

принята за нижнюю и верхнюю границы распухания.

При анализе эмпирического уравнения всегда возникает вопрос о его достоверности и погрешности. В табл. 3 представлены значения относительных погрешностей ($\Delta S/S$), доверительных интервалов (ΔS) для доверительной вероятности 0,9, а также среднеквадратических погрешностей показателя степени при дозе (σ_a) для некоторых температурных интервалов.

Как видно из этой таблицы, относительная погрешность S сильно зависит от температуры и минимальна в области температуры $500 \pm 30^\circ\text{C}$.

Экстраполяция экспериментальных данных до интегрального потока 10^{23} нейтр./см² (см. табл. 2) показывает, что распухание стали ОХ16Н15МЗБ может достигнуть 7—8%.

Авторы выражают глубокую признательность А. А. Прошкину, А. Н. Тузову и А. Г. Костромину за помощь в работе.

Поступила в Редакцию 16/VII 1975 г.

УДК 541.183:661.879

Исследование адсорбции криптона и ксенона при малых парциальных давлениях на промышленных образцах активного угля

НАХУТИН И. Е., ОЧКИН Д. В., ТРЕТЬЯК С. А., ДЕКАЛОВА А. Н.

На атомных электростанциях за рубежом [1] и в Советском Союзе [2] применяется радиохроматографическая система очистки газообразных отходов от радиоактивных загрязнений. Основным узлом этой системы является адсорбер, заполненный активным углем, через который пропускается газовый поток с радиоактивными загрязнителями. В результате динамической адсорбции и радиоактивного распада в адсорбере устанавливается стационарный режим, при котором концентрация радиоактивного газа убывает к выходу из адсорбера [3, 4]. Эффективность радиохроматографической газоочистной установки зависит от сорбционной способности активного угля к инертным газам — криптону и ксенону.

В работе [5] сообщалось об измерении равновесных коэффициентов сорбции криптона и ксенона на активном угле различных сортов

в широком интервале температур; было найдено, что одним из наилучших сорбентов является уголь типа СКТ [6].

В настоящей работе измерены равновесные коэффициенты сорбции криптона и ксенона из воздуха и гелия в интервале температур от $+20$ до -80°C на девяти марках активного угля, производимого в СССР.

Распределение инертных газов между газовой фазой и сорбентом определялось в замкнутой циркуляционной установке методом меченых атомов по концентрации радиоактивных изотопов ^{85}Kr и ^{133}Xe . Адсорбция газа-носителя определялась весовым методом на пружинных весах с кварцевой спиралью. На рис. 1 показана температурная зависимость коэффициента сорбции (I) ксенона из гелия (сплошные линии) и из воздуха (пунктир) на активном угле четырех сортов. Для гелия зависимость

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быков В. Н. и др. «Атомная энергия», 1973, т. 34, вып. 4, с. 247.
2. Быков В. Н. и др. «Атомная энергия», 1974, т. 36, вып. 1, с. 24.
3. Jenkins J. «Nucl. Sci. and Engng», 1970, v. 41, p. 155.
4. Аристархов Н. Н., Бондаренко В. В., Воропаев А. П. В сб.: Труды ФЭИ. Т. 1. 1967, с. 297.
5. Kinchin G., Pease R. «Rep. Prog. Phys.», 1955, v. 18, p. 1.
6. Ohmae E., Hida B. «J. Nucl. Mater.», 1972, v. 42, p. 85.
7. Dovan D. «Nucl. Sci. and Engng», 1972, v. 49, p. 130.
8. Nelson R., Etherington E., Smith M. UKAEA, 1971. Rep. TRG-2152 (D).
9. Norgett J., Robinson M., Torrens I. AERE, Harwell, 1973. Rep. TR-494.
10. Bloom E., Stiegler J. ORNL-4480, 1969, p. 76.
11. Claidson T., Barker R., Fish R. «Nucl. Appl. and Techn.», 1970, v. 9, p. 10.
12. Cox C., Homan F. Ibid., p. 317.
13. Brager H. e.a. «Metal. Trans.», 1971, v. 2, p. 1893.
14. Burger M., Clottes G., Leelere I. Франко-советский симпозиум, 1972, Обнинск, докл. № 12.
15. Bagley K., Bramman I., Cawthorne G. In: Proc. Europ. Conf. on Void Formed by Irradiation of Reactor Materials. Harwell, BNES, 1971, p. 29.

