

ГАУ ДО «Детский технопарк «Кванториум»

Научно-исследовательская работа
Сорбент для очистки воды на основе магнетита

Выполнил: Макаров Егор Игоревич

Брянск 2023

Содержание

Введение.....	3
1. Теоретическая часть.....	4
1.1 Вода. Классификация воды в зависимости от области использования	4
1.2 Основные требования к качеству вод различного назначения	5
1.3 Химические и физические методы очистки воды.....	6
1.4 Применение наночастиц магнетита для подготовки воды к использованию.....	7
2. Практическая часть.....	9
2.1 Приготовление сорбента	10
Заключение.....	13
Список литературы.....	14

Введение

Актуальность работы.

Вода – одно самых распространённых веществ на Земле. Без неё невозможна наша жизнь. Человеческий организм на 60% состоит из воды, без неё не возможна протекание большинства био-химических реакций.

Из-за примесей, которые находятся в воде свободное её употребление не возможно, а чтобы её можно было употреблять необходимо пройти ряд очистки. Разные технологии позволяют очистить жидкость от всевозможных вредоносных веществ, начиная со удаления ржавчины и заканчивая уничтожением микробов. В сложившейся обстановке выполнение проекта в соответствии с выбранной тематикой является актуальным и необходимым в части изобретения нового, а главное дешёвого сорбента для фильтрации загрязнённой воды.

Цель работы - получение сорбента на основе магнетита, модифицированного активированным углем, и борно-силикатного стекла, для обеззараживания и очистки воды от загрязнений тяжелыми металлами.

Предмет исследования – обеззараживающий сорбент тяжелых металлов.

Объект исследования – магнетит, модифицированный активированным углем.

Задачи исследования:

1. Провести литературный анализ методов очистки и подготовки воды к использованию.
2. Изучить способы получения и возможности применения легкоплавких материалов в качестве основы для изготовления сорбционных материалов.
3. Получить эффективный сорбент на основе магнетита, модифицированного активированным углем, и борно-силикатного стекла.

Научную новизну работы составляют:

– углублённые теоретические подходы к получению и исследованию обеззараживающих сорбентов тяжелых металлов на основе магнетита модифицированного активированным углем.

Практическую значимость результатов исследований составляют:

– исследование и внедрение методологической основы эффективных способов получения сорбционных материалов, способствующих обеззараживанию и очищению загрязнённых источников воды от тяжелых металлов.

1. Теоритическая часть

1.1 Вода. Классификация воды в зависимости от области использования

Вода – уникальное вещество. Оно уникальный растворитель и универсальный реактив.

Вода является одним из важнейших веществ на нашей земле. С помощью воды идут большинство химических и биологических процессов. Она имеет широчайшее применение в деятельности человека.

Запасы воды на Земле исчисляются примерно в 1400 млн. км³, около 98 % из них являются солеными. Большая часть пресной воды находятся в ледниках на южном и северном полюсах нашей планеты, вершинах гор и в подземных слоях земли.

Жесткость природных вод обусловлена присутствием в них солей кальция и магния и выражается концентрацией ионов Ca²⁺ и Mg²⁺. Общая жесткость воды подразделяется на:

- Карбонатную (связана с наличием в воде карбонатов и бикарбонатов кальция и магния);
- некарбонатную (некарбонатная - остальных солей этих катионов (сульфатов, нитратов, хлоридов и др.) [1].

Природные воды принято делить на три вида, сильно различающиеся по наличию примесей. Атмосферные - воды дождевых и снеговых осадков - характеризуются сравнительно небольшим количеством примесей, главным образом, растворенными газами, и почти не содержат растворенных солей, в частности, кальция и магния.

Поверхностные воды - речные, озерные, морские, ледниковые. Они имеют много примесей, в том числе разные соли кальция, магния, натрия, калия, а также серноокислые и хлористые соли (от незначительный долей до перенасыщения).

Вода находится на Земле одновременно в трех агрегатных состояниях:

1. Жидкость.
2. Пар.
3. Твердое (лёд).

Это делает нашу планету уникальной.

Водяной пар помогает смягчить климат.

