

метр тоже равен  $5,44 \text{ \AA}$ . Таким образом, при равенстве третьего параметра первым двум можно утверждать, что полученная микродифракционная картина соответствует структуре уранинита. В настоящей работе приведено одно из восьми аналогичных определений.

Таким образом, полученные сведения дают основание утверждать, что изображенные на рис. 2 формы принадлежат субмикроскопическим включениям уранинита, в виде которого и находится часть урана в ураносных битумах. Однако обнаружение и идентификация кристаллических минеральных образований урана не исключают возможности его нахождения в битумах в других формах, среди которых наиболее вероятны уран-органические соединения и метамиктные урановые минералы.

Поступило в Редакцию 18/VI 1968 г.  
В окончательной редакции 21/X 1968 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. G. Morchous. U.S. Atomic Energy Commiss., RMO-910, 13 (1951).
2. I. Hill. Geol. Soc. Amer. Bull., 65, 1377 (1954).

3. Y. Isachsen, C. Evansen. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 300, 263 (1956).
4. М. В. Соболева, И. А. Пудовкина. Минералы урана. Справочник. М., Госгеолтехиздат, 1957, стр. 46.
5. А. Пирс, Дж. Миттон, П. Барнетт. В кн. «Тр. Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1958)». Избр. докл. иностр. ученых, Т. 8. М., Атомиздат, 1959, стр. 53.
6. А. И. Зубов. Геология рудных месторождений, № 5, 3 (1960).
7. Д. А. Лесной, Ю. К. Иванов. «Геологический журнал», 3, 110 (1965).
8. Г. С. Грицаенко, Е. С. Рудницкая, А. Н. Горшкова. Электронная микроскопия минералов. М., Изд-во АН СССР, 1961.
9. Г. Б. Бокий, М. А. Цорай-Кошиц. Рентгеноструктурный анализ, М., Изд-во МГУ, 1964.
10. У. Л. Брегг, Г. Ф. Кларингбулл. Кристаллическая структура минералов. М., «Мир», 1967.

## Способы получения изотопа $Mn^{52}$

П. П. ДМИТРИЕВ, И. О. КОНСТАНТИНОВ, Н. Н. КРАСНОВ

УДК 621.039.8.002:546.711

Изотоп  $Mn^{52}$  ( $T_{1/2} = 5,7$  дня) может быть получен только в реакциях с заряженными частицами. Опубликованные данные по выходам  $Mn^{52}$  и сечениям соответствующих ядерных реакций ограничены и в некоторых случаях противоречивы [1—7]. В настоящей работе исследованы способы получения  $Mn^{52}$  в реакциях под действием протонов, дейтронов и  $\alpha$ -частиц; для каждого из них получены значения выхода изотопа в зависимости от энергии частиц.

Работа выполнялась на полтораметровом циклотроне Физикоэнергетического института с максимальной энергией частиц:  $E_p = (22,0 \pm 0,4) \text{ Мэв}$ ;  $E_d = (22,0 \pm 0,4) \text{ Мэв}$ ;  $E_\alpha = (44,0 \pm 0,9) \text{ Мэв}$ . Энергия варьировалась медными поглощающими фольгами. Это обстоятельство несколько увеличивает погрешность в определении энергии вследствие неточности использованных кривых пробег — энергия.

Хромовые образцы были получены электролизом с последующим растворением медной подложки. Железо и ванадий облучались как в виде стопок фольг толщиной  $\sim 20 \text{ мк}$  каждая, так и в виде толстых образцов. Методика измерения выходов и сечений аналогична описанной в работах [8, 9]. Активность  $Mn^{52}$  измерялась по площади фотопика  $1434 \text{ квэ}$ . Полная погрешность в определении выходов и сечений составляет  $\pm 13\%$ .

Полученные результаты по выходам  $Mn^{52}$  приведены в табл. 1, зависимость выходов от энергии показана на рис. 1. Очевидно, что наиболее эффективные способы получения  $Mn^{52}$  — облучение хрома протонами или дейтронами.

Одновременно с  $Mn^{52}$  в реакциях образуется долгоживущий радиоактивный изотоп  $Mn^{54}$  ( $T_{1/2} = 313$  дней).