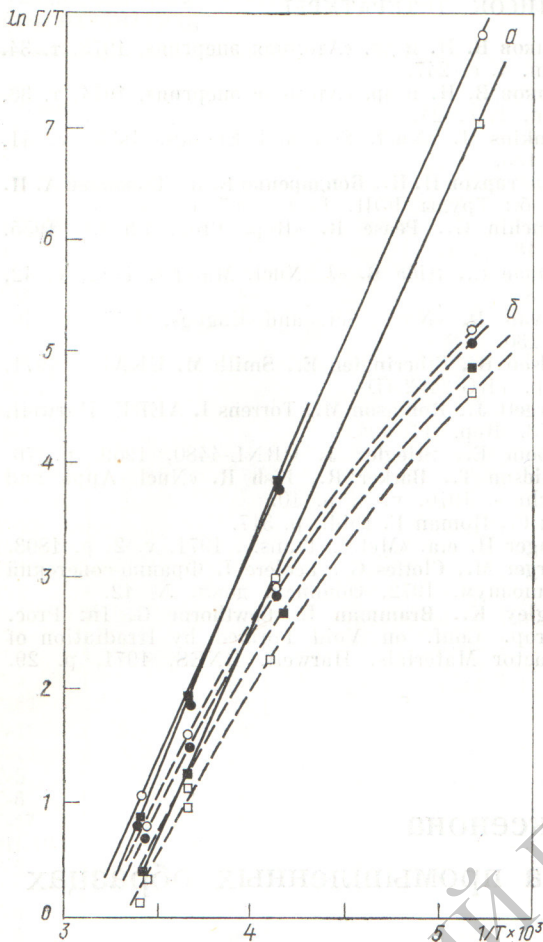


Рис. 1. Температурная зависимость приведенного коэффициента адсорбции ксенона из гелия (а) и воздуха (б) на активных углях различных марок:

○ — СКТ-2Б; ● — СКТ-3; ■ — СКТ-2А; □ — СКТ-6А

$\ln(\Gamma/T) - 1/T$ является линейной. Гравиметрические измерения показали, что адсорбция гелия на активном угле незначительна. Вычисленные значения дифференциальной теплоты адсорбции ксенона представлены в таблице (графа 3).

На рис. 1 показано, что для различных марок активного угля наклоны прямых несколько различаются. Соответственно различаются и значения теплоты адсорбции. Однако полученные величины существенно образом превышают теплоту конденсации ксенона (3,3 ккал/моль [7]). Возможно, что такие большие значения теплоты адсорбции ксенона на активном угле соответствуют малому заполнению сорбционного пространства. Даже при температуре -80°C максимальное количество

адсорбированного ксенона в наших опытах составляло всего лишь $3,8 \cdot 10^{-3}$ н. см³/см³ угля.

На рис. 2 изображена температурная зависимость коэффициента сорбции ксенона и криптона из воздуха для различных марок активного угля. Для воздуха такая зависимость не описывается прямой линией. Это вызвано тем, что при различной температуре на активном угле сорбируется различное количество воздуха, который снижает сорбционную способность по отношению к инертным газам. На рис. 3 представлена температурная зависимость количества воздуха, сорбируемого на активном угле.

