уран-apatита из углистых сланцев (1), фосфоритов (2) и костной ткани (3) в %

	1	2	3
CaO	54,61	54,11	53,37
UO ₂	1,56	2,39	3,73
P ₂ O ₅	41,79	41,56	41,46
F ₂	3,51	3,37	2,10
H ₂ O	следы	следы	0,50
Cl	следы	—	—
попр. F ₂	—1,47	—1,42	—0,88
Σ	100,01	100,00	100,28

сравнению с составом чистого апатита. Пересчет анализов позволяет предположить эквивалентную замену групп Ca (F,OH)₂ на UO₂.

Таким образом, к числу минералов и веществ, содержащих уран, которые были известны ранее или предполагались в фосфоритах и углистых сланцах, следует добавить уран-apatит (или уранистый апатит)— $a \text{ Ca}_9(\text{PO}_4)_6 \text{ Ca}(\text{F}_1\text{OH})_2 \cdot b \text{ Ca}_9(\text{PO}_4)_6 \text{ UO}_2$.

Вхождение урана в апатит, повидимому, может также осуществляться в ограниченном виде по схеме замещения 3 Ca на $2\text{Na} + \text{U}$ или по другим схемам. В природных фосфоритах встречаются обычно лишь бедные ураном апатиты в связи с рассеянием урана.

В зоне окисления залежей фосфоритов и углистых сланцев, при переходе урана из четырехвалентного состояния в шестивалентное, уран освобождается из решетки апатита и образует вторичные минералы—отенит, цейнерит и другие.

Поступила в редакцию 5 VII 1956 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Бетехтин, Минералогия. Госгеол-издат, 1950.
2. Ch. F. Davidson, D. Atkin, C. R. 11, 13 (1953).
3. Z. S. Altschuler, R. S. Clarke, Jr. and E. Y. Young, Bull. Geol. Soc. Am. 65, 1225 (1954).