

Динамические характеристики адсорбентов гелия. Влияние палладирования

Р. И. Щербаченко, В. Н. Григорьев

*Физико-технический институт низких температур им. Б. И. Веркина НАН Украины,
Украина, 61164, г. Харьков, пр. Ленина, 47*

Статья поступила в редакцию 6 марта 2000 г.

Измерено равновесное давление гелия в статических и динамических условиях для ряда новых адсорбентов с различной степенью палладирования. Подтверждено, что давление гелия над адсорбентом в области, где оно не зависит от степени заполнения адсорбента, является универсальной функцией скорости напуска гелия. Показано, что добавление нескольких процентов Pd практически не влияет на адсорбционные свойства изученных адсорбентов.

Виміряно рівноважний тиск гелію в статичних і динамічних умовах для ряду нових адсорбентів з різним ступенем паладування. Підтверджено, що тиск гелію над адсорбентом у області, де він не залежить від ступеню заповнення адсорбента, є універсальною функцією швидкості напуску гелію. Показано, що додаток декількох процентів Pd практично не впливає на адсорбційні властивості вивчених адсорбентів.

PACS: 67.70.+n, 07.30.Cy

В данной работе продолжены начатые в [1] исследования новых адсорбентов гелия в условиях, имитирующих работу адсорбционных насосов в рефрижераторах растворения. В [1] было показано, что в диапазоне скоростей откачки 10^{-6} – 10^{-4} моль/с, характерных для большинства рефрижераторов растворения, давление в адсорбционном насосе остается постоянным, пока заполнение адсорбента не превысит $0,5-0,9V_a$, где V_a — объем газа, соответствующий изотерме адсорбции. Было также установлено, что давление в области «плато» для изученных адсорбентов является универсальной функцией скорости напуска газа, нормированной на массу адсорбента.

Целью данного исследования являлась проверка этой универсальности для других адсорбентов, а также изучение влияния палладирования на свойства адсорбентов. Ранее для откачки паров гелия неоднократно использовался палладированный силикагель (см., например, [2,3]), кроме того, в [4] было отмечено, в частности, что палладированный силикагель существенно лучше охлаждается (по крайней мере по сравнению с активированным углем). Поскольку эффективность охлаждения является важной характеристикой

адсорбента, отмеченное обстоятельство стало дополнительным стимулом для данного исследования.

В нашем распоряжении было несколько образцов с различной степенью палладирования. Их характеристики приведены в таблице.

Таблица

Характеристики изученных образцов

Адсорбент	ρ , г/см ³	A, см ³ /г	B, см ³ /г
СКФ-2	0,35	719	77,2
СКФ-2 + 1,3% Pd	0,35	717	99,5
СКФ-2 + 3,4% Pd	0,36	757	135,1
СКФ-2 + 5,8% Pd	0,40	538	66,3
СКТ-3	0,39	644	75,1
СКТ-3 + 5,8% Pd	0,53	407	35,3
СКНП-4	0,34	790	97,2
СКНП-4 + 5,8% Pd	0,37	673	73,0

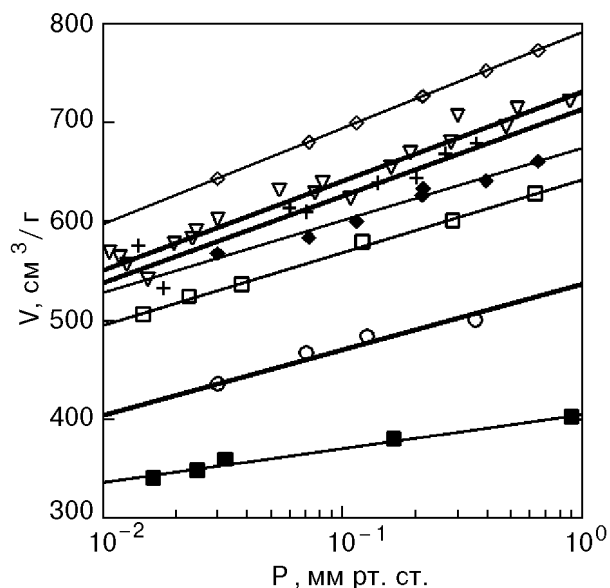


Рис. 1. Изотермы адсорбции гелия-4 при $T = 4,2$ К синтетическими активированными углями: СКФ-2 (∇); СКФ-2 + 1,3% Pd (+); СКФ-2 + 5,8% Pd (\circ); SKТ (\square); SKТ + 5,8% Pd (\blacksquare); SKНП-4 (\diamond); SKНП-4 + 5,8% Pd (\blacklozenge).