Лёд, замерзая на поверхности водоёма, не даёт промёрзнуть всей воде из-за чего жизнь водоема продолжает жить.

Область применения воды:

1. Вода является сырьём для производства (пиво, сок, водка).
2. Вода является источником водорода, который используется в атомной энергетике.
3. Вода – теплоноситель в различных системах.
4. Вода является хладагентом.
5. Вода является дешёвым растворителем [2].

1.2 Основные требования к качеству вод различного назначения

От качества воды зависят многие факторы. Воды должна проходить многие очистительные сооружения, от её пригодности зависит здоровье людей.

Гигиенические требования к питьевой воде:

1. Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органические свойства.
2. Качество питьевой воды должно соответствовать гигиеническим нормативам перед ее поступлением в массы для употребления, а также в точках внутренней водопроводной сети.
3. Безопасность питьевой воды зависит от количества разных микроорганизмов.
4. Не допускается присутствие в питьевой воде различных невооруженным глазом водных организмов.
5. Радиационная безопасность питьевой воды определяется ее соответствием нормативам по показателям общей [3].

Процесс удаления из воды грубодисперсных примесей.

Гидроциклоны (открытые и напорные) применяют для отделения из сточных вод оседающих и грубодисперсных примесей. Открытые гидроциклоны используют двух типов:

- гидроциклоны без внутренних устройств для выделения из сточных вод крупно и мелкодисперсных примесей гидравлической крупностью 5мм/с и более;
- гидроциклоны с диафрагмой и многоярусные для выделения из сточных вод примесей крупностью 0,2мм/с и более, а также нефтепродуктов.

Нейтрализация производственных сточных вод.

Нейтрализация применяется для обработки производственных сточных вод многих отраслей промышленности, содержащих щелочи и кислоты. Нейтрализация сточных вод

осуществляется с целью предупреждения коррозии материалов водоотводящих сетей и очистных сооружений, нарушения биохимических процессов в биологических окислителях и водоемах.

Известкование воды производится для снижения гидрокарбонатной щелочности воды. Одновременно с этим уменьшаются жесткость, солесодержание, концентрации грубодисперсных примесей, соединений железа и кремниевой кислоты. Реагентом для этого процесса является гашеная известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$, которая подается в воду в виде суспензии. Для повышения эффективности удаления кремниевой кислоты в воду добавляют каустический магнезит (70-80 % MgO). Эти процессы, как правило, совмещаются и проводятся одновременно в одном аппарате – осветлителе. Окончательная очистка от осадка осуществляется с помощью фильтрования.

В зависимости от соотношения размеров фильтруемых частиц и эффективного диаметра пор удержание частиц может происходить как в объеме фильтрующего слоя, так и на его поверхности (пленочное фильтрование). В качестве фильтрующих материалов в основном используют кварцевый песок (SiO_2), дробленый антрацит.

Умягчением воды называется ее очистка от соединений кальция и магния, обуславливающих жесткость воды. Одним из наиболее эффективных способов умягчения воды является известково-содовый в сочетании с фосфатным [4].

1.3 Химические и физические методы очистки воды

Как следует из названия, методы очистки воды данной группы совмещают в себе химическое и физическое воздействие на загрязнители воды. Они достаточно разнообразны и применяются для удаления самых разных веществ. Физико-химические методы могут применяться как на стадии предварительной очистки, так и на поздних этапах для глубокой очистки.

Примеры фильтрации:

- флотация;
- сорбция;
- экстракция;
- обратный осмос;
- термические методы.

Флотация - это процесс отделения гидрофобных частиц при пропускании через воду большого числа пузырьков газа (обычно воздуха). Если частица меньше пузырька воздуха, то оно поднимется на поверхность в качестве [5].

В качестве адсорбентов используют:

- активированные угли;
- силикагели;
- алюмогели;
- цеолиты.

Адсорбенты – высокодисперсные природные или искусственные материалы с большой удельной поверхностью, на которой происходит адсорбция веществ.

Наиболее популярные химические методы:

- хлорирование;
- озонирование;
- полимерные реагенты;
- иодирование;
- бромирование.