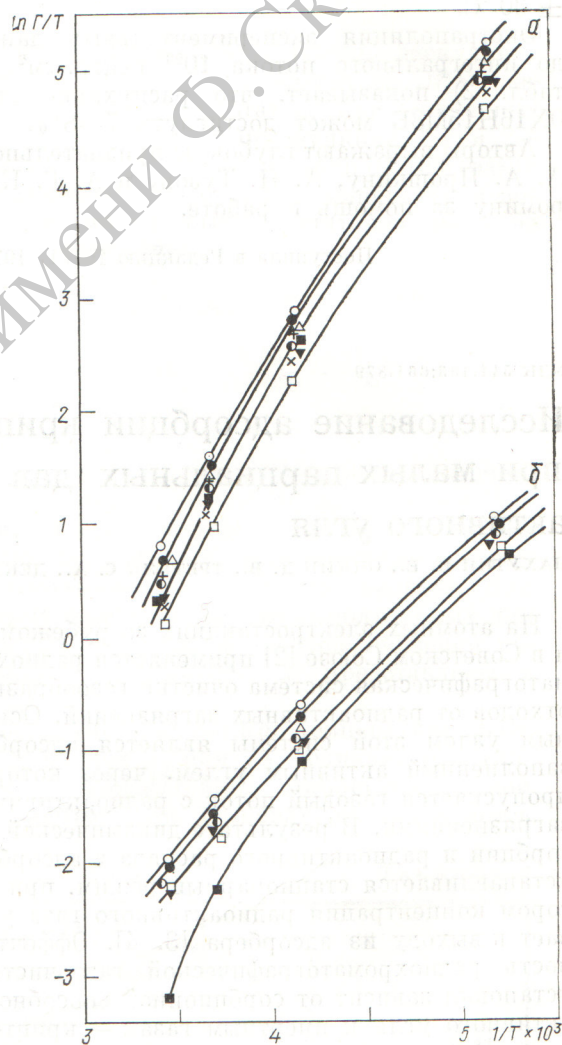


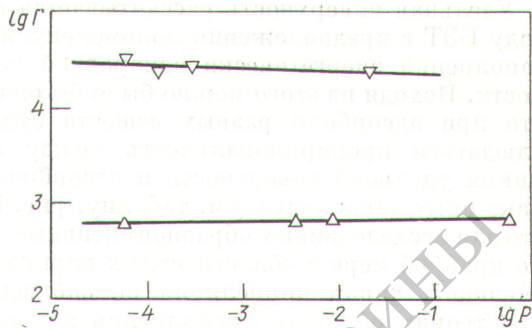
Рис. 2. Температурная зависимость приведенного коэффициента адсорбции ксенона (а) и криптона (б) из воздуха на активных углях различных марок:

○ — СКТ-2Б; ● — СКТ-3; △ — СКТ-1А; + — СКТ-1Б; ⊙ — АРТ-2; ■ — СКТ-2А; ▼ — СКТ; × — СКТ-4А; □ — СКТ-6А

Характеристики активных углей

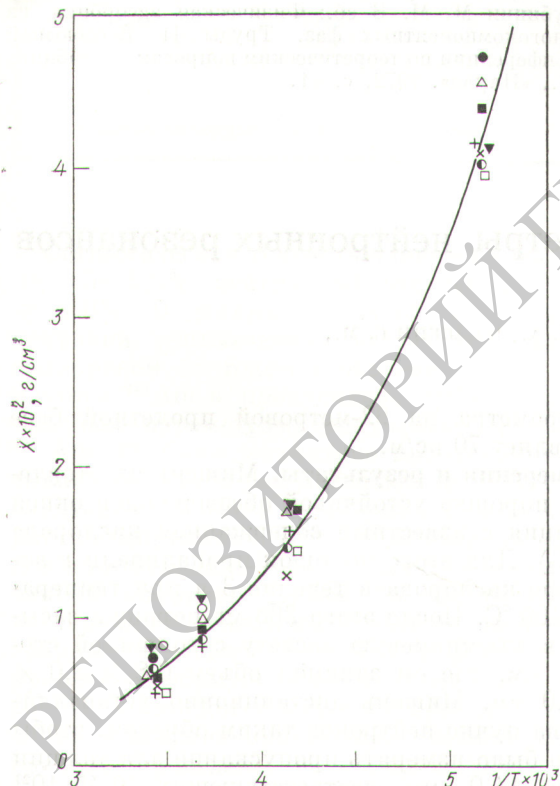
Марка активного угля	Насыпная плотность образца, г/см ³	Теплота адсорбции ксенона из гелия, ккал/моль	Удельная поверхность по БЭТ *, м ² /г	Объем микропор (по Дубинину), см ³ /г
СКТ	0,457	—	1,09·10 ³	0,47
СКТ-1А	0,470	—	1,12·10 ³	0,45
СКТ-1Б	0,458	—	1,05·10 ³	0,47
СКТ-2А	0,441	8,2	1,17·10 ³	0,49
СКТ-2Б	0,498	7,4	1,04·10 ³	0,44
СКТ-3	0,472	7,3	1,10·10 ³	0,47
СКТ-4А	0,418	—	1,33·10 ³	0,55
СКТ-6А	0,388	7,5	1,50·10 ³	0,66
АРТ-2	0,428	—	1,13·10 ³	0,49

