

Ж 53  
А92

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ  
АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР

# Атомная энергия

Ежемесячный журнал  
год издания двенадцатый

АТОМИЗДАТ ■ МОСКВА ■ 1968

Том 24 ■ Июнь ■ Вып. 6

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. И. АЛИХАНОВ, А. А. БОЧВАР, А. П. ВИНОГРАДОВ, Н. А. ВЛАСОВ (зам. главного редактора),  
И. Н. ГОЛОВИН, Н. А. ДОЛЖЕЖАЛЬ, А. П. ЗЕФИРОВ, В. Ф. КАЛИНИН, Н. А. КОЛОКОЛЬЦОВ  
(зам. главного редактора), А. К. КРАСИН, А. И. ЛЕЙПУНСКИЙ, В. В. МАТВЕЕВ, М. Г. МЕЩЕ-  
РЯКОВ, М. Д. МИЛЛИОНЩИКОВ (главный редактор), П. Н. ПАЛЕЙ, Д. Л. СИМОНЕНКО,  
В. И. СМЕРНОВ, В. С. ФУРСОВ, В. В. ШЕВЧЕНКО.

## СОДЕРЖАНИЕ

### СТАТЬИ

Н. В. Губкин, Д. Т. Десятников, И. К. Руднева. Пре- имущество применения метода подземного выще- лачивания урана в условиях обводненных пла- стовых месторождений . . . . .	511
А. И. Zubov, Г. Н. Котельников. Жильные твердые битумы в урановом месторождении . . . . .	514
М. Х. Ибрагимов, А. В. Жуков. Метод расчета нерав- номерностей температур в пучках твэлов, охлаж- даемых жидкими металлами . . . . .	520
М. Н. Ивановский, Ю. В. Милованов, В. И. Субботин. О характере зависимости коэффициента тепло- отдачи при капельной конденсации от темпера- турного напора . . . . .	523
И. Т. Мишев, М. Г. Христова. Исследование концен- трации радиоактивного газа $Ag^{41}$ в воздухе, выбра- сываемом через трубу реактора ИРТ-1000 . . . . .	530
И. А. Кондуров, А. И. Егоров, Д. М. Каминкер, Е. М. Коротких, А. М. Никитин. Измерение сеч- ний захвата нейтронов радиоактивными ядрами $Co^{58m}$ , $Cu^{64}$ и $Sc^{46}$ . . . . .	533
В. И. Белоглазов, Ю. М. Базаев, А. К. Вальтер, В. А. Вишняков, Ф. С. Гороховатский, И. А. Гри- шаев, Ю. И. Добродобов, Е. В. Еременко, А. И. Зы- ков, В. М. Кобезский, В. В. Кондратенко, Г. Ф. Кузнецов, Н. И. Мочешников, В. Б. Муфель, В. И. Мякота, В. В. Петренко. Линейный ускоре- тель электронов на 2 Гэв. Физико-технического института АН УССР . . . . .	540
В. Б. Красовицкий, В. И. Курилко, М. А. Стржеме- чный. Нелинейная теория взаимодействия моду- лированного пучка с плазмой . . . . .	545
Ю. В. Скворцов, Э. И. Юрченко. Движение пролетных частиц в системе с минимумом $V$ . . . . .	549
Ф. В. Кондратьев, Г. В. Синютин. Исследование рабо- ты цезиевого термоэмиссионного преобразователя с вольфрамовым катодом . . . . .	553
В. С. Кессельман. Аналитические соотношения для расчета глубины проникновения ионов в вещество . . . . .	557

### АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ СТАТЕЙ

М. П. Леончук. Расчет переходных режимов парогене- ратора на ЦВМ . . . . .	364
С. А. Козловский, В. С. Кзыбуров, А. А. Сметанин. Определение потока быстрых нейтронов детекто- ром $ZnS(Ag)$ + плексиглас и детектором Бассона . . . . .	564
В. А. Брисман, В. П. Савина. Исследование объем- ных полей поглощенных доз нейтронных излу- чений в полиэтиленовом образце . . . . .	565
В. А. Брисман, В. П. Савина. Экспериментальное исследование объемных полей поглощенных доз реакторного $\gamma$ -излучения в полиэтиленовом образце . . . . .	566
В. П. Громов, Ю. Ф. Zubov, Д. Б. Подднеев. Рассеяние быстрых нейтронов железными и алюминиевыми барьерами . . . . .	567

### ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

Л. Н. Москвин, В. И. Портнягин. Влияние солей $Na$ , $K$ , $Mg$ и $Ca$ на экстракцию $Se$ и $Y$ ДЭГФК из кислых растворов . . . . .	568
М. К. Юг. Коррозия сталей и никелевых сплавов в расплавах натрийборсиликатных стекол при тем- пературах 1000 и 1200°С . . . . .	570
Г. Н. Маслов, Ф. Насыров, Н. Ф. Пашкин. Гамма- излучение при взаимодействии нейтронов с энер- гией 14 Мэв с ядрами атомов $B$ , $C$ , $N$ , $O$ , $F$ , $Al$ . . . . .	573
Г. И. Михайлов, Л. П. Старчик. Анализ лития по вы- ходу реакции $Li^7(\alpha, \alpha')Li^*$ . . . . .	575
В. А. Толстыков, В. П. Королева, В. Е. Колесов, А. Г. Довбенко, Ю. Н. Шубин. Радиационный захват быстрых нейтронов ядрами $Sn^{122}$ , $Sn^{124}$ и $Sb^{121}$ , $Sb^{123}$ . . . . .	576
Р. В. Джагацаниян, Ю. Г. Ляскин, Л. И. Хейфец, В. И. Косоротов, В. И. Мукосей. Расчет коэффи- циента полезного действия шарового источника $\beta$ -излучения . . . . .	580
О. В. Федоров. Слодково-молибдатный тип зоны окис- ления . . . . .	582



п 235609  
225473/м

И наконец, к. п. д. шарового источника, окруженного слоем неактивного защитного материала, может быть получен умножением

$$\eta_{\text{ш.з}} = \eta_{\text{ш}} \eta_{\text{з}}$$

На основе полученных данных можно рассчитать к. п. д. шарового источника  $\beta$ -излучения с учетом поглощающего действия защитного неактивного покрытия в зависимости от радиуса активного шара и толщины неактивного покрытия.

Поступило в Редакцию 15/V 1967 г.  
В окончательной редакции 20/XII 1967 г.

## Слюдково-молибдатный тип зоны окисления

О. В. ФЕДОРОВ

Несмотря на то что уран-молибденовая формация — достаточно распространенный тип месторождений урана [1], зоны окисления с большим количеством молибдатов урана встречаются крайне редко. Обильное развитие последних в зоне окисления одного уран-молибденового месторождения (из семи известных в настоящее время молибдатов урана здесь не отмечены лишь кузинит и молуранит) позволили использовать его как объект для выяснения специфики условий образования и отложения молибдатов урана в одних случаях и причин отсутствия их в других.

Месторождение локализуется в вулканическом аппарате — некке, выполненном бурыми массивными фельзит-порфирами и лавобрекчиями девона. Для них характерна сложная трещинная структура, возникшая в результате нескольких этапов деформаций, превративших к моменту рудообразования вулканический некк в легкопроницаемые блоки. Значительная роль в рудораспределении принадлежит подогим трещинным зонам. Рудные участки и аномалии располагаются в крупных разломах или вблизи их.

Рудные тела сформировались в четыре стадии минерализации (кварц-серицитовая, пиритовая, молибденит-смолковая и кварц-карбонатная), проявленные в разной степени на всех рудных участках. Наиболее распространенной является молибденит-смолковая стадия. Отличительная особенность месторождения — чрезвычайно широкое развитие колломорфного молибденита — иордизита. Характер гипогенной минерализации (широкое развитие и тесное сростание таких минералов, как урановая смолка, иордизит и пирит) обеспечил на некоторых участках месторождения образование уникальной по характеру минералогических ассоциаций зоны гипергенеза.

В зависимости от первичного состава руд и морфологии рудных тел проявляется определенное различие в зоне окисления отдельных участков. Процессы окисления на глубину распространяются исключительно по трещинам, причем степень окисления зависит от масштабов трещин. В плотных окварцованных фельзитах, где оруденение представлено рассеянной запечатанной минерализацией, первичные руды почти не изменены и гипергенные минералы образуются только в приповерхностных частях.

