

УДК 541.18

Карнаухова Софья Ивановна,
студентка группы РП-17 кафедры «Экология и безопасность деятельности человека»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»

Филиппова Тамара Матвеевна,
к.х.н., доцент кафедры «Экология и безопасность деятельности человека»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»

ОЧИСТКА ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ МЕТОДАМИ АДСОРБЦИИ И АБСОРБЦИИ

Karnaukhova S.I, Filippova T.M.

PURIFICATION OF GASES AND LIQUIDS BY THE METHODS OF ADSORPTION AND ABSORPTION

Аннотация: В статье рассматривается сущность частных случаев сорбции, их распространение в природе, технике и химической технологии, роль поверхностных явлений в процессах синтеза и формирования физико-химических и других свойств систем.

Ключевые слова: адсорбция, абсорбция, гидрофильные и гидрофобные адсорбенты, физическая и хими-ческая сорбция и десорбция.

Abstract: The paper deals with the essence of private cases of sorption, their distribution in nature, technique and chemical technology, the role of surface phenomena in the processes of synthesis and the formation of physical-chemical and other properties of systems.

Keywords: adsorption, absorption, hydrophilic and hydrophobic adsorbents, physical and chemical sorption and desorption.

Адсорбция – всеобщее и повсеместное явление, имеющее место всегда и везде, где есть поверхность раздела между фазами. Наибольшее практическое значение имеет адсорбция поверхностно-активных веществ и адсорбция примесей из газа либо жидкости специальными высокоэффективными адсорбентами [1]. В качестве адсорбентов могут выступать разнообразные материалы с высокой удельной поверхностью: пористый углерод (наиболее распространённая форма – активированный уголь), силикагели, цеолиты, а также некоторые другие группы природных минералов и синтетических веществ [12]. Поглощаемое вещество, ещё находящееся в объёме фазы, называют адсорбтив, поглощённое – адсорбат. В более узком смысле под адсорбцией часто понимают поглощение примеси из газа или жидкости твёрдым веществом (в случае газа и жидкости) или жидкостью (в случае газа) – адсорбентом. При этом, как и в общем случае адсорбции, происходит концентрирование примеси на границе раздела адсорбент-жидкость либо адсорбент-газ.

Процесс, обратный адсорбции, то есть перенос вещества с поверхности раздела фаз в объём фазы, называется десорбцией. Если скорости адсорбции и десорбции равны, то говорят об установлении адсорбционного равновесия. В состоянии равновесия количе-

ство адсорбированных молекул остается постоянным, если неизменны внешние условия (давление, температура и состав системы) [3].

На поверхности раздела двух фаз помимо адсорбции, обусловленной в основном физическими взаимодействиями (главным образом это Ван-дер-Ваальсовы силы), может идти химическая реакция. Этот процесс называется хемосорбцией [13]. Чёткое разделение на адсорбцию и хемосорбцию не всегда возможно. Одним из основных параметров, по которым различаются эти явления, является тепловой эффект. Так, тепловой эффект физической адсорбции обычно близок к теплоте сжижения адсорбата, тепловой эффект хемосорбции значительно выше.

Кроме того, в отличие от адсорбции, хемосорбция обычно является необратимой и локализованной, то есть происходит на определённых местах – активных центрах. Примером промежуточных вариантов, сочетающих черты и адсорбции, и хемосорбции, является взаимодействие кислорода на металлах и водорода на никеле: при низких температурах они адсорбируются по законам физической адсорбции, но при повышении температуры начинает протекать хемосорбция. Поглощение по всему объёму может проходить и под воздействием физических сил. Этот случай называется абсорбцией [12].

Явления адсорбции широко распространены не только в промышленности, но и в природе (пример – набухание семян), а также в быту. При этом они могут приносить как пользу, так и вред (например, физическая адсорбция атмосферной влаги приводит к набуханию и последующему расслоению деревянных изделий, химическая адсорбция кислорода резиной – к потере ею эластичности и растрескиванию) [7].

При адсорбции происходит постепенное заполнение молекулами адсорбируемого вещества поверхности адсорбента: сначала заполняются наиболее активные участки, а затем и вся поверхность. После ее заполнения молекулы могут образовывать второй, третий и т. д. слои. Поэтому различают мономолекулярную и полимолекулярную адсорбции. При условии мономолекулярности адсорбционного слоя, очевидно, ограничена и его толщина. В этом случае величина адсорбции не может превышать предельного значения: $\Gamma = \Gamma_{\max}$.

Явление адсорбции широко используется в современной технике и технологии. Список примеров, который далек от полного описания областей практического применения адсорбции, приводится ниже [9,10].

1. В гетерогенном катализе решающую роль обычно играет процесс адсорбции твердым катализатором реагирующих веществ (как в газовой среде, так и в растворах).

2. Твердые адсорбенты применяются в различных процессах очистки газов или жидких растворов от нежелательных примесей или загрязнений. Необходимо особо отметить применение активированного угля в противогазах, предложенное академиком Н. Д. Зелинским во время первой мировой войны.

Адсорбенты являются основной составляющей фильтров для очистки питьевой воды от токсичных примесей. Явление адсорбции широко используется в технологии извлечения и иммобилизации радионуклидов и других экологически опасных техногенных отходов.

Адсорбция лежит в основе процессов очистки и осушки газов в производственных условиях, а также осветления и обесцвечивания растворов в производствах сахара, глюкозы, нефтепродуктов, фармацевтических препаратов и др.