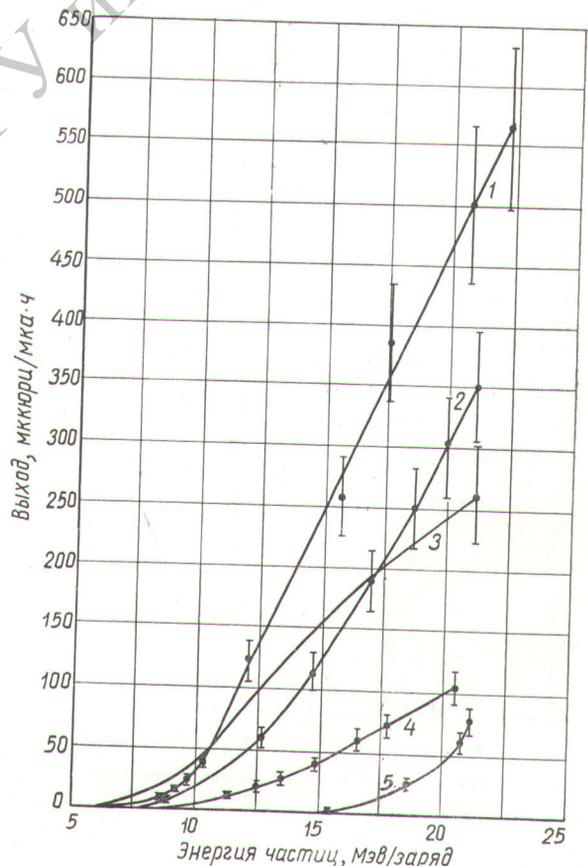


Рис. 1. Зависимость выхода изотопа  $Mn^{52}$  для толстых мишеней от энергии частиц в реакциях:

1 —  $Cr + p$ ; 2 —  $Cr + d$ ; 3 —  $Fe + d$  ( $\times 100$ ); 4 —  $Cr + \alpha$  ( $\times 10$ ); 5 —  $V + \alpha$ .

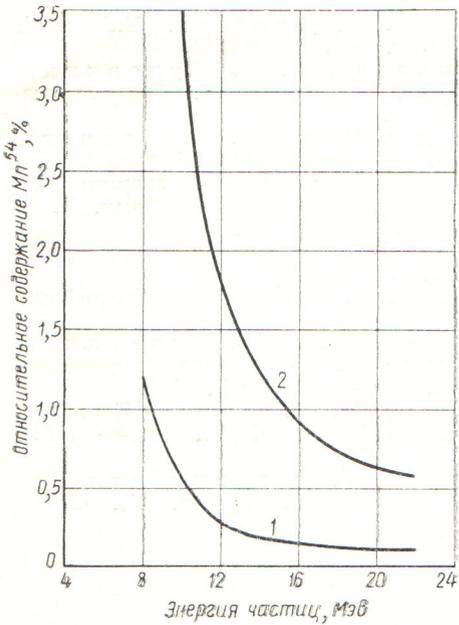


Рис. 2. Зависимость относительного содержания  $Mn^{54}$  от энергии при облучении хрома протонами (кривая 1) и дейтонами (2).

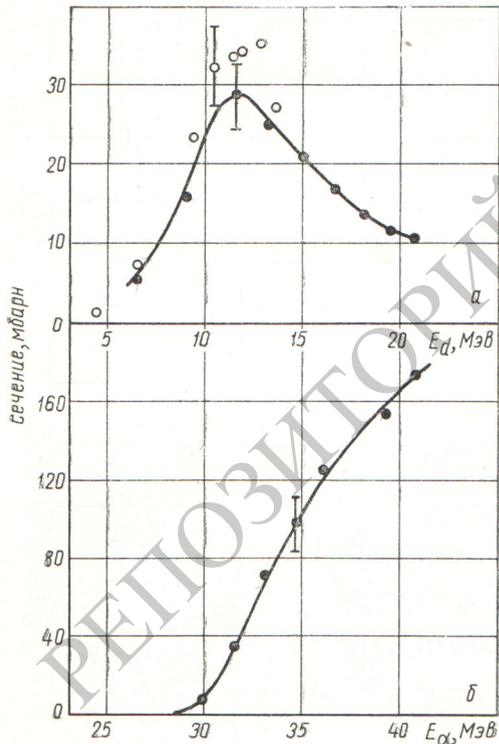


Рис. 3. Функции возбуждения ядерных реакций  $Fe^{54}(d, \alpha) Mn^{52}$ ,  $V^{51}(\alpha, 3n) Mn^{52}$  (рис. а, б соответственно):

● — данные настоящей работы; ○ — данные работы [7].