Наиболее сильно изменены рудные тела, развитые вдоль разрывных нарушений. В таких телах первичные уран-молибденовые руды полностью замещаются

## ЛИТЕРАТУРА

1. Р. В. Джагацпаян, Ю. Г. Ляскин «Атомная энергия», 20, 485 (1966).
2. J. Silberman. Large Radiation Sources in Industry. Vol. I. Vienna, 1960, p. 31.
3. А. Шнайдер и др. Доклад NCN-14/22 на конференции по применению мощных источников излучения в промышленности. МАГАТЭ, Зальцбург, Австрия, май 1963.
4. Chem. and Engng. News, 42, 158 (1964).
5. H. Rossi, R. Ellis. Nucleonics, 7, 18 (1950); 7, 19 (1950).
6. H. Rossi, R. Ellis. Amer. J. Roentgenol., 67, 980 (1952).

УДК 549:553.495:549.01

уран-молибденовыми черными (окисление достигает глубины 150 м).

В приповерхностных частях зоны окисления развиты главным образом ураноспинит и в меньших количествах — метайерит. Ниже по разрезу количество слюдок уменьшается и главную массу минералов представляют железо-молибден-мышьяковые охры. Здесь осаждаются бетпакалит, фармакосидерит, ярицит и ферримоллибдит. На горизонте 20 м наряду с черными и ильземаннитом широко развиты молибдаты урана: умохоит  $\text{UO}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  [2], моурит  $(\text{UO}_2 + \text{UO}_3) \cdot 5,5\text{MoO}_3 \cdot 5,3\text{H}_2\text{O}$  [3], седовит  $\text{U}^{+4}\text{O}_2 \times 2\text{MoO}_3$  [4], калькурмолит  $\text{Ca}[\text{UO}_2]_2[\text{MoO}_4]_2(\text{OH})_2 \times 11\text{H}_2\text{O}$  [5], иригинит  $\text{U}(\text{MoO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  [6]. Урановые слюдки играют здесь подчиненную роль. Горизонт 20 м является как бы переходным от зоны сплошных черней к хорошо проработанной зоне окисления. Этот горизонт характеризуется, с одной стороны, наличием неразрушенных первичных руд и восстановительными процессами и, с другой стороны, значительным развитием типичных минералов зоны окисления. В результате проведения гидрогеологических работ в пределах района установлено, что грунтово-трещинные воды залегают на глубине 12–15 м от поверхности, т. е. горизонт 20 м попадает в область застойных вод.

Присутствие умохоита, моурита, седовита, в составе которых определен четырехвалентный уран, свидетельствует о том, что здесь происходит восстановление некоторого количества шестивалентного урана. Грунтовые воды, двигаясь сверху, разрушают и окисляют урановую смолку и иордизит, образуя урановые черни в смеси с ильземаннитом. При этом часть урана и молибдена, находящихся в растворе, фиксируется в виде урановых слюдок, иригинита и калькурмолита. В отдельных локальных участках, обогащенных тонкозернистым пиритом, происходит восстановление иона уранила с образованием умохоита, моурита и седовита. Сульфидное железо, переходя в сульфат, может служить восстановителем как для урана, так и для молибдена. Эти условия наиболее благоприятны для образования ильземаннита. Присутствующее в растворе двухвалентное железо оказывается восстановителем шестивалентного молибдена, а кислая среда способствует сохранению образующегося птивалентного молибдена, препятствуя окислению его кислородом воздуха. Действие этих факторов в конечном

итоге приводит к окислению двухвалентного железа и восстановлению шестивалентного молибдена [7]. При усреднении кислых растворов гидроокислы железа отлагаются на некотором расстоянии от рудного тела. Ниже эта зона сменяется областью развития уран-молибденовых черней. Отсутствие лимонита на нижних горизонтах указывает на недостаточность кислорода для широких процессов гипергенеза.

#### Вертикальная зональность в распределении вторичных минералов урана и молибдена

Глубина, м	Преобладающий минерал	Преобладающий элемент	Примечание
0—5	Ураноспинит, метацейнерит	U	Преимущественное развитие минералов урана
5—10	Бетнакдалит, ферримолибдит	Mo	Может соответствовать зоне выщелачивания урана
20	Молибдаты урана, уран-молибденовые черни	U—Mo	Зона возможного обогащения урана за счет гипергенных процессов
	Первичные руды	Mo—U	

Изучение вертикального разреза слюdkово-молибдатного типа зоны окисления уран-молибденового месторождения показало, что в начале процесса гипергенеза уран и молибден в зоне окисления разобьены, т. е. в пределах поверхностного слоя (0—10 м) уран и молибден образуют свои собственные минералы. Уран отлагается главным образом в виде слюдок, молибден концентрируется в таких минералах, как бетнакдалит и ферримолибдит. В ходе развития процесса окисления уран-молибденовых руд с глубиной возрастают концентрации этих элементов в растворах. В результате достигаются оптимальные благоприятные

условия для образования молибдатов урана. Причем различные условия отложения (различные среды, соотношения урана и молибдена, влияние первичных минералов и т. д.) приводят к образованию из одних и тех же элементов (молибден, уран, кальций) различных минералов, таких, как умохонит, моурит, иригинит, калькурмолит и седовит.

