IJESD • International Scientific Journal
ISSN: 2955-0386
IF: 12.31

ВЛИЯНИЕ pH СРЕДЫ НА АДСОРБЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ ПРИРОДНЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ СОРБЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО ИНДИКАТОРА

Курбанова М. А.
Доцент кафедры медицинской и биологической химии
№1, Ташкентский Государственный Медицинский Университет
Эшимбетова Ю.Д.
Студент химической специальности факультета профилактики,
Ташкентский Государственный Медицинский Университет

Аннотация. В статье рассматривается влияние кислотности водной среды на адсорбционную способность различных сорбционных материалов. В качестве объектов исследования предлагаются активированный уголь, бентонит и силикагель, различающиеся химическим составом, структурой и свойствами поверхности. Для оценки адсорбционной активности используется метиленовый синий в качестве модельного органического адсорбата. Определение остаточной концентрации красителя предполагается проводить спектрофотометрическим методом. Особое внимание уделяется зависимости адсорбционной ёмкости сорбентов от значения pH среды. Полученные экспериментальные данные могут быть использованы для сравнительной физико-химической характеристики сорбционных материалов и предварительной оценки их перспективности для дальнейших исследований в области медицинской и фармацевтической химии.

Ключевые слова: Адсорбция, сорбент, адсорбционная ёмкость, метиленовый синий, активированный уголь, бентонит, силикагель, pH среды, спектрофотометрия, энтеросорбция, коллоидная химия.

Введение

Адсорбция является одним из важнейших поверхностных физико-химических процессов, широко применяемых в различных областях науки и техники. Данный процесс заключается в накоплении молекул, атомов или ионов одного вещества на поверхности другого вещества. Материал, на поверхности которого происходит накопление частиц, называется адсорбентом, а адсорбирующееся вещество — адсорбатом. Адсорбционные процессы имеют большое значение в химической технологии, фармацевтике, медицине, пищевой промышленности и экологической химии. Особый интерес представляет использование сорбционных материалов для связывания различных органических и неорганических соединений [1].

В медицинской практике определённые сорбционные материалы применяются в составе энтеросорбентов. Их действие связано со способностью связывать некоторые вещества в просвете желудочно-кишечного тракта. К известным сорбционным материалам относятся активированный уголь, кремнийсодержащие материалы и некоторые природные глинистые минералы.

Адсорбционная способность материалов определяется рядом факторов: удельной поверхностью, пористостью, химическим составом, природой функциональных групп, концентрацией адсорбата, температурой и кислотностью среды.

IJESD • International Scientific Journal
ISSN: 2955-0386
IF: 12.31

Для изучения адсорбционных процессов широко используются модельные вещества, позволяющие количественно оценивать изменение концентрации раствора. Одним из таких веществ является метиленовый синий — органический краситель, обладающий интенсивной окраской и характерным спектром поглощения в видимой области [2-3].

Цель исследования — изучить влияние pH водной среды на адсорбционную способность активированного угля, бентонита и силикагеля на примере модельного органического вещества — метиленового синего.

Задачи исследования:

1. Изучить физико-химические основы адсорбции и свойства исследуемых сорбентов.
2. Подготовить модельные растворы метиленового синего с заданной концентрацией.
3. Исследовать адсорбцию при различных значениях pH.
4. Определить остаточную концентрацию метиленового синего спектрофотометрическим методом.
5. Рассчитать адсорбционную ёмкость и степень удаления модельного вещества.
6. Провести сравнительный анализ адсорбционной способности исследуемых материалов.

Объект исследования — активированный уголь, бентонит и силикагель.

Предмет исследования — изменение адсорбционной способности выбранных сорбентов в зависимости от pH водной среды.

Научная гипотеза: изменение pH среды может приводить к изменению адсорбционной способности исследуемых материалов вследствие изменения поверхностного заряда и характера взаимодействия между сорбентом и молекулами метиленового синего.

Экспериментальная часть

Материалы и оборудование

В эксперименте предполагается использовать следующие материалы:

- активированный уголь;
- бентонит;
- силикагель;
- метиленовый синий;
- дистиллированную воду;
- растворы соляной кислоты и гидроксида натрия для регулирования pH.

Необходимое лабораторное оборудование:

- спектрофотометр;
- pH-метр;
- аналитические весы;
- мерные колбы и цилиндры;
- лабораторные стаканы;

- пипетки;
- фильтры или центрифуга;
- магнитная мешалка либо лабораторный встряхиватель.

Приготовление модельного раствора

Для исследования адсорбционной способности сорбентов используется водный раствор метиленового синего. В качестве исходного раствора предлагается приготовить раствор красителя с концентрацией 100 мг/л. Путём разбавления готовится рабочий раствор с концентрацией 10 мг/л.

Раствор тщательно перемешивается до получения однородной окраски.

Для определения концентрации метиленового синего спектрофотометрическим методом предварительно строится калибровочный график. Для этого готовятся стандартные растворы известной концентрации, измеряется их оптическая плотность и устанавливается зависимость между оптической плотностью и концентрацией. Измерения рекомендуется проводить при длине волны около 664 нм, предварительно проверив максимум поглощения используемого раствора на конкретном спектрофотометре.

Подготовка сорбентов

Перед проведением эксперимента исследуемые материалы необходимо подготовить. Активированный уголь, бентонит и силикагель высушивают при подходящих для конкретного материала условиях, охлаждают и хранят в закрытой посуде. Для сопоставимости результатов желательно использовать одинаковый диапазон размера частиц либо учитывать различия в дисперсности. Для каждого опыта берут одинаковую массу сорбента — например, 0,1 г.

Исследование влияния pH на адсорбцию

Для изучения влияния кислотности среды предлагается использовать четыре значения pH: 3, 5, 7 и 9. Для каждого значения pH проводят отдельные опыты с тремя сорбентами.

Последовательность эксперимента:

1. В лабораторный стакан помещают 50 мл рабочего раствора метиленового синего концентрацией 10 мг/л.
2. С помощью разбавленных растворов HCl или NaOH устанавливают необходимое значение pH.
3. Добавляют 0,1 г исследуемого сорбента.
4. Смесь перемешивают при постоянной температуре и одинаковой интенсивности.
5. После предварительно установленного времени контакта отделяют сорбент фильтрованием или центрифугированием.
6. Измеряют оптическую плотность полученного раствора.
7. По калибровочному графику определяют остаточную концентрацию метиленового синего.

Для получения достоверных данных каждый вариант опыта следует проводить минимум в трёх параллельных повторностях.

IJESD • International Scientific Journal
ISSN: 2955-0386
IF: 12.31

Время контакта необходимо предварительно подобрать: желательно установить, за какой период концентрация раствора перестаёт заметно изменяться. Если равновесие за выбранное время не достигается, полученные значения следует называть адсорбционной ёмкостью при заданном времени контакта, а не равновесной ёмкостью [4-6].

Условия проведения эксперимента

Параметр	Установленное значение
Начальная концентрация метиленового синего	10 мг/л
Объём раствора	50 мл
Масса сорбента	0,1 г
Значения pH	3; 5; 7; 9
Температура	25 ± 2 °C
Длина волны	около 664 нм
Количество повторностей	3

Следует учитывать, что приведённые параметры являются предлагаемыми условиями лабораторной модели. Их необходимо проверить предварительными опытами.

Контрольные образцы: для каждого значения pH следует приготовить раствор метиленового синего без сорбента. Это позволит определить, не изменяется ли концентрация или оптическая плотность красителя самостоятельно под влиянием кислотности, времени и других условий.

Также необходимо измерять pH до и после контакта раствора с сорбентом. Для регулирования кислотности лучше использовать разбавленные растворы кислоты и щёлочи, избегая буферов, которые могут взаимодействовать с поверхностью сорбента или изменять ионный состав раствора [7-9].

Расчёт адсорбционной ёмкости

Для количественной оценки процесса используются следующие уравнения.

Степень удаления метиленового синего:

$$R = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

где:

- R - степень удаления вещества, %;
- C - начальная концентрация, мг/л;
- C - остаточная концентрация, мг/л.

Адсорбционная ёмкость:

IJESD • International Scientific Journal
ISSN: 2955-0386
IF: 12.31

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{m}$$

где:

- q_e - адсорбционная ёмкость, мг/г;
- C_0 - начальная концентрация, мг/л;
- C_e - остаточная концентрация, мг/л;
- V - объём раствора, л;
- m - масса сорбента, г.

Например, если начальная концентрация равна 10 мг/л, остаточная концентрация - 4 мг/л, объём раствора - 0,05 л, а масса сорбента - 0,1 г, то:

$$R = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \cdot 100\% = \frac{10-4}{10} \cdot 100\% = 60\%.$$

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{m} = \frac{(10-4) \cdot 0{,}05}{0{,}1} = 3 \text{ мг/г}.$$

Это только пример расчёта, а не результат реального эксперимента.

Результаты исследования и их анализ

Обработка спектрофотометрических данных

После проведения эксперимента полученные значения оптической плотности переводятся в концентрации метиленового синего с помощью предварительно построенного калибровочного графика.

На основании начальной и остаточной концентрации рассчитываются степень удаления вещества и адсорбционная ёмкость каждого сорбента.

Результаты желательно представить в виде таблицы.

Таблица 1. Влияние pH среды на адсорбцию метиленового синего

Сорбент	pH	Начальная концентрация, мг/л	Остаточная концентрация, мг/л	Степень удаления, %	Адсорбционная ёмкость, мг/г
Активированный уголь	3	10	—	—	—
Активированный уголь	5	10	—	—	—
Активированный уголь	7	10	—	—	—
Активированный уголь	9	10	—	—	—
Бентонит	3	10	—	—	—
Бентонит	5	10	—	—	—

IJESD • International Scientific Journal
ISSN: 2955-0386
IF: 12.31

Бентонит	7	10	—	—	—
Бентонит	9	10	—	—	—
Силикагель	3	10	—	—	—
Силикагель	5	10	—	—	—
Силикагель	7	10	—	—	—
Силикагель	9	10	—	—	—

Примечание: таблица предназначена для внесения экспериментальных данных. Прочерки не являются нулевыми значениями.

Сравнительная оценка адсорбционной способности

При анализе результатов необходимо установить, какой из исследуемых сорбентов обеспечивает наибольшее снижение концентрации метиленового синего при одинаковых экспериментальных условиях.

Активированный уголь характеризуется развитой пористой структурой и наличием различных поверхностных функциональных групп. Его адсорбционная способность может зависеть от распределения пор по размерам, химического состояния поверхности и pH раствора.

Бентонит относится к слоистым глинистым минералам. Его сорбционные свойства связаны с особенностями кристаллической структуры, обменными катионами и поверхностным зарядом. При взаимодействии с катионными органическими красителями важную роль могут играть процессы ионного обмена и электростатического взаимодействия.

Силикагель обладает развитой поверхностью с силанольными группами. В зависимости от кислотности среды степень ионизации этих групп может изменяться, что способно влиять на взаимодействие поверхности с молекулами адсорбата.

Следовательно, различия в адсорбционной способности трёх материалов могут объясняться не только площадью поверхности, но и химической природой поверхностных центров.

Анализ влияния pH среды

Изменение pH является одним из важных факторов, влияющих на процесс адсорбции.

В кислой среде повышается концентрация ионов водорода, которые могут конкурировать с катионными молекулами метиленового синего за некоторые активные центры поверхности.

При увеличении pH изменяется степень ионизации функциональных групп сорбента. В результате может изменяться поверхностный заряд материала и сила электростатического взаимодействия с адсорбатом.

В заключение можно добавить, что исследование позволит установить зависимость адсорбционной способности активированного угля, бентонита и силикагеля от кислотности среды. Спектрофотометрический метод обеспечит количественную оценку процесса адсорбции. Полученные данные могут быть использованы для дальнейшего изучения сорбционных материалов, представляющих интерес для медицинской и фармацевтической химии.

Список использованной литературы

1. Atkins P., de Paula J., Keeler J. Atkins' Physical Chemistry. 11th ed. - Oxford: Oxford University Press, 2018.
2. Rouquerol F., Rouquerol J., Sing K. S. W., Llewellyn P., Maurin G. Adsorption by Powders and Porous Solids: Principles, Methodology and Applications. 2nd ed. - Academic Press, 2014.
3. Bilgiç C. Investigation of the factors affecting organic cation adsorption on some silicate minerals // Journal of Colloid and Interface Science. - 2005. - Vol. 281, No. 1. - P. 33–38. - DOI: 10.1016/j.jcis.2004.08.038.
4. Hameed B. H., Din A. T. M., Ahmad A. L. Adsorption of methylene blue onto bamboo-based activated carbon: kinetics and equilibrium studies. // Journal of Hazardous Materials. -2007. - Vol. 141. - P. 819-825.
5. Methylene blue adsorption from aqueous solution by activated carbon: effect of acidic and alkaline solution treatments. // PubMed. - 2010.
6. Daou I., Dehmani Y., Moussout H. et al. Adsorption of methyl orange and methylene blue from aqueous solutions on pure bentonite: statistical physical modeling provides an analytical interpretation. // Environmental Monitoring and Assessment. 2024.-Vol.196.-Article 1057.-DOI: 10.1007/s10661-024-13239-0.
7. Optimized Bentonite Clay Adsorbents for Methylene Blue Removal. // Processes. 2024. - Vol. 12, No. 4. - Article 738.
8. Isotherms, kinetics and thermodynamic mechanism of methylene blue dye adsorption on synthesized activated carbon. // Scientific Reports. -2024.
9. Rakhmanova A., Kurbanova M.A., Tukhtasinova M.I., Saidakhmatova S.A. Toxicity of household chemical products and their effect on the body. Web of Humanities: Journal Social Science and Humanitarian Research. Volume 2, Issue 11, November - 2024.142-147 P.