

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ  
АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР

Атомная  
Энергия

Ежемесячный журнал  
год издания двенадцатый

АТОМИЗДАТ ■ МОСКВА ■ 1968

Том 25 ■ Октябрь ■ Вып. 4

Главный редактор  
М. Д. МИЛЛИОНЩИКОВ

Заместители главного  
редактора:

Н. А. ВЛАСОВ, Н. А. КОЛОКОЛЬЦОВ

Редакционная коллегия:

А. И. АЛИХАНОВ, А. А. БОЧВАР, А. П. ВИНОГРАДОВ, И. Н. ГОЛОВИН,  
Н. А. ДОЛЛЕЖАЛЬ, А. П. ЗЕФИРОВ, В. Ф. КАЛИНИН, А. К. КРАСИН,  
А. И. ЛЕЙПУНСКИЙ, В. В. МАТВЕЕВ, М. Г. МЕЩЕРЯКОВ, П. Н. ПАЛЕЙ,  
Д. Л. СИМОНЕНКО, В. И. СМЕРНОВ, В. С. ФУРСОВ, В. В. ШЕВЧЕНКО.

## СОДЕРЖАНИЕ

### СТАТЬИ

- В. Б. Осипов, Р. В. Джагацянцян, А. С. Штань,  
В. М. Симонов, С. В. Мамикоян, Л. Д. Солодихина,  
Д. П. Бодров, С. В. Голубков, Ю. Г. Ляскин.  
Радиационный сульфохлоратор РС-2,5 . . . . . 271
- Г. Н. Баласанов, Д. Я. Суражский, Б. А. Чумаченко,  
А. А. Дерягин, Е. П. Власов. Использование мате-  
матических методов при поисках месторождений  
урана . . . . . 274
- А. А. Шолохов, В. Е. Минашин. Теплообмен при про-  
дольном течении жидкости в пучках стержней . . . . . 280
- Б. Н. Селиверстов, А. И. Ефанов, Ю. М. Быков,  
П. А. Гаврилов, Л. В. Константинов. Некоторые  
вопросы приложения статистических методов  
к задачам оперативного исследования кинети-  
ческих характеристик реакторов . . . . . 287
- В. И. Голубев, Н. Д. Голяев, А. В. Звонарев, М. Н. Зи-  
нин, Ю. Ф. Колеганов, М. Н. Николаев, М. Ю. Ор-  
лов. Распространение нейтронов в двуокиси  
урана . . . . . 292
- Часть I. Пространственно-энергетические распре-  
деления . . . . . 292
- Л. П. Абагян, В. И. Голубев, Н. Д. Голяев, А. В. Зво-  
нарев, Ю. Ф. Колеганов, М. Н. Николаев,  
М. Ю. Орлов. Распространение нейтронов в дву-  
окиси урана . . . . . 297
- Часть II. Допплер-эффект на  $U^{235}$  . . . . . 297
- А. И. Громова, И. К. Морозова, В. В. Герасимов. Влия-  
ние облучения на электрохимическое поведение  
конструкционных материалов . . . . . 302
- Р. А. Беляев, Ю. И. Данилов, С. А. Фураев. Корро-  
зия длинномерных изделий из окиси бериллия в  
газовых влажосодержащих потоках . . . . . 305
- А. Ф. Настоящий. О функции распределения электро-  
нов в неоднородной слабоионизованной плазме . . . . . 308

### АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ СТАТЕЙ

- Р. В. Джагацянцян, В. Б. Осипов, Л. Д. Солодихина,  
Ю. Г. Ляскин, А. И. Гершенович. Опыт эксплуата-  
ции радиационно-химического сульфохлорато-  
ра РС-2,5 . . . . . 314
- В. Б. Осипов, Л. Д. Солодихина, Д. П. Бодров,  
В. М. Симонов, Р. В. Джагацянцян. Применение  
кассет сферической формы для создания протяж-  
енных облучателей опытно-промышленных и промыш-  
ленных радиационно-химических установок . . . . . 315
- Э. И. Кузнецов. Время жизни заряженных частиц в  
плазме на установке «Токамак ТМ-3» . . . . . 315
- Н. С. Мартынова, И. В. Василькова, М. П. Сусарев,  
С. С. Толкачев. Термографическое и рентгено-  
структурное изучение системы  $UCl_4 - KCl - NaCl$  . . . . . 316
- В. Ф. Баранов, О. А. Павловский. О прохождении  
электронов через вещество . . . . . 317
- П. П. Зольников, Е. Г. Голиков, К. А. Суханова,  
Б. Л. Двинянинов. Отражение тормозного излу-  
чения бетатрона барьерами из различных материа-  
лов . . . . . 318
- П. А. Фефелов. Исследование влияния излучений  
на прочность стеклопластиков . . . . . 318
- ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ
- В. Б. Осипов, В. П. Гутеев, Р. В. Джагацянцян,  
А. И. Гершенович, С. В. Голубков. Техничко-эконо-  
мические аспекты радиационного способа произ-  
водства сульфоната . . . . . 320
- Н. Т. Чеботарев, А. В. Безносикова. Исследование  
структуры соединения  $CaUF_6$  . . . . . 321
- Б. П. Пritchett. К динамике выделение накопленного  
радиона при нагревании горной породы . . . . . 324