* Метод Брунауэра — Эммета — Теллера.



Р и с. 4. Зависимость коэффициента адсорбции ксенона из воздуха на активном угле марки СКТ-2Б от парциального давления при температуре 191 К (▽) и 294 К (△)

Известно [8], что изотермы адсорбции криптона и ксенона на углеродных сорбентах имеют форму, близкую к изотерме Лэнгмюра. Для



Р и с. 3. Изобара адсорбции воздуха на активных углях различных марок:

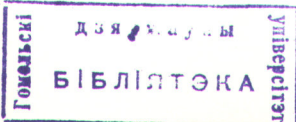
○ — СКТ-2Б; ● — СКТ-3; △ — СКТ-1А; + — СКТ-1Б; ○ — АРТ-2; ■ — СКТ-2А; ▼ — СКТ; × — СКТ-4А; □ — СКТ-6А (X — количество воздуха, адсорбированного в единице объема активного угля)

этих изотерм типичен крутой подъем с постоянным наклоном в области низких давлений; по данным работы [9], линейность изотермы сохраняется для криптона и ксенона до давления 4·10⁻² мм рт. ст.

При адсорбции криптона и ксенона из смеси присутствие газа-макрокомпонента может изменить вид изотермы. Особенно это относится к воздуху, адсорбция которого, как это следует из рис. 3, имеет заметную величину, в отличие от гелия, который практически не сорбируется в этом интервале температур. По этой причине был измерен начальный участок изотермы адсорбции ксенона из смеси с воздухом (740 мм рт. ст.) на активном угле марки СКТ-2Б при двух значениях температуры. На рис. 4 представлена зависимость коэффициента сорбции от парциального давления ксенона. При температуре 191 К наблюдается небольшое снижение коэффициента сорбции с ростом парциального давления ксенона, однако для практических расчетов этим эффектом можно пренебречь.

При выборе сорбента не всегда имеется возможность измерить его сорбционную способность по отношению к заданному веществу. Обычно для сравнения сорбентов используют более общие характеристики (удельная поверхность, объем микропор и переходных пор, распределение пор по размерам), которые определяются по стандартным методикам и с помощью стандартных веществ, в частности азота.

В настоящей работе измерены изотермы сорбции азота при температуре его кипения на всех исследованных образцах активного угля, по этим результатам рассчитаны удельные поверхности по методу БЭТ [8] и объемы микропор по методу Дубинина [7] (см. таблицу, графы 4 и 5).



Удельная поверхность рассчитывается по методу БЭТ в предположении мономолекулярного заполнения энергетически однородной поверхности. Исходя из этого можно было бы ожидать, что при адсорбции разных веществ будет наблюдаться пропорциональность между значениями удельной поверхности и адсорбции. Однако опыт показывает (см. таблицу, рис. 1 и 2), что для исследованных образцов активных углей, по крайней мере в области малых парциальных давлений, такая корреляция не наблюдается.