Изучение адсорбентов осуществлялось с использованием методики и аппаратуры, описанных в [1]. На первом этапе были измерены изотермы ^4He в интервале давлений $1-10^{-2}$ мм рт. ст. при 4,2 К. Полученные результаты для некоторых адсорбентов представлены на рис. 1. Как и в [1], зависимость объема адсорбированного гелия от давления P , в пределах точности измерений, описывалась соотношением

$$V_a = A + B \lg P.$$

Значения коэффициентов A и B , соответствующие измерениям V_a в $\text{см}^3/\text{г}$ и давления в мм рт. ст., приведены в таблице.

Полученные данные свидетельствуют о том, что при малых степенях палладирования (до 3%) изотермы адсорбции практически не изменяются, бóльшие степени палладирования несколько ухудшают адсорбционную способность, по крайней мере при малых давлениях.

На рис. 2 представлены зависимости давления в насосе от количества адсорбированного гелия в динамическом режиме при различных постоянных скоростях напуска газа для СКФ-2 без палладия и содержащего 3,4% Pd. Видно, что, как и в [1], наблюдаются довольно значительные области «плато», где давление не зависит от количества адсорбированного вещества. Это обстоятельство позволяет с помощью адсорбционных насосов обеспечивать постоянную скорость циркуляции в рефрижераторах растворения в тече-

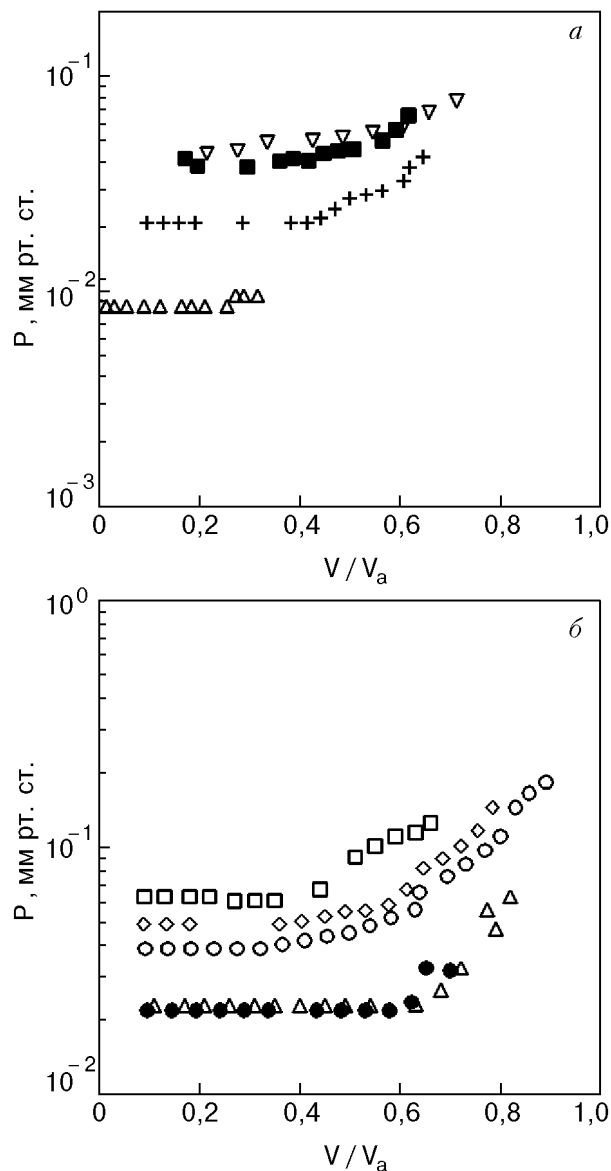


Рис. 2. Зависимость давления в насосе от степени заполнения для различных скоростей напуска \dot{V} , $\text{мкмоль}/\text{с}$: а – адсорбент СКФ-2: 3,47 (Δ); 22,8 (+); 55,8 (\blacksquare); 78,8 (∇); б – СКФ-2 + 3,4 % Pd: 20,2 (\bullet); 25,2 (Δ); 50,6 (\circ); 60,0 (\diamond); 80,0 (\square).

ние достаточно длительного времени без специальных мер для ее стабилизации. На рис. 3 по данным рис. 2 построена зависимость давления в области плато от скорости напуска газа, нормированной на массу адсорбента. Данные, полученные в настоящей работе (точки), сравниваются с зависимостью, найденной в [1] для других адсорбентов. Сравнение подтверждает универсальный характер представленной зависимости как для чистых, так и для палладированных образцов.

Обработка всех полученных к настоящему времени экспериментальных данных приводит к следующей универсальной зависимости давления над

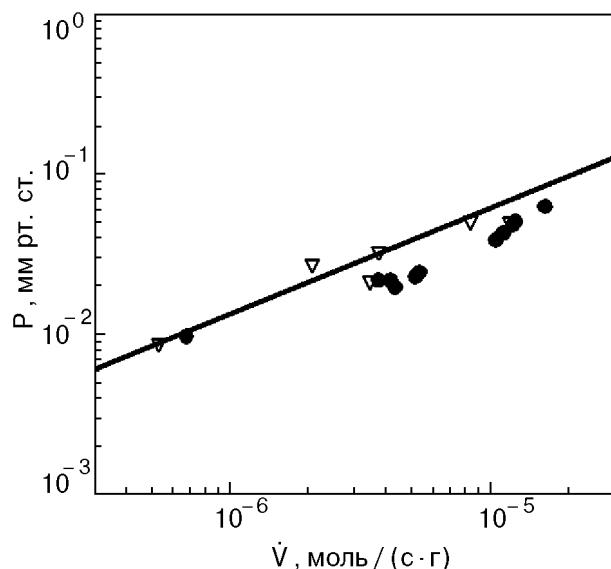


Рис. 3. Зависимость давления в насосе на плато от скорости напуска гелия: для углей СКНП-4; КАУ; СКН — линия; СКФ-2 (▽); СКФ-2 + 3,4% Pd (●).

адсорбентом в области плато P (мм рт. ст.) от скорости напуска гелия \dot{V} (моль/с·г), нормированной на массу адсорбента:

$$\lg P = 2,11 + 0,66 \lg \dot{V}.$$

Полученные результаты свидетельствуют о том, что палладирование не оказывает существенного влияния на свойства адсорбентов гелия, в том числе и на динамические характеристики. По-видимому, обнаруженное в [4] улучшение охлаждения палладированного силикагеля обеспечивалось за счет некоторого повышения теплопроводности адсорбента, которое не играет существенной роли в динамических условиях.

На рис. 4 представлены дополнительные данные об обнаруженном в [1] уменьшении давления над адсорбентом на начальной стадии напуска гелия. Поведение СКФ + 3,4% Pd и углеродной ткани «Днепр» качественно не отличалось от палладированного силикагеля. Однако наблюдаемое в данной работе падение давления, обусловленное, по-видимому, тем, что адсорбированный гелий несколько улучшает охлаждение адсорбента, происходит в более узком диапазоне степени заполнения, что коррелирует с лучшей адсорбционной способностью СКФ и углеродистой ткани.

Таким образом, в результате данного исследования подтверждена универсальность зависимости давления над адсорбентом в области плато от скорости напуска гелия, нормированного на массу адсорбента. Полученные данные дают основания

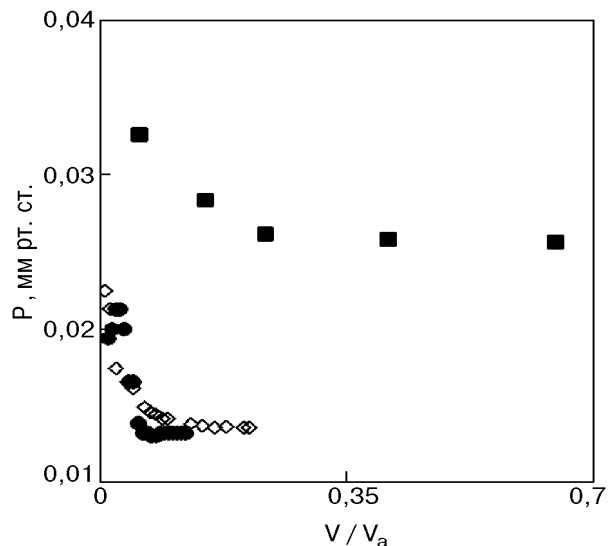


Рис. 4. Зависимость давления в насосе от степени заполнения на начальной стадии эксперимента: силикагель (■); СКФ-2 + 3,4% Pd (●); АУВМ «Днепр» (◊).

считать, что универсальная зависимость должна иметь место для всех адсорбентов в условиях, когда основную роль в охлаждении адсорбента играет теплопроводность газа. Показано, что добавление Pd в пределах нескольких процентов практически не изменяет как статические, так и динамические характеристики адсорбентов гелия.

1. Р. И. Щербаченко, В. Н. Григорьев, *ФНТ* 24, 1105 (1998).
2. V. P. Babichuk, A. A. Golub, B. N. Esel'son, and I. A. Serbin, *Cryogenics* 15, 254 (1975).
3. В. Е. Сивоконь, В. В. Доценко, А. Л. Погорелов, В. И. Соболев, *ФНТ* 19, 444 (1993).
4. В. П. Бабийчук, Л. С. Дикина, Б. Н. Есельсон, И. А. Сербин, *Труды ФТИНТ АН УССР* вып 1, с. 223 (1968).

Dynamic characteristics of helium adsorbents. The palladium effect

R. I. Shcherbachenko and V. N. Grigor'ev

The equilibrium pressure of helium is measured under static and dynamic conditions for some new adsorbents with different amounts of Pd addition. It is confirmed that the helium pressure over the adsorbent in the region, where it is independent of the amount of the adsorbed gas, is a universal function of the helium filling rate. It is shown that addition of a few extra percent of Pd practically does not effect the adsorbing properties of the adsorbents studied.