В таблице представлена схема вертикальной зональности распределения вторичных минералов урана и молибдена.

Анализ условий, проведенный на участке развития молибдатов урана, показывает, что образование их идет при избытке в растворах ионов молибденовой кислоты. Это подтверждается широким развитием новообразований ильземанита. Хорошо известно, что для большинства уран-сульфидных месторождений, в том числе и уран-молибден-сульфидных, характерно обильное развитие новообразований сульфатов урана. На данном месторождении сульфаты урана встречаются крайне редко и в небольших количествах, хотя урановая смолка и сульфиды, главным образом пирит, часто находятся вместе. Таким образом, избыток ионов молибденовой кислоты в растворах является одной из благоприятных предпосылок для широкого образования гипергенных молибдатов урана.

Поступило в Редакцию 29/1 1968 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Б. П. Власов и др. Геология месторождений уран-молибденовой рудной формации. М., Атомиздат, 1966.
2. К. В. Скворцова и др. «Геология рудных месторождений», № 5, 53 (1961).
3. Е. В. Копченкова и др. «Зап. Всесоюз. минерал. об-ва», ч. 91, вып. 1, 67 (1962).
4. К. В. Скворцова, Г. А. Сидоренко. «Зап. Всесоюз. минерал. об-ва», ч. 94, вып. 5, 548 (1965).
5. О. В. Федоров. «Зап. Всесоюз. минерал. об-ва», ч. 92, вып. 4, 464 (1963).
6. Ю. В. Казин. Кристаллооптическое и рентгеновское исследование иригинита. «Материалы Всесоюз. геол. ин-та», вып. 45, 117 (1961).
7. А. С. Михайлов. «Геохимия», № 10, 925 (1962).

## О содержании $Cs^{137}$ в теле человека, молоке и хлебе

В. А. КАНАРЕЙКИН, Ю. В. СИВИНЦЕВ

УДК 551.577.7

После подписания в августе 1963 г. Московского договора о запрещении ядерных испытаний в трех средах атмосфера стала очищаться от продуктов ядерных взрывов и вследствие этого начала снижаться концентрация  $Cs^{137}$  в организме человека. Ранее было показано, что концентрация  $Cs^{137}$  в теле человека (по результатам обследования группы из 10 взрослых мужчин, жителей Москвы, не имевших профессионального контакта с радиоактивными веществами), возрастая с 118  $пкюри/г$  К в октябре 1962 г., достигла максимального значения 279  $пкюри/г$  К в июне 1964 г., после чего стала снижаться [1]. Для регистрации дальнейших изменений концентрации  $Cs^{137}$  в организме человека та же группа подверглась исследованиям в 1964—1966 гг. с помощью спектрометра излучений человека (СИЧ), описанного в работе [2]. Результаты этих измерений представлены

на рис. 1. Из рисунка следует, что в течение 1965—1966 гг. концентрация  $Cs^{137}$  в организме человека продолжала снижаться, в результате чего с июня 1964 г. по октябрь 1966 г. она уменьшилась более чем в три раза (с 279 до 80  $пкюри/г$  К). Содержание  $Cs^{137}$  в организме человека за этот же период уменьшилось с 35 до 13  $пкюри$ . Среднее содержание  $Cs^{137}$  в организме человека за период с мая 1965 г. по октябрь 1966 г. составляло 20,8  $пкюри$ .

В этот же период с помощью СИЧ были проведены ежемесячные измерения проб молока и несколько измерений проб белого хлеба. Цель таких исследований — выяснить, какой вклад в общее содержание  $Cs^{137}$  в теле человека вносят эти продукты и существует ли корреляция между содержанием  $Cs^{137}$  в них и организме человека. На рис. 2 показана кривая изменения содержания  $Cs^{137}$  в молоке и хлебе. Среднее содержа-