В теории объемного заполнения пор в качестве параметра, характеризующего емкость сорбента, принимается объем микропор. Как видно из таблицы, рассчитанные в соответствии с теорией объемного заполнения Дубинина [7, 10] объемы микропор активных углей, измеренные по азоту, также не дают оснований сделать какие-либо выводы по поводу адсорбции криптона и ксенона при малых парциальных давлениях. Следовательно, общепринятые характеристики — удельная поверхность и объем микропор — не могут быть использованы для оценки адсорбционной способности активных углей по отношению к криптону и ксенону при малых парциальных давлениях.

Интересно отметить, что ряд по насыпной плотности углей соответствует ряду по коэффициенту адсорбции. Однако объяснить этот факт довольно трудно.

Поступила в Редакцию 12/VI 1975 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Schumann F. Rep. SZS-133. Berlin, DDR, 1972.
2. Якшин Е. К. и др. «Атомная энергия», 1973, т. 34 вып. 4, с. 285.
3. Нахутин И. Е., Очкин Д. В. «Инж.-физ. журн.», 1965, т. 9, № 1, с. 112.
4. Нахутин И. Е., Очкин Д. В., Линде Ю. В. «Журн. физ. химии», 1969, т. 43, № 7, с. 1811.
5. Трофимов А. М., Панков А. М. «Радиохимия», 1965, т. 7, № 3, с. 293.
6. Черепов А. Г., Кейер Б. Р., Плаченев Т. Г. В сб.: Получение, структура и свойства сорбентов. Труды ЛТИ им. Ленского. Вып. 1. Л., 1974, с. 39.
7. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. М., «Мир», 1970.
8. Брунауэр С. Адсорбция газов и паров. М., Изд-во иностр. лит., 1948.
9. Chackett K., Tuck D. «Trans. Faraday Soc.», 1957, v. 53, N 42, p. 1652.
10. Дубинин М. М. В сб.: Физическая адсорбция из многокомпонентных фаз. Труды II Всесоюзной конференции по теоретическим вопросам адсорбции. М., «Наука», 1972, с. 41.

УДК 621.039.556

Полное нейтронное сечение и параметры нейтронных резонансов ^{243}Am в области энергий 0,4—35 эВ

БЕЛАНОВА Т. С., КОЛЕСОВ А. Г., ПОРУЧИКОВ В. А., ТИМОФЕЕВ Г. А., КАЛЕБИН С. М., АРТАМОНОВ В. С., ИВАНОВ Р. Н.

В процессе производства ^{252}Cf одним из основных изотопов является ^{243}Am , поэтому необходимо с высокой точностью знать его нейтронные сечения. Информация о нейтронных сечениях ^{243}Am , кроме прикладного характера, имеет большое научное значение. Известно, что данные по полным нейтронным сечениям и резонансным параметрам для этого изотопа получены главным образом в 1970—1972 гг. Настоящая работа — результат измерений пропускания ^{243}Am , начатых на реакторе СМ-2 методом времени пролета в 1972 г.

Нейтронная вспышка формировалась селектором с тремя синхронно вращающимися роторами, подвешенными в магнитном поле [1]. Детектором нейтронов служила батарея гелиевых счетчиков. Измерения велись на 4096-канальном анализаторе. Лучшее разрешение

спектрометра на 92-метровой пролетной базе составляет 70 нс/м.

Измерения и результаты. Мишень изготовлена из порошка устойчивой обезвоженной окиси америция с известным содержанием кислорода (AmO_2). Для этого порошок прокаливали в атмосфере кислорода в течение 3 ч при температуре 400 °С. После этого 266 мг порошка засыпали в алюминиевую кассету с толщиной стенок 1 мм, где он занимал объем $0,8 \times 8,0 \times 14,0$ мм. Мишень дистанционно устанавливали на пучке нейтронов таким образом, чтобы можно было измерить пропускание для толщин 0,8 и 14,0 мм, соответствующих $0,45 \cdot 10^{21}$ и $0,79 \cdot 10^{22}$ атом/см². Изотопный состав образца следующий: ^{243}Am — 96,60%; ^{241}Am — 3,32%; ^{244}Cm — 0,08%. В образце содержится 79,8% америция.