235307



нову для сравнения взяты первоначальные плановые показатели производства сульфоната на 1966 г. Производственная программа предусматривала выпуск 6500 т сульфоната. Для выполнения этой программы с использованием фотохимического метода на действующем производстве предусмотрено шесть сульфохлораторов.

Эксплуатация радиационного сульфохлоратора РС-2,5 показала, что его часовая производительность равна 360 кг сульфоната, а максимальная часовая производительность составляет 500 кг (значение производительности принято с учетом потерь на стадии омыления сульфохлорида). Это примерно в 1,5–2 раза выше производительности сульфохлоратора при фотохимическом методе.

Режим эксплуатации сульфохлоратора РС-2,5 непрерывный, время работы 300 суток в год, годовая производительность 2400–3600 т сульфоната.

Затраты на сооружение одного радиационного сульфохлоратора оцениваются в 80 тыс. руб., в том числе стоимость источника 15 тыс. руб.

В результате применения радиационного сульфохлоратора высвободится оборудование на сумму 70 тыс. руб., что в свою очередь позволит освободить производственные площади стоимостью 140 тыс. руб.

Удельные капитальные вложения при радиационном способе снизятся на 19 руб/т при заданной производственной программе.

Достигается экономия материалов на 28,5 тыс. руб., уменьшается расход электроэнергии на 4,5 тыс. руб., холода на 6 руб/т продукта и увеличивается потребление воды на 6,4 тыс. руб. в год.

Снижаются амортизационные и цеховые расходы.

В таблице приведена структура себестоимости 1 т сульфоната при радиационном методе. Из таблицы видно, что доля амортизации источника излучения

#### Структура себестоимости сульфоната при радиационном методе производства

Показатели	Себестоимость, руб.	Доля, %
Материалы	471—06	57,2
Технологическое топливо	24—94	3,0
Энергия	35—94	4,4
Зарплата с начислениями	40—88	5,0
Амортизация основных средств	111—12	13,6
в том числе амортизация источника излучения	2—31	0,3
Цеховые расходы	104—45	12,7
Общие расходы действующего производства	31—54	3,8
Итого	822—24	100,0

составляет всего 0,3%. Это объясняется тем, что сульфохлорирование синтина относится к типу низкоэнергетических цепных процессов.

Годовая экономия от внедрения радиационного сульфохлоратора РС-2,5, определенная в соответствии с действующей методикой расчета, при годовой производительности цеха 6500 т сульфоната равна ~200 тыс. руб. на один сульфохлоратор.

Поступило в Редакцию 28/VII 1967 г.

### Исследование структуры соединения $\text{CaUF}_6$

Н. Т. ЧЕБОТАРЕВ, А. В. БЕЗНОСИКОВА

УДК 548.73:661.879.1

При изучении системы  $\text{CaF}_2 - \text{UF}_4$  [1] было получено соединение  $\text{CaUF}_6$ , имеющее гексагональную решетку с периодами  $a = 3,997 \text{ \AA}$  и  $c = 7,103 \text{ \AA}$ , с одной формульной единицей в элементарной ячейке ( $\rho_{\text{эксп}} = 6,59 \text{ г/см}^3$ ,  $\rho_{\text{рент}} = 6,62 \text{ г/см}^3$ ) и дифракционным классом симметрии  $D_{6h} = 6/mmm$ .