Способы получения  $Mn^{52}$

Таблица 1

Способ получения	Реакция образования	Распространенность в естественной смеси, %	Порог реакции, Мэв	Выходы		Литература	
				Энергия частиц, Мэв	Выход мккюри/мка·ч		
$Cr+p$	$Cr^{52}(p, n)$ $Cr^{53}(p, 2n)$ $Cr^{54}(p, 3n)$	83,76	5,6	22,35±0,5	570	*	
				20,8±0,5	500		
				17,6±0,6	385		
				15,7±0,6	260		
				12,1±0,7	125		
				10,4±0,3	40		
				9,7±0,3	25		
				9,2±0,3	16		
				8,6±0,4	10		
				8	4,5		[1]
11	76	[2]					
22	80	[3]					
$Cr+d$	$Cr^{52}(d, 2n)$ $Cr^{53}(d, 3n)$	83,76	8,0	21,15±0,5	350	*	
				20,0±0,5	300		
				18,7±0,6	250		
				17,0±0,6	190		
				14,7±0,7	115		
				12,7±0,7	60		
				8,9±0,8	11		
				15	140		[4]
				15	144±20		[1]
				20	406		[5]
30	400	[6]					
$Cr+\alpha$	$Cr^{50}(\alpha, 1n)$	4,31	13,5	41,0±1,0	10,5	*	
				35,5±1,4	7,25		
				33,2±1,4	6,1		
				29,7±1,5	3,8		
				27,0±1,6	2,6		
				25,0±1,6	2,0		
				22,7±1,7	1,2		
17,2±1,9	0,02						
$V+\alpha$	$V^{51}(\alpha, 3n)$	99,76	25,0	42,2±1,0	78	*	
				41,5±1,1	60		
				37,2±1,2	27		
				30,7±1,4	3,2		
$Fe+d$	$Fe^{54}(d, \alpha)$	5,84	5,4	21,2±0,5	2,6	*	
				14,0±0,2	2,0		[7]

\* Данные настоящей работы.

Выход этого изотопа в различных реакциях подробно изучен в работе [9], причем наименьший выход дает реакция  $(Cr+p)$ , где он равен 0,5 мккюри/мка·ч при  $E_p = 22$  Мэв. На рис. 2 приведены кривые относительного содержания изотопа  $Mn^{54}$  на конец облучения для реакций  $(Cr+p)$  и  $(Cr+d)$  в зависимости от энергии частиц. Со временем приведенное отношение растет примерно как  $\exp(0,12 t)$ , где  $t$  — время, выраженное в днях.

Сечения ядерных реакций  $V^{51}(\alpha, 3n)Mn^{52}$  и  $Fe^{54}(d, \alpha)Mn^{52}$

Таблица 2

Реакция $V^{51}(\alpha, 3n)Mn^{52}$		Реакция $Fe^{54}(d, \alpha)Mn^{52}$	
Энергия, Мэв	Сечения, мбарн	Энергия, Мэв	Сечения, мбарн
40,8±1,0	173	20,8±0,5	10,7
39,3±1,1	155	19,55±0,5	11,7
37,8±1,2	144	18,15±0,6	13,5
36,3±1,2	126	16,7±0,6	16,8
34,8±1,3	100	15,1±0,7	21,1
33,3±1,3	72	13,4±0,7	25,2
31,6±1,4	36	11,55±0,7	28,3
30,0±1,4	9,4	9,0±0,8	16,0
28,2±1,5	1,2	6,6±0,8	5,9

В настоящей работе при изучении способов ( $V + \alpha$ ) и ( $Fe + d$ ) были измерены функции возбуждения реакций  $V^{51}(\alpha, 3n)$  и  $Fe^{54}(d, \alpha)$ . Сечения последней реакции были измерены ранее до  $E_p = 13$  Мэв [7] и в пределах ошибок согласуются с результатами настоящей работы. Однако все значения, полученные в настоящей работе, лежат несколько ниже. Это объясняется, по-видимому, тем, что авторы работы [7] измеряли активность  $Mn^{52}$  путем регистрации позитронов счетчиком Гейгера, при этом могло быть завышение результатов за счет рентгеновского и  $\gamma$ -излучения.

Значения сечений даны в табл. 2, функции возбуждения приведены на рис. 3. Представленные на рис. 1 кривые выходов для этих способов получения  $Mn^{52}$  построены как по значениям, измеренным на толстых образцах, так и путем интегрирования функций возбуждения.

Авторы благодарны Ю. Г. Севастьянову за радиохимическое выделение марганцевой фракции из облученных железных фольг.

Поступило в Редакцию 14/III 1968 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. I. Gruverman, P. Kruger. Internat. J. Appl. Rad. and Isotopes, 5, 21 (1959).
2. J. Wing, J. Huizenga. Phys. Rev., 128, 280 (1962).
3. J. Martin et al. Nucleonics, 13, No. 3, 28 (1955).
4. P. Kafalas, J. Irvine. Phys. Rev. 104, 703 (1956).
5. W. Burgus et al. Phys. Rev. 95, 750 (1954).
6. A. Aten, J. Halberstadt. Philips Techn. Rev., 16, No. 1 (1954).
7. Н. А. Власов и др. «Атомная энергия», 2, 169 (1957).
8. Н. Н. Краснов, П. П. Дмитриев. «Атомная энергия», 20, 57 (1966).
9. Н. Н. Краснов, П. П. Дмитриев. «Атомная энергия», 21, 52 (1966).

Применение фосфатцеллюлозы для очистки конденсата от микропримесей радиоактивных элементов

В. Ф. БАГРЕЦОВ, А. Д. ЧИСТЯКОВ, Е. А. ПЕТРОВА

УДК 621.039.714:541.18

На атомных электростанциях СССР очистку дезактивационных растворов осуществляют упариванием [1]. Получающийся конденсат обычно содержит незначительное количество солей (2,0—20,0 мг/л), а концентрации органических соединений (жиры, мыла, сульфокислоты, алкилсульфаты, оксигенированные алкилфенолы) обычно ниже чувствительности аналитических методов их определения. Однако концентрация радиоактивных изотопов, особенно стронция, в этих конденсатах иногда превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) для вод открытых водоемов. Для доочистки таких конденсатов от радиоактивных элементов целесообразно использовать наиболее дешевые ионообменные материалы. К числу таких материалов относится фосфатцеллюлоза, которая обладает высокой ионообменной емкостью и хорошими кинетическими свойствами [2, 3].

Цель настоящей работы — изучение возможности применения фосфатцеллюлозы в  $NH_4$ -форме для доочистки конденсата, получаемого на выпарных аппаратах при очистке дезактивационных растворов, от микропримесей.

Определенные количества исходного материала замачивали в дистиллированной воде и загружали в колонки диаметром 16 мм. Требуемая плотность загрузки достигалась механическим уплотнением фильтрующего слоя. Фильтрацию проводили снизу вверх при комнатной температуре. В пробах исходных растворов и фильтратов (объем пробы 200 мл) определяли удельную  $\beta$ -актив-

ность и pH. В некоторых опытах, кроме того, определяли содержание радиоактивных изотопов стронция, цезия, рутения, а также суммы редкоземельных элементов и иттрия (объем пробы 1 л). Все радиохимические и радиометрические анализы проводили для двух и более параллельных проб по известным методикам [4]. Расхождение в результатах параллельных определений не превышало 10%.

В начале работы было выяснено влияние плотности загрузки, высоты фильтрующего слоя и скорости фильтрации на степень очистки реального конденсата от суммы  $\beta$ -излучателей. Оказалось, что изменение плотности загрузки фосфатцеллюлозы в интервале 0,15—0,23 г/см<sup>3</sup>, высоты фильтрующего слоя от 22 до 50 см и скорости фильтрации от 0,3 до 15 м/ч на очистку раствора в пределах точности измерений не оказывает влияния. Очистка отобранной для этих опытов пробы конденсата была равна 65—70%. Время контакта конденсата с фосфатцеллюлозой изменялось от 1 до 44 мин. Из приведенных данных видно, что фосфатцеллюлоза в  $NH_4$ -форме обладает достаточно хорошими кинетическими свойствами.

Так как на ионный обмен веществ, находящихся в растворе в микроконцентрациях, сильное влияние оказывает pH среды, нами было определено влияние pH на степень очистки конденсата от суммы  $\beta$ -излучателей (по суммарной  $\beta$ -активности). С этой целью были приготовлены три фильтра с высотой слоя фосфатцеллю-