3. Адсорбция является одним из приемов извлечения ценных продуктов, находя-

щихся в виде примесей в газе или в растворах. Например, адсорбционными методами выделяются те или иные редкие металлы при переработке полиметаллических руд.

4. Адсорбция – важнейшая стадия процесса крашения. Например, при крашении шерсти вначале имеет место адсорбция красителя, за которой следует уже химическая реакция в адсорбционном слое.

5. Свойства многих порошкообразных материалов, в частности строительных материалов, могут существенно изменяться при адсорбции на их поверхности тех или иных веществ. На этом основана, например, гидрофобизация цемента.

6. Сорбция и десорбция газов играют большую роль в электровакуумной технике. Азот, кислород, водород и другие газы сорбируются стеклом и металлическими частями вакуумных приборов. Для создания глубокого вакуума из прибора газ надо удалять длительной откачкой. Очевидно, чем круче поднимается изотерма адсорбции газа при малых давлениях (концентрациях), тем труднее произвести полную десорбцию его с твердых деталей прибора и тем длительнее должна быть откачка. Откачку проводят с одновременным нагреванием прибора, что облегчает десорбцию газов. Остатки газов в электронных лампах могут сильно влиять на электронную эмиссию с поверхности катода и на другие параметры прибора. У оксидных катодов, например, намного увеличивается работа выхода электронов и понижается электронная эмиссия при «отравлении» их кислородом, диоксидом углерода и др. газами.

7. Адсорбционные процессы лежат в основе различных видов хроматографии.

Термин «хроматография» происходит от греческих слов «хрома» – цвет и «графо» – пишу, что можно перевести как «цветопись». Этот метод впервые применил русский ботаник М. С. Цвет для разделения окрашивающих пигментов растений (1903 г.), что и привело к появлению названия «хроматография». Хроматография в настоящее время широко применяется для глубокого разделения и очистки веществ, причем разрешающая способность хроматографического метода разделения сделала возможным появление новой марки чистоты – «хроматографически чистый». Существуют хроматографические методы, основанные на явлении адсорбции – концентрировании вещества из

объема фаз на поверхности раздела между ними. Через неподвижный адсорбент как бы фильтруется поток жидкого раствора (или газовая смесь).

Большую, если не решающую, роль поверхностные явления играют в процессах синтеза и формирования физико-химических и других свойств нанокристаллических систем [10]. Нанокристаллическими принято называть системы, состоящие из зерен, размер которых не превышает 40 нм. Системы, образованные зернами кристаллов с размером в диапазоне от 40 до 100-150 нм, обычно называют субмикрорекристаллическими. В последнее десятилетие интерес к нанокристаллам и материалам на их основе – наноматериалам – существенно возрос. Это объясняется тем, что было обнаружено явление резкого изменения свойств веществ при уменьшении размеров частиц ниже некоторого порогового значения.

Научный интерес к нанокристаллическому состоянию порошкообразных и компактных, в частности поликристаллических,

материалов связан с ожиданием появления различных размерных эффектов у их свойств в случаях, когда размеры частиц и кристаллитов соизмеримы с характерным масштабом того или иного физического явления или характерной длиной соответствующего физического параметра. В качестве таких размерных параметров выступают, например, длина свободного пробега электронов, длина когерентности в сверхпроводниках, длина волны упругих колебаний, размер экситона в полупроводниках, размер магнитного домена в ферромагнетиках и т. п.

Прикладной интерес к наноматериалам обусловлен возможностью модификации и даже принципиального изменения свойств материалов при переходе к нанокристаллическому состоянию.

В технологическом аспекте появление новых «структурных элементов» материала – частиц нанометровых размеров привело к созданию технологий принципиально нового типа – «нанотехнологий».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. - М.: Химия, 1989. - 464 с.
2. Тарковская И.А., Томашевская А.Н. Адсорбция и адсорбенты. М.: Наука, 1984. Вып. 12. С. 7-12 с.
3. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. - М.: Мир, 1984. - 310 с.
4. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. - М.: Мир, 1979. - 568 с.
5. Оура К., Лифшиц В. Г., Саранин А. А. и др. Введение в физику поверхности / Под ред. В. И. Сергиенко. - М.: Наука, 2006. - 490 с.
6. Мацкевич Е.Г., Стражеско Д.Н., Гоба В.Е. Адсорбция адсорбенты. М.: Наука, 1974. Вып. 2. С. 36-39. 5.
7. Химическая энциклопедия. Т. 1. - М.: Советская энциклопедия, 1990. - 623 с.
8. Полторак О.М. Термодинамика в физической химии. - М.: Высшая школа, 1991.- 319 с.
9. Берёзкин В.И. Введение в физическую адсорбцию и технологию углеродных адсорбентов. - СПб: Виктория плюс, 2013. - 409 с. - ISBN 978-5-91673-128-6.
10. Гусев А. И. Нанокристаллические материалы: Методы получения и свойства. Екатеринбург: УрО РАН, 1998.
11. Альмяшева О.В., Гусаров В.В., Лебедев О.А. Поверхностные явления: Учеб. пособие. СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2004. 28 с.
12. [Электронный ресурс]- <https://www.c-o-k.ru/articles/o-processe-adsorbicii-na-tverdyh-adsorbentah-1> (дата обращения 20.11.2020 г.).
13. Практикум по физической химии. Термодинамика. Под ред. Агеева Е.П., Лунина В.В. М.: «Академия», 2010.