Хлорирование - очистка воды хлорированием является традиционным и одним из самых популярных способов очищения воды. Хлорсодержащие вещества активно используют для очистки питьевой воды, воды в бассейнах, дезинфекции помещений.

Озонирование - способ очистки воды посредством насыщения ее озоном. Газ производится путем формирования электрических разрядов. После этого он поступает в жидкость через систему труб. Попадая в воду, озон вступает в реакцию с примесями металлов, заставляя их выпасть в качестве осадка [6].

1.4 Применение наночастиц магнетита для подготовки воды к использованию

Наночастицы в современном мире нашли себе широчайшее применение:

- медицине;
- машиностроение;
- геронтологии;
- промышленности;
- сельское хозяйство;
- биологии;
- кибернетике;
- электронике;
- экологии.

Например, наночастицы серебра применяются в качестве хорошего сорбента для очистки воды от биологического загрязнения:

1. Наночастицы разрушают клеточную стенку клетки бактерии.
2. Наночастицы способствуют нарушению обмена веществ.
3. Наночастицы нарушают цепь ДНК, что препятствует делению бактерии.

Оксиды металлов, такие как оксид железа, оксид титана, глинозем являются эффективными недорогими адсорбентами тяжелых металлов и радионуклидов. Процесс адсорбции контролируется комплексообразованием между растворенным металлом и кислородом оксидов. Процесс протекает в две стадии: адсорбция ионов металлов на внешней поверхности, за которой следует лимитирующая стадия диффузии внутрь частиц вдоль стенок микропор [7, 8].

2 Практическая часть

В последнее время резко повысился уровень техногенной и нагрузки на окружающую среду.

Одним из подходов к ликвидации последствий загрязнения является использование сорбционных материалов.

Вообще сорбенты (от лат. *sorbens* — поглощающий) — твёрдые тела или жидкости, избирательно поглощающие (*сорбирующие*) из окружающей среды газы, пары или растворённые вещества.

В последнее время появился интерес к созданию органоминеральных сорбентов, обладающих магнитными свойствами, в частности, композитных сорбентов на основе активированных углей и наночастиц магнетита. Такие нанокompозиты обеспечивают эффективность очистки техногенных сред за счет сочетания сорбционных свойств углей и магнитных свойств наночастиц магнетита с целью дальнейшего использования техники магнитной сепарации. Применение таких сорбентов позволяет увеличить диапазон извлекаемых веществ из растворов, что расширяет область возможного использования таких материалов в сорбционных технологиях благодаря развитой удельной поверхности компонентов и уникальной структуре активированных углей. В результате активированный уголь извлекает из водной фазы ионы металлов по механизму ионного обмена, а благодаря действию сил эффективно адсорбирует из водной фазы органические соединения (красители, нефтепродукты, поверхностно-активные вещества и другие соединения). Показана высокая эффективность использования модифицированных углей при извлечении из водных растворов таких распространенных загрязнителей, как красители, в частности метиленового синего, малахитового зеленого. При этом, несмотря на некоторое снижение удельной поверхности этих нанокompозитов по сравнению с активированным углем, их сорбционная емкость по отношению к красителям остается достаточно высокой, в том числе за счет увеличения удельного объема пор. В то же время снижение по сравнению с активированным углем удельной поверхности магнитных сорбентов — модифицированных наночастицами Fe_3O_4 активированных углей — сопровождалось некоторым снижением их сорбционной емкости по отношению к тяжелым металлам, в частности, по отношению к Ni^{2+} , Co^{2+} и Cd^{2+} , а также к Cu^{2+} , что в свою очередь снижало эффективность извлечения ионов тяжелых металлов из водной среды [9]. Аналогичная картина наблюдалась в случае удаления антибиотиков — карбамазепина и цефтриаксона. Таким образом, для композитных сорбентов наблюдалась прямая зависимость их сорбционной емкости от величины удельной поверхности, которая в большинстве случаев была ниже по сравнению с исходным активированным углем.

Непостоянство свойств магнитных нанокompозитов на основе активированного угля, связанное с гетерогенностью и неоднородностью последних, требует поиска оптимальных путей их синтеