

# Процесс сорбции веществ и его место в деятельности человека

физика

**Присевко Д.Ю.**

*9 класс, ГОУ "Забайкальский краевой лицей-интернат", Чита*

*Научный руководитель: Осипов А.А., учитель физики, ГОУ  
"Забайкальский краевой лицей-интернат", Чита*

## Аннотация

*В статье исследуются физические процессы сорбции веществ. Обобщается информация об их открытии. Приводятся классификации сорбентов по принципу действия, форме, происхождению и способности поглощать воду и масло. Описываются области применения веществ, способных к сорбции, в промышленности и быту.*

**Ключевые слова:** сорбция, абсорбент, адсорбент, ионит, сорбат, К.В.Шееле, Ф.Фонтана.

Сорбенты – это вещества с пористой структурой на углеродной основе, которые дали огромный прорыв в различных сферах деятельности человека. Уже в XVIII веке люди стали интересоваться необычной способностью древесного угля поглощать всевозможные жидкости или газы, а в XX научились применять углеродные сорбенты преимущественно в пищевой и винодельческой промышленности. На полках аптек мира начали появляться сорбционные препараты, удаляющие из организма токсичные и отравляющие вещества. В ходе Первой мировой войны необходимость обезвреживания химического оружия заставляла задуматься о очистке газов. Противогаз, изобретённый советским химиком Николаем Дмитриевичем Зелинским на

основе активного угля в качестве сорбента, до сих пор является наилучшим средством защиты от летучих ядовитых веществ.

Пористые углеродные материалы (сорбенты) человечество использует на протяжении многих столетий. Ещё в XVIII веке была открыта способность древесного угля очищать различные жидкости и поглощать некоторые газы. До начала XX века углеродные сорбенты (главным образом древесный и костный активные угли) применяли преимущественно в пищевой промышленности и виноделии для очистки жидкостей. Необходимость обезвреживания боевых отравляющих веществ, возникшая в ходе Первой мировой войны, стимулировала развитие работ по очистке газов. Разработанный российским ученым Н.Д.Зелинским противогаз с активным углем в качестве сорбента до сих пор является наилучшим способом защиты от летучих ядовитых веществ.

## История

Поглощение одних веществ другими было выявлено человеком с давних пор. Со времён Гиппократы врачи Древней Греции лечили больных приёмом внутрь древесного угля, а египтяне наружным применением исцеляли раненых воинов от ран и ожогов. В древней Руси знахари давали толчёный уголь детям и взрослым при отравлениях. Впервые с научной точки зрения к процессам сорбции подошли шведский учёный Шееле и французский учёный Фонтана. Они дали описание своих опытов по поглощению газов углём в 1773 году, затем уже русский химик Ловиц в 1791 году изучал явления адсорбции на твердых веществах.

Основные исследования были проведены в XIX веке. Швейцарский учёный Никола Теодор де Соссюр в 1814 году установил, что сорбентами являются не только уголь и другие углеродные соединения, но и большинство пористых веществ: пробка, пемза и т. д. Наблюдая процессы сорбции, он заметил выделения тепла и сделал вывод: сорбция газа тем больше, чем выше

температура вещества. Согласно теории Сосюра, “молекулы газа, близко подходя к поверхности поглотителя, испытывают с его стороны сильное притяжение и образуют на нем сгущенный слой”.

В 1861-1874 г.г. была обнаружена медленная диффундируемость гидратов окисей цинка, железа, алюминия, белков и крахмала и др. Также Н. А. Шилов и Н. Д. Зелинский своими работами с поглощением газов твёрдыми веществами открыли миру обширные знания в области адсорбции. Позднее, в 1915 году, одним из них будет создан противогаз, защищающий дыхательные пути за счёт адсорбции газов активированным углем. Учёными Л. Г. Гурвичем и П. А. Ребиндером будет качественно рассмотрено влияние адсорбции на природу межфазных поверхностей раздела и выявлено уравнивание полярностей у этих фаз, которое позже станет одним из основных правил в химии. [1, с. 71]

#### Основные понятия

Сорбция (от лат. *sorbeo* — поглощаю) — это процесс поглощения жидкостью или твердым телом различных соединений из окружающей их среды. По принципу действия ее делят на два типа: адсорбция и абсорбция. Адсорбция заключается в удерживании поглощаемого вещества на поверхности, а абсорбция — в объеме твердого тела или жидкости. [2]

К примеру, если каплю масла поместить в воду, то молекулы воды будут адсорбироваться на поверхности капли, не проникая в глубокие слои, либо в объем любого газа поместить такое вещество как силикагель, то он будет поглощать его всем своим объёмом.

Свойства сорбентов поглощать вещества из других веществ, их растворов, в том числе, находящихся во взаимодействии, сделала их очень востребованными в различных сферах деятельности человека, таких как медицина, строительство, металлургия, химическая и нефтегазовая промышленность.

Широкое применение сорбенты получили в очистке жидкостей и газов от нежелательных примесей.

В настоящее время абсорбенты и адсорбенты имеют большое количество различных классификаций по многообразным признакам.

### Классификация сорбентов

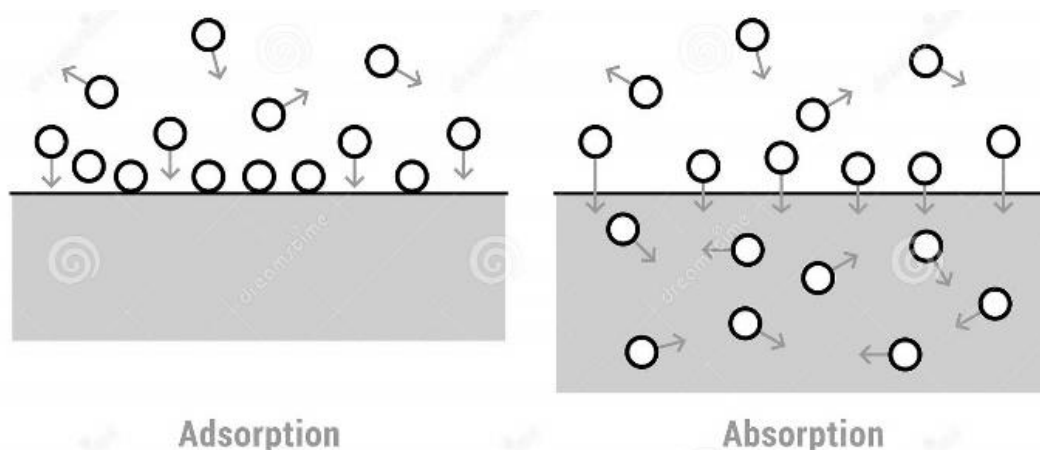
В современной науке существуют различные классификации сорбентов по различным признакам. Рассмотрим основные из них.

#### по принципу действия:

По принципу действия выделяют адсорбенты, абсорбенты и иониты.

Адсорбенты имеют большую площадь поверхности, которая поглощает другие вещества. Самый известный адсорбент – активированный уголь.

Рис. 1. Адсорбция и абсорбция, [https://ru.dreamstime.com/абсорбция-и-](https://ru.dreamstime.com/абсорбция-и-адсорбция-доступный-в-высоко-разрешении-нескольких-image143925950)



[адсорбция-доступный-в-высоко-разрешении-нескольких-image143925950](https://ru.dreamstime.com/абсорбция-и-адсорбция-доступный-в-высоко-разрешении-нескольких-image143925950)

Площадь поверхности одного грамма этого вещества достигает 1500 м<sup>2</sup>.

Кроме активированного угля, к адсорбентам относятся оксид алюминия, оксид кремния, цеолиты. Последние стоят особняком, так как обладают свойствами адсорбентов и ионитов одновременно.

Абсорбенты поглощают другие вещества и образуют растворы. Активное вещество растворяется в абсорбенте и остается связанным. Также в процессе абсорбции может происходить химическая реакция, в результате которой трансформируется поглощенное вещество.

К абсорбентам относятся порошкообразная слюда, природный сфагнум и торф, фуллерова земля, песок, глина, вода, масла.

Иониты или ионообменные смолы – синтетические вещества, которые не поглощают другие вещества, но обмениваются с ними ионами. Самая известная сфера применения ионитов — бытовые фильтры воды. В них ионообменные смолы удаляют из водопроводной воды соли тяжелых металлов.

Иониты объединяются в две группы: катиониты и аниониты. Первые обмениваются с активным веществом катионами или положительно заряженными частицами. Именно катиониты удаляют из воды тяжелые металлы. Аниониты обмениваются с веществом отрицательно заряженными частицами. Они способны связывать в воде и в воздухе оксиды серы, оксид фосфора и другие вредные вещества.

В качестве ионитов широко используют природные минералы – цеолиты. Как отмечалось выше, они обладают одновременно большой площадью поверхности и способностью обмениваться ионами с другими веществами. Цеолиты применяются для очистки питьевой воды, воды в аквариумах.

по форме:

Сорбенты бывают твердыми и жидкими. К твердым относятся упомянутые выше активированный уголь и фуллерова земля. Жидкие – вода, масла, ди- и триэтиленгликоль.

В свою очередь твердые сорбенты бывают гранулированными и волокнистыми.

Гранулированные сорбенты представляют собой порошок или гранулы природного или искусственного происхождения. Например, диоксид кремния относится к этой группе сорбентов. Волокнистые сорбенты представляют собой похожую на вату массу из синтетического полимерного волокна. Например, волокнистые сорбенты делают из полипропилена.

Волокнистые сорбенты имеют большую площадь поверхности по сравнению с гранулированными. Также их можно использовать повторно. Поэтому волокнистые сорбенты чаще используют для промышленной очистки сточных вод, печных газов, сбора нефтепродуктов и других загрязняющих веществ.

Волокнистые сорбенты поддаются очистке и повторному использованию. Например, губки и коврики для сбора масел и нефтепродуктов можно очистить механическим отжиманием.

по происхождению:

Сорбенты бывают природными и синтетическими. К природным сорбентам относится активированный уголь, который получают из древесного угля, ореховой скорлупы и других материалов естественного происхождения.

К синтетическим сорбентам относится диоксид кремния. Его получают при сжигании кремния при температуре выше 400 °С.

по способности впитывать воду и масло:

Сорбенты бывают гидрофильными и гидрофобными.

Гидрофильные сорбенты связывают воду и растворенные в ней вещества. Их применяют для осушения воздуха, удаления нежелательных веществ из раствора. Пример гидрофильного сорбента – силикагель. Пакетики с этим сорбентом кладут в упаковку товаров для осушения воздуха.

Гидрофобные или олеофильные сорбенты впитывают масла и нефтепродукты, но отталкивают воду. Эти вещества применяют для очистки воды при утечке нефти, мазута и других нефтяных продуктов, в качестве жирособирающих в бытовых и промышленных фильтрах воздуха.

К гидрофобным сорбентам относятся многие синтетические полимеры. Среди естественных сорбентов гидрофобными или олеофильными свойствами обладает торф. [3]

### Применение сорбентов

Сорбенты широко используют в промышленности, в быту, в медицине.

В промышленности сорбенты используют для очистки сточных вод и газов, ликвидации утечек опасных веществ, индивидуальной защиты работников, очистки сырья.

Примеры промышленного применения сорбентов:

Ликвидация разливов нефтепродуктов на АЗС или нефтеперерабатывающих заводах.

Загрязнения окружающей среды при разливах нефти и нефтепродуктов зачастую наносят непоправимый ущерб экологии. Ежегодно в экосистемы попадают миллионы тонн углеводородов в результате повреждения нефтепроводов, аварий в ходе морской навигации, иных происшествий техногенного характера. Провести мероприятия по сбору разлитых углеводородов — всегда очень сложная задача, связанная с возникновением большого количества дополнительных условий. В частности, разлив на различные поверхности, такие как вода, лед, грунт требует разных подходов к выбору методов и применению технологий. Помимо этого, выбор технологических решений зависит от того, какими именно веществами произошло загрязнение окружающей среды — нефть, бензин, керосин, дизельное топливо, мазут или какой-либо другой промышленный продукт.

Один из наиболее эффективных способов очистки природной среды от последствий разлива — это применение сорбентов. Сегодня в мире для борьбы с нефтяными разливами применяют порядка двухсот видов сорбентов: неорганических, органических, органоминеральных, синтетических и даже сверхсовременных биомиметических. [4]

- Опреснение морской воды с помощью ионообменных смол.

Вода — источник зарождения жизни на планете, основное вещество тканей всех живых организмов. Без нее существование биосферы Земли невозможно. В то же время, для использования человеком годится далеко не всякая вода. К примеру, морская вода, имеющая большое количество примесей, растворенных в ней веществ, будет соленой, а следовательно,

возможность ее использования человеком будет ограничена. В связи с чем, человечество изобрело несколько способов опреснить морскую воду.

Химический метод ионного обмена – это относительно новый способ, который позволяет открыть новые перспективы в области опреснения воды. Заключается он в прогоне воды через фильтры, содержащие в себе иониты. Иониты – это особые вещества, имеющие зернистую структуру и представляют собой органические кислоты и основания. Нерастворимы в воде и имеют свойство обменивать свои ионы на ионы, входящие в состав исходной воды. Между собой разделяются по типу обмениваемого иона на те, которые обменивают катионы, сюда относятся  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{+}$  и прочие, и те, что обменивают анионы, это вещества  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{SO}^{-24}$  и прочие. Опресняемая вода при этом может содержать соли до трех грамм на литр. [5]

- Выпуск средств индивидуальной защиты: респираторов и противогазов.

Первые в Российской империи шланговые противогазы применялись при золочении куполов Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге в 1838—1841 годах. Представляли собой стеклянные колпаки со шлангом, через который подавался воздух, однако не спасли от отравления, погибли 60 мастеров. По-видимому, не было защиты кожи, через которую могут впитываться пары ртути высокой концентрации. Первый в мире фильтрующий угольный противогаз, изобретенный в Российской империи русским учёным Николаем Дмитриевичем Зелинским в 1915 году, был принят на вооружение армией Антанты в 1916 году. [6]

Основным сорбирующим материалом в нём был активированный уголь. 22 апреля 1915 года в районе Ипра на стыке французского и британского фронтов немцы осуществили первую газобаллонную химическую атаку. В результате из 12 тысяч солдат в живых осталось только 2 тысячи. 31 мая подобную атаку повторили на русско-германском фронте под Варшавой. Потери среди солдат были огромны. Зелинский поставил задачу отыскать надежное средство защиты от отравляющих газов. Понимая, что для



универсального противогаса нужен универсальный поглотитель, для которого был бы совершенно безразличен характер газа, Зелинский пришел к идее использовать обыкновенный древесный уголь. Он вместе с В.С.Садиковым разработал способ активирования угля путем прокаливании, что значительно увеличило его поглотительную способность. В июне 1915 года на заседании противогасовой комиссии при Русском техническом обществе Зелинский впервые доложил о найденном им средстве. В конце 1915 года инженер Э.Л.Куммант предложил использовать в конструкции противогаса резиновый шлем. Из-за преступной задержки с внедрением противогаса по вине командования армии только в феврале 1916 года после испытаний в полевых условиях он, наконец, был принят на вооружение. К середине 1916 года было налажено массовое производство противогасов Зелинского-Кумманта. Всего за годы Первой мировой войны в действующую армию было направлено более 11 миллионов противогасов, что спасло жизнь миллионам русских солдат. [7]

Примеры применения сорбентов в бытовой сфере:

- Доочистка водопроводной воды.
- Очистка воздуха от жира в бытовых кухонных системах вентиляции.
- Осушение воздуха в платяных шкафах или в кладовках.

Примеры применения сорбентов в медицине:

В медицине сорбенты применяются в качестве лекарственных средств для внутреннего и наружного применения. Применение активных углей в медицине для лечения заболеваний пищеварительного канала и удаления ядов из организма известно со времен Гиппократов.

Медицинские сорбенты представляют собой особые вещества, которые выводят из организма токсические вещества, в том числе опасные продукты обмена. Благодаря крупным молекулам с особой структурой они могут впитывать ненужные компоненты и механически выводить их вместе с калом, при этом удаляемое вещество называют «сорбатом».

Благодаря этому медицинские сорбенты нормализуют процессы пищеварения, перераспределяют ферменты в организме, предупреждают развитие симптомов отравления и аллергических реакций.

В настоящее время выпускается большое количество лекарств, относящихся к группе сорбентов. Среди наиболее эффективных препаратов можно выделить такие, как Активированный уголь, «Смекта», «Полисорб», «Полифепан», «Энтеросгель», «Фильтрум». Помимо этого, наружно применяют препараты на основе диоксида кремния для лечения гнойных ран.

Значение сорбентов в современном мире трудно переоценить. Вещества, способные к сорбции плотно внедрены в различные отрасли деятельности человека. Тяжело представить современный мир без фильтра для воды, активированного угля и его аналогов, кондиционера и других “благ” человечества. Огромную роль сорбенты играют в нефтегазодобывающей промышленности и экологии, где изучение процессов сорбции веществ только набирает обороты, ежегодно регистрируются десятки патентов на изобретения новых путей отделения одних добываемых полезных ископаемых от других и усовершенствования старых методов. Данные факты свидетельствуют о том, что изучение процессов сорбции находится на пике своего развития и непременно приведёт к новым открытиям.

#### Литература:

1. Ковалева, Л. А. Физика нефтегазового пласта [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Л. А. Ковалева; БашГУ. — Уфа: РИО БашГУ, 2008.
2. Сорбция. — Текст : электронный // Википедия — свободная энциклопедия : [сайт]. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Сорбция>
3. Виды сорбентов и в каких случаях они используются. — Текст : электронный // TZ Group : [сайт]. — URL: <https://tze1.ru/articles/detail/vidy-sorbentov-i-v-kakikh-sluchayakh-oni-ispolzuyutsya/>

4. Собрать и обезвредить: как инновационные сорбенты могут помочь при катастрофах. — Текст : электронный // Экология России : [сайт]. — URL: <https://ecologyofrussia.ru/sobrat-i-obezvredit-kak-innovatsionnye-sorbenty-mogut-pomoch-pri-katastrofakh-podobnykh-norilskoy/>
5. Волжин, С. Опреснение морской воды в промышленных, домашних и походных условиях / С. Волжин. — Текст : непосредственный // 29 фактов. — 2018.
6. Грищенко, Н. Как пользоваться противогазом, и как он менялся за век существования / Н. Грищенко. — Текст : электронный // Российская Газета : [сайт]. — URL: <https://rg.ru/2017/09/13/kak-polzovatsia-protivogazom-i-kak-on-menialsia-za-vek-sushchestvovaniia.html>
7. Владимир, Головки Противогаз Зелинского / Головки Владимир. — Текст : электронный // Наука и Техника : [сайт]. — URL: <https://naukatehnika.com/protivogaz-professora-zelinskogo.html>