

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Громов, Викт. И. Спицын. «Докл. АН СССР», 141, 891 (1961).
2. Викт. И. Спицын, В. В. Громов. «Радио-химия», 1, 181 (1959).
3. М. М. Тагиева, В. Ф. Киселев. «Ж. физ. хим.», 35, 1381 (1961).
4. Ш. А. Абляев, О. Е. Ерматов, С. В. Стародубцев. В кн.: «Труды Ташкентской конференции по мирному использованию атомной энергии». Т.1. Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1961, стр. 174.
5. Е. К. Васильева, С. В. Стародубцев. Там же, стр. 277.

6. H. Kohn, E. Taylor. Actes du Deuxième Congrès International de Catalyse. Paris, II, 1461 (1960).
7. Ю. П. Солоницын. «Ж. физ. хим.», 32, 1241 (1958).
8. М. М. Егоров и др. Там же, стр. 2624.
9. В. А. Каргин. «Усп. хим.», 8, 998 (1939).
10. F. Umland, Z. anorgan. und allgem. Chem., 280, 211 (1955); Z. Elektrochem., 60, 689, 701, 711 (1956).
11. Б. П. Никольский, О. Н. Григоров. «Докл. АН СССР», 50, 325 (1945).
12. Д. Н. Стражеско, Г. Ф. Янковская. «Укр. хим. ж.», 25, 417 (1959).
13. H. Kautsky, H. Saukel. Z. Elektrochem., 63, 355 (1959).

621.039.325

## Исследование ионного обмена в растворах плавиковой кислоты. Разделение RaD, RaE, и полония.

М. К. Никитин, Г. С. Камышин

По методике, описанной Краусом [1], в статических условиях определены коэффициенты распределения  $K_d$  свинца (RaD) и висмута (RaE) на анионите АВ-17х14. Величину  $K_d$  полония определяли по месту выхода пика  $\alpha$ -активности из хроматографической колонки, заполненной анионитом АВ-17х14. Функции распределения RaD и RaE представлены на рис. 1. В этих условиях для полония  $K_d > 100$ . Полученные данные

не наблюдаются, и весь полоний, прочно удерживаемый анионитом, может быть в виде узкого пика количественно вымыт из колонки 3 М HNO<sub>3</sub> (рис. 2). Специально проведенные опыты показали полноту десорбции полония из анионита при внесении полония в колонку в растворе HCl или разбавленной HF, промывке

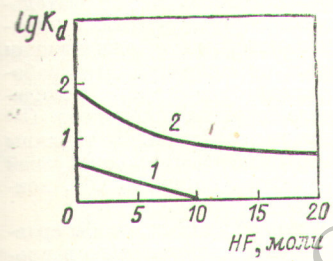


Рис. 1. Зависимость коэффициента распределения  $K_d$  свинца и висмута от концентрации HF в растворе:  
1 — двухвалентный свинец; 2 — трехвалентный висмут.

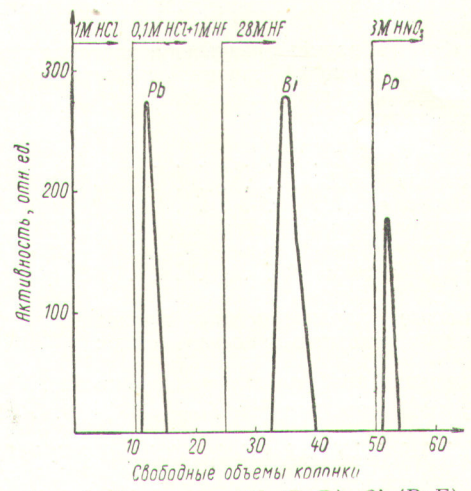


Рис. 2. Разделение Pb (RaD), Bi (RaE) и полония на анионите АВ-17.

расходятся с результатами Фериса [2], который указывает, что свинец сорбируется анионитом дауэкс-1 из HF-растворов лучше, чем висмут.

Хроматографическое разделение смесей RaD, RaE и полония описано в ряде работ [3—9]. На основании полученных нами данных о коэффициентах распределения изучаемых элементов в HF (см. рис. 1), а также в HCl [4] и в смеси HCl + HF [9] мы предлагаем следующую методику разделения RaD, RaE и полония.

Колонка из полиэтилена (внутренний диаметр 2,5—3,0 мм) заполняется анионитом АВ-17х14 в Cl<sup>-</sup>-форме слоем высотой ~3 см (размер зерен смолы 20—30 мк). Радоновый осадок извлекается из ампул концентрированной HCl, которая перед нанесением на колонку разбавляется до 1 М. Конечный объем наносимого раствора не должен превышать 10—15 свободных объемов колонки, так как иначе может наблюдаться размытие пика RaD. Смесь 0,1 М HCl + 1,0 М HF вымывает свинец в виде узкого пика; висмут вымывается из колонки после свинца 20 ÷ 28 М раствором HF. Во фракциях RaD и RaE  $\alpha$ -активности полония

колонки концентрированной HF и вымывании полония 3 М HNO<sub>3</sub>. Эти результаты не согласуются с данными И. Е. Старика и Н. И. Ампелоговой [3], которые указывают, что полоний, поглощенный анионитом из HCl или HNO<sub>3</sub>, количественно не может быть десорбирован. Однако известно, что фторидные комплексы полония обладают довольно высокой прочностью [10], и в случае использования нашей схемы разделения можно предположить, что происходит простое вытес-



нение полония из анионита в виде недиссоциированной фторополониевой кислоты азотной кислотой.

Бета-спектры полученных таким методом препаратов RaD и RaE изучались на магнито-линзовом  $\beta$ -спектрометре с ускорением.

Поступило в Редакцию 9/VI 1962 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. К. Краус, Ф. Нельсон. Химия ядерного горючего. М., Госхимиздат, 1956, стр. 353.
2. J. Faris. *Analyt. Chem.*, 32, 520 (1960).

3. И. Е. Старик, Н. И. Амелогова. «Радиохимия», 3, 37 (1961).
4. P. Radhakrishna. *J. Chem. phys.*, 51, 354 (1954).
5. J. Sasaki. *Bull. Chem. Soc. Japan*, 28, 89 (1955).
6. W. Dedek. *Z. analyt. Chem.*, 173, 399 (1960).
7. F. Nelson, K. Kraus. *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 5916 (1954).
8. K. Liška, L. Klir. *Chem. listy*, 51, 1547 (1957).
9. F. Nelson, R. Rush, K. Kraus. *J. Amer. Chem. Soc.*, 82, 339 (1960).
10. Ф. Вайгель. «Усп. хим.», 29, 686 (1960).

621.039.3

## Разделение изотопов кислорода методом термодиффузии

Е. П. Агеев Г. М. Панченко

Для разделения изотопов кислорода был собран термодиффузионный каскад, состоящий из трех последовательно соединенных термодиффузионных колонн с горячей нитью общей длиной 9 м. Внутренний диаметр всех трех колонн 12 мм, горячей нитью служила проволока диаметром 0,4 мм из жаростойкого сплава Х25Ю5, имеющего максимальную рабочую температуру в атмосфере воздуха 1473° К. Для циркуляции газа из резервуара объемом 15 л в верхнюю часть первой колонны, а также из нижней части каждой предыдущей в верхнюю часть каждой последующей колонны применялись термосифоны. Было предусмотрено включение первой колонны как газоочистителя или как разделительной колонны.

В работе [1] изучали разделение изотопов кислорода на отдельной термодиффузионной колонне. Максимальный коэффициент разделения был получен при следующих условиях:

Длина колонны $L$ . . . . .	312 см
Радиус колонны $R$ . . . . .	0,6 см
Радиус нити $r$ . . . . .	0,02 см
Температура холодной стенки $T_1$ . . . . .	293° К
Температура горячей стенки $T_2$ . . . . .	1153° К
Давление в системе $P$ . . . . .	625 мм рт. ст.

Основные характеристики процесса разделения при данных условиях приведены ниже:

Максимальный коэффициент разделения $S_{\text{макс}}$	8,45
Время, за которое получен $S_{\text{макс}}$ , $t_{S_{\text{макс}}}$	168 ч
ВЭТГ . . . . .	2,8 см
Однократный коэффициент разделения $\alpha$	1,019
Термодиффузионный фактор $\alpha_t$	0,0138

Для наиболее быстрого и экономически выгодного полного или почти полного разделения изотопических смесей не следует применять только один метод разделения, потому что, как правило, высокоэффективные методы разделения оказываются малопродуктивными, а методы, обладающие хорошей производительностью, — малоэффективными. По всей вероятности, наиболее целесообразно совмещать высокопроизводительный метод разделения с высокоэффективным. Поэтому для получения высококонцентрированного изотопа кислорода  $O^{18}$  использовали тяжелоокислородную воду, полученную методом ректификации.

Вода, содержащая 40 вес.%  $H_2O^{18}$ , подвергалась электролизу, затем кислород поступал в три колонны термодиффузионного каскада. Разделение проводили при давлении в системе 640 мм рт. ст. и при температуре нити 1103° К. Такая температура несколько ниже максимально возможной, что гарантирует длительную работу установки. Температура термосифонов при длине 70 и диаметре 0,1 см равнялась 633° К.

Через две недели, когда концентрация  $O^{18}$  на выходе каскада достигла 94 ат.%, был начат отбор обогащенного продукта. За четыре месяца непрерывной работы было отобрано больше 2 л (в пересчете на нормальные условия) кислорода с содержанием  $O^{18}$  от 85 до 90 ат.%.

Интересно сравнить эффективность последовательного разделения изотопов кислорода ректификационным и термодиффузионным методами с разделением только одним из этих методов. В таблице приведены работы, цель которых — накопление некоторого количества обогащенного тяжелого изотопа кислорода  $O^{18}$  методом ректификации или термодиффузии. Из таблицы видно, что до сих пор только один раз термодиффузией и трижды ректификацией удалось получить  $O^{18}$ , концентрация которого выше 90%\*.

К сожалению, авторы не имеют данных, чтобы сравнить стоимость единицы продукта, полученного в проведенных опытах. Можно лишь сравнить размеры (длину) аппаратуры и время работы установок, если поставлена задача получить небольшие количества  $O^{18}$ .

Для получения продукта концентрации 90% и выше методом ректификации на каскадах общей длиной несколько сот метров (см. таблицу) необходимо примерно полтора года работы, причем за это время не всегда достигается равновесие. Клузиус, Диккель и Беккер [4, 5] на каскаде термодиффузионных колонн длиной 82 м выделили смесь, содержащую 90%  $O^{18}$  и 10%  $O^{17}O^{18}$ , и лишь повторным концентрированием на установке длиной 27 м за полтора года работы получили 250 см<sup>3</sup> газа, содержащего 99,5%  $O^{18}$ . Авторы же статьи получили указанный выше продукт на установке длиной ~ 30 м в течение 10 месяцев, включая процесс ректификации. Работа была выполнена в лаборатории стабильных изотопов химического факультета МГУ в 1960 г.

\* Другими методами разделения тяжелый изотоп кислорода концентрации 90% и выше не был получен.