В работе Захаряна [2] сообщалось, что соединения  $\text{CaThF}_6$ ,  $\text{SrThF}_6$ ,  $\text{BaThF}_6$ ,  $\text{PbThF}_6$ ,  $\text{SrUF}_6$ ,  $\text{BaUF}_6$ ,  $\text{PbUF}_6$ ,  $\text{UF}_6$ ,  $\text{PuF}_3$  изоструктурны и обладают гексагональной ячейкой с периодами по оси  $a$  порядка 4 Å, по оси  $c$  порядка 7 Å. В работе указывалось, что это размеры псевдоячейки, полученные по данным порошковых рентгенограмм. Истинная ячейка имеет период  $a$  в  $\sqrt{3}$  раз больше. Соединения принадлежат к структурному типу  $\text{LaF}_3$  [3], причем атомы металлов статистически занимают положения атомов лантана.

В работе [3] исследовались монокристаллы  $\text{LaF}_3$ , и на основании анализа рентгенограмм колебания было установлено, что  $\text{LaF}_3$  обладает гексагональной ячейкой с периодами  $a = 7,124 \text{ \AA}$  и  $c = 7,280 \text{ \AA}$  ( $z = 6$ , пространственная группа  $D_{6h}^3$ ).

Атомы занимают следующие положения:

$$\text{La } 6: (g) \quad x_1 0 \frac{1}{4}; 0x_1 \frac{1}{4}; \bar{x}_1 \bar{x}_1 \frac{1}{4}; \bar{x}_1 0 \frac{3}{4}; 0\bar{x}_1 \frac{3}{4};$$

$$x_1 x_1 \frac{3}{4}, \text{ где } x_1 \text{ близко к } 1/3 \text{ и, вероятно, равно } 0,34;$$

$$F_{12}: (a) \quad 00 \frac{1}{4}; 00 \frac{3}{4};$$

$$F_{114}: (c) \quad \frac{1}{3} \frac{2}{3} \frac{1}{4}; \frac{2}{3} \frac{1}{3} \frac{1}{4}; \frac{1}{3} \frac{2}{3} \frac{3}{4}; \frac{2}{3} \frac{1}{3} \frac{3}{4};$$

$$F_{1112}: (k) \quad x_2 0z; 0x_2 z; \bar{x}_2 \bar{x}_2 z; \bar{x}_2 0, \frac{1}{2} + z; 0\bar{x}_2, \frac{1}{2} + z;$$

$$x_2 x_2, \frac{1}{2} + z; \bar{x}_2 0z; 0\bar{x}_2 \bar{x}_2; x_2 x_2 z; x_2 0, \frac{1}{2} - z;$$

$$0x_2, \frac{1}{2} - z; x_2 x_2, \frac{1}{2} - z, \text{ где } x_2 \text{ очень близко к } 2/3, \text{ а } z \text{ равно приблизительно } 0,075.$$

В работе [3] отмечается, что по данным порошковых рентгенограмм была индентифицирована ячейка с периодом  $a$  в  $\sqrt{3}$  раз меньше, т. е.  $a = 4,113 \text{ \AA}$ . Однако на рентгенограммах колебания были получены отражения, не соответствующие этой «маленькой» ячейке. Для их индентификации необходимо было перейти к увеличен-

ной ячейке и ввести параметры  $x_1$  и  $x_2$ , отличающиеся от  $1/3$  и  $2/3$ . Кроме того, из рентгенограмм колебаний вокруг двух осей второго порядка были получены значения  $a_1 = 7,1$  и  $a_2 = 12,3 \text{ \AA}$ , на основании которых был выбран период  $a = 7,124 \text{ \AA}$ . При значениях параметров  $x_1 = \frac{1}{3}$  и  $x_2 = \frac{2}{3}$  структурный тип  $\text{LaF}_3$  превращается в  $\text{Na}_3\text{As}$  с пространственной группой  $D_{6h}^4$ .

Сравнивая данные Захаряса [2] и результаты, полученные при анализе порошковых рентгенограмм  $\text{CaUF}_6$ , можно предположить, что исследованные соединения относятся к одному структурному типу.

Исследование проводилось на монокристаллах соединения  $\text{CaUF}_6$ , имеющих форму крупинок диаметром  $\sim 0,3 \text{ мм}$ . На основании рентгенограмм вращения и колебания вокруг трех взаимно перпендикулярных осей (излучение медное, фильтр никелевый) были получены следующие периоды:  $a_1 = 4,0$ ;  $a_2 = 7,0$ ;  $c = 7,1 \text{ \AA}$ . Дополнительных слоевых линий, которые дали бы основание выбрать увеличенную ячейку, не наблюдалось.

На рентгенограммах колебания вокруг оси  $c$  наблюдались отражения, соответствующие ячейке с размером  $a = 3,997 \text{ \AA}$ .

Если предположить, что соединение  $\text{CaUF}_6$  относится к структурному типу  $\text{LaF}_3$  (пространственная группа  $D_{6h}^3$ ), и учесть, что только вследствие экспериментальных трудностей не удалось обнаружить дополнительных слабых рефлексов, обуславливающих увеличенный период по оси  $a$  ( $a = 6,923 \text{ \AA}$ ), то положения атомов должны быть такими же, как и в структуре  $\text{LaF}_3$ , причем атомы урана и кальция должны распределяться статистически в положениях  $6 (g)$ , а атомы фтора занимать положения  $2(a)$ ,  $4 (c)$  и  $12 (k)$ . Остается определить параметры  $x_1$ ,  $x_2$  и  $z$ . После анализа межатомных расстояний были приняты следующие значения:

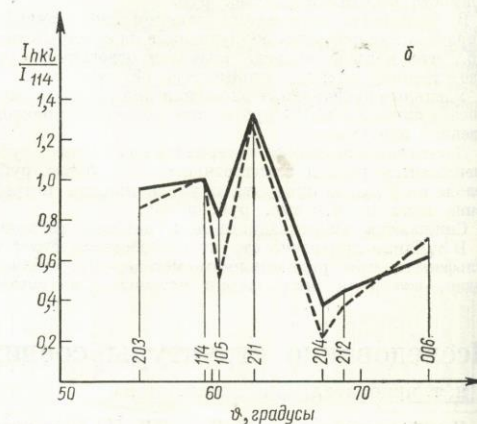
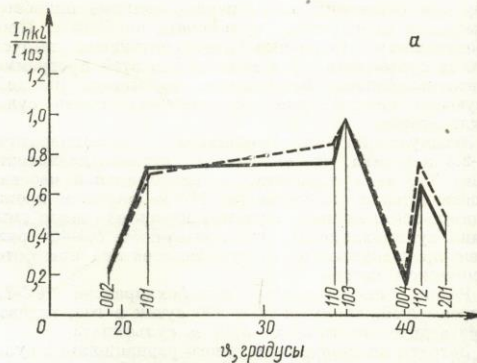
$$\begin{aligned} x_1 & 0,333; 0,335; 0,340; 0,345; 0,350; \\ x_2 & 0,667; 0,670; 0,675; \\ z & 0,068; 0,070; 0,072; 0,074; 0,076. \end{aligned}$$

Для различных комбинаций значений этих параметров были рассчитаны интенсивности всех отражений порошковой рентгенограммы на хромовом излучении и некоторые отражения порошковой рентгенограммы на кобальтовом излучении (область больших углов отражения). Расчет структурных множителей и интенсивностей для всех комбинаций параметров  $z$ ,  $x_1$  и  $x_2$  проводился на ЭВМ «Минск-2» по соответствующей программе.

Было установлено, что при изменении значений параметров  $z$  и  $x_2$  заметных изменений интенсивности не наблюдается, в то время как изменение величины  $x_1$ , соответствующее смещению более тяжелых атомов, приводит к заметному изменению интенсивности некоторых отражений.

Экспериментальные интенсивности были получены фотометрированием порошковых рентгенограмм.

Поскольку при расчете интенсивностей отражений оказалось невозможным учесть температурную поправку, то сравнение интенсивностей проводилось для отдельных угловых участков рентгенограммы. На каждом из участков интенсивность одной из линий принималась за единицу и находились значения  $I_{hkl}/I_{\text{эт}}$ .



Р и с. 1. Интенсивности отражений порошковой рентгенограммы, снятой на хромовом излучении; область угла отражения  $19 - 45^\circ$  (а) и  $50 - 75^\circ$  (б):  
— эксперимент; --- расчет.

Наилучшее совпадение экспериментальных и рассчитанных значений интенсивности получилось при параметрах  $x_1 = \frac{1}{3}$ ,  $x_2 = \frac{2}{3}$  и  $z = 0,072$  (рис. 1, 2).

Для окончательного решения вопроса о принадлежности соединения  $\text{CaUF}_6$  к структурным типам  $\text{LaF}_3$  или  $\text{Na}_3\text{As}$  целесообразно было провести параллельные рентгенографические исследования монокристаллов  $\text{CaUF}_6$  и  $\text{LaF}_3$ . В частности, получить сопоставимые рентгенограммы колебания для проверки наличия или отсутствия дополнительных рефлексов, давших основание Офтедалю [3] взять для соединения  $\text{LaF}_3$  увеличенную ячейку.

Кроме того, представляло интерес исследование монокристаллов  $\text{UF}_3$ , поскольку структура этого соединения была установлена Захарясом только методом порошков.

Монокристаллы  $\text{LaF}_3$  были получены из Института физики СО АН СССР, а монокристаллы  $\text{UF}_3$  были

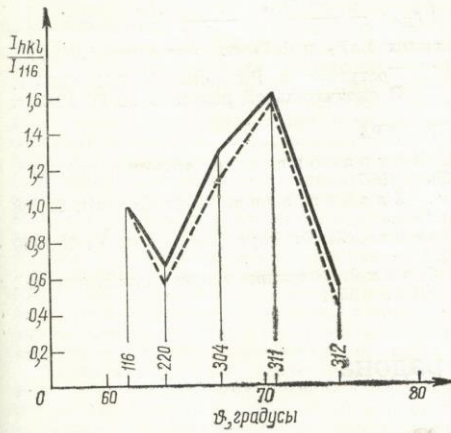


Рис. 2. Интенсивности отражений участка порошковой рентгенограммы, снятой на кобальтовом излучении: — эксперимент; --- расчет.

приготовлены восстановлением тетрафторида урана металлическим ураном\*.

Рентгенограммы вращения монокристаллов  $\text{LaF}_3$  и  $\text{UF}_3$  вокруг трех взаимно перпендикулярных осей дали примерно одинаковые значения периодов:  $a_1 \approx 4,0 \text{ \AA}$ ;  $a_2 \approx 7,0 \text{ \AA}$ ;  $c \approx 7,3 \text{ \AA}$ . Все линии на порошковых рентгенограммах соответствовали «маленькой» ячейке (для  $\text{LaF}_3$   $a = 4,149 \text{ \AA}$  и  $c = 7,352 \text{ \AA}$ ; для  $\text{UF}_3$   $a = 4,147 \text{ \AA}$  и  $c = 7,352 \text{ \AA}$ ). Однако на рентгенограммах колебания вокруг двух осей  $a$  для  $\text{LaF}_3$  и  $\text{UF}_3$  были получены дополнительные слоевые линии с периодами  $a_1 \approx 12 \text{ \AA}$  и  $a_2 \approx 7,0 \text{ \AA}$ .

С целью сравнения были получены серии рентгенограмм колебания вокруг оси  $c$  для одинаково ориентированных монокристаллов  $\text{LaF}_3$  и  $\text{CaUF}_6$ . На рентгенограммах колебания для монокристалла  $\text{LaF}_3$  наблюдались все отражения, обнаруженные Офтедалем. На рентгенограммах колебания для  $\text{CaUF}_6$  присутствовали лишь те отражения, которые соответствовали ячейке с периодом  $a = 3,997 \text{ \AA}$ . Кроме того, для этого кристалла  $\text{CaUF}_6$  были сняты рентгенограммы колебания с увеличенной выдержкой и в тех интервалах колебания, где должны были бы находиться наиболее яркие отражения от «большой» ячейки. Однако и в этом случае дополнительных отражений не было обнаружено.

На аналогичных рентгенограммах колебания для монокристалла  $\text{UF}_3$  получено несколько дополнительных отражений, подтверждающих наличие для данного соединения увеличенного периода по оси  $a$ . Следует, однако, отметить, что интенсивность дополнительных отражений была более слабой, чем в случае соединения  $\text{LaF}_3$ . Из полученных результатов видно, что структура соединений  $\text{LaF}_3$  и  $\text{UF}_3$  отличается от структурного типа  $\text{Na}_3\text{As}$ .

Таким образом, были подтверждены данные Офтедаля, согласно которым соединение  $\text{LaF}_3$  относится

\* Монокристаллы  $\text{UF}_3$  получены Н. Б. Абельской.

к пространственной группе  $D_{6h}^3 = C 6/mcm$  со значениями параметров  $x_1$  и  $x_2$ , несколько отличающимися от  $1/3$  и  $2/3$ .

Соединение  $\text{UF}_3$  относится к структурному типу  $\text{LaF}_3$ , хотя дополнительные отражения кристалла  $\text{UF}_3$  более слабые, чем у  $\text{LaF}_3$ , что можно объяснить как еще меньшими, чем у  $\text{LaF}_3$ , отклонениями атомных параметров  $x_1$  и  $x_2$  от  $1/3$  и  $2/3$ , так и меньшим совершенством исследованных кристаллов.

Для монокристаллов  $\text{CaUF}_6$  не было получено дополнительных отражений, дающих основание считать, что это соединение имеет структурный тип  $\text{LaF}_3$ . Структура соединения  $\text{CaUF}_6$  относится к пространственной группе  $D_{6h}^4 = c6/mmc$ , структурный тип  $\text{Na}_3\text{As}$ , с одной формульной единицей в элементарной ячейке, с размерами  $a = 3,997 \pm 0,002 \text{ \AA}$  и  $c = 7,103 \pm 0,002 \text{ \AA}$ . Плотность  $\rho_{\text{расп}} = 6,59 \text{ г/см}^3$ ,  $\rho_{\text{рентг}} = 6,62 \text{ г/см}^3$ . Атомы урана и кальция распределяются статистически в положениях атомов As.

Положения атомов:

$$\text{F}_{\text{I}2}: (b) \quad 00 \frac{1}{4}; 00 \frac{3}{4};$$

$$\text{F}_{\text{II}4}: (f) \quad \frac{1}{3} \frac{2}{3} z; \frac{2}{3} \frac{1}{3} z; \frac{2}{3} \frac{1}{3}, \frac{1}{2} + z; \frac{1}{3} \frac{2}{3}, \frac{1}{2} - z,$$

где  $z = 0,572 \pm 0,002$ ;

$$\text{Me}2: (c) \quad \frac{1}{3} \frac{2}{3} \frac{1}{4}; \frac{2}{3} \frac{1}{3} \frac{3}{4}.$$

Межатомные расстояния и координационные числа для атомов фтора и металла следующие (Å):

$$\text{F}_{\text{I}} \quad 2d_{\text{F}_{\text{I}}-\text{F}_{\text{I}}} = 3,562;$$

$$3d_{\text{F}_{\text{I}}-\text{Me}} = 2,308;$$

$$6d_{\text{F}_{\text{I}}-\text{F}_{\text{II}}} = 2,632;$$

$$\text{F}_{\text{II}} \quad 3d_{\text{F}_{\text{II}}-\text{F}_{\text{II}}} = 2,524;$$

$$3d_{\text{F}_{\text{II}}-\text{F}_{\text{I}}} = 2,632;$$

$$1d_{\text{F}_{\text{II}}-\text{F}_{\text{II}}} = 2,543;$$

$$3d_{\text{F}_{\text{II}}-\text{Me}} = 2,632;$$

$$1d_{\text{F}_{\text{II}}-\text{Me}} = 2,287;$$

$$\text{Me} \quad 3d_{\text{Me}-\text{F}_{\text{I}}} = 2,308;$$

$$6d_{\text{Me}-\text{F}_{\text{II}}} = 2,632;$$

$$2d_{\text{Me}-\text{F}_{\text{II}}} = 2,287.$$

Из приведенных данных видно, что координационное число как для атомов фтора, так и для атомов металла равно 11. При этом атомы металла окружены только атомами фтора. Другие атомы металла располагаются по отношению к исходному атому во второй координационной сфере (ближайшее расстояние  $d_{\text{Me}-\text{Me}} = 3,997 \text{ \AA}$ ).

Отсутствие связей  $\text{Me}-\text{Me}$  хорошо согласуется с отсутствием дальнего порядка в распределении атомов кальция и урана по двукратной позиции 2 (c). (При наличии дальнего порядка структура соответствовала

бы пространственной группе  $D_{3h}^1 = P \bar{6} m 2$ , что привело бы к появлению на рентгенограмме достаточно сильных дополнительных рефлексов.) Однако, исходя из необходимости равномерного распределения заряда положительных ионов  $Ca^{+2}$  и  $U^{+4}$  для получения средней величины заряда этих ионов  $+3$  в соответствии со структурным типом  $Na_3As$ , можно ожидать, что в распределении атомов кальция и урана существует ближний порядок. Чтобы решить этот вопрос, необходимо провести специальные исследования.

В заключение следует отметить, что установленное в настоящей работе некоторое отличие структуры  $CaUF_6$  от структуры соединений  $LaF_3$  и  $UF_3$ , по-видимому, связано с различной величиной ионных радиусов металла в этих структурах. В то время как в соединении  $CaUF_6$  средний радиус металлических атомов равен

$$0,965 \text{ \AA} \left( r_{Me} = \frac{r_{Ca^{+2}} + r_{U^{+4}}}{2} = \frac{1,04 + 0,89}{2} = 0,965 \text{ \AA} \right)$$

в соединениях  $LaF_3$  и  $UF_3$  он составляет  $1,04 \text{ \AA}$ .

Поступило в Редакцию 14/XII 1967 г.  
В окончательной редакции 22/IV 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. П. Некрасова и др. «Атомная энергия», 22, 293 (1967).
2. W. H. Zachariassen. Acta Crystall. 2, 388 (1949).
3. J. Oftedal. Z. für Phys. Chem. Abt. B, 13, 190 (1931).
4. Г. Б. Бокий. Введение в кристаллохимию. М., Изд. МГУ, 1954.

## К динамике выделения накопленного радона при нагревании горной породы

Б. П. ПРИТЧИН

УДК 552.1:543.6:546.296

Пробы урансодержащих углисто-кремнистых (18 образцов) и углисто-глинистых сланцев (20 образцов), измельченные до 200 меш., нагревались на газовой горелке в герметической камере. Нагревание проводилось со скоростью 0,25; 0,5; 1,0 и 2,0 град/мин в интервале температур 20—260°С. Во время нагревания через каждые 20 мин из камеры отбирались пробы

воздуха на радон, вышедший из породы. Количество радона измеряли электрометром СТ-1М.

На рис. 1 приведены результаты измерений, усредненные по типам пород. Скорость радоновыделения при нормальной температуре условно принята за единицу. Разброс отдельных значений в среднем составляет  $\pm 20\%$  от среднего арифметического. Как видно из рис. 1, большим градиентам температуры соответствуют большие скорости выделения радона. Прямая пропорциональность между градиентом температуры и скоростью радоновыделения указывает на существенное, а в условиях опыта даже преобладающее значение конвективных потоков порового воздуха в выносе радона.

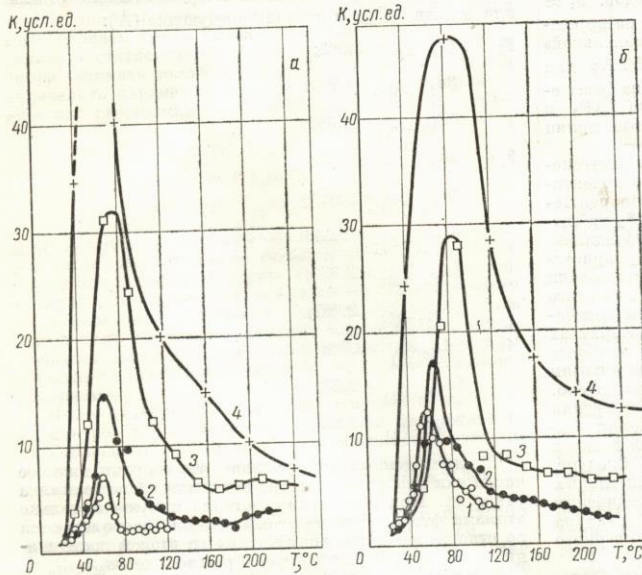


Рис. 1. Зависимость скорости выделения радона  $K$  углисто-кремнистыми (а) и углисто-глинистыми (б) сланцами от температуры нагревания  $T$  при различных градиентах температуры  $\Gamma$ , град/мин: 1 — 0,25; 2 — 0,5; 3 — 1,0; 4 — 2,0.

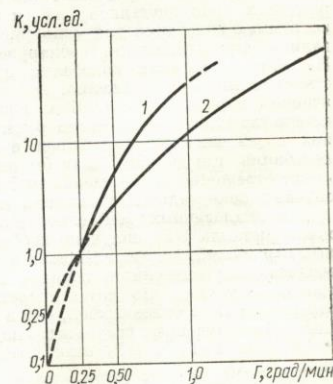


Рис. 2. Зависимость скорости радоновыделения  $K$  от градиента температуры  $\Gamma$  для углисто-кремнистых и углисто-глинистых сланцев (кривые 1 и 2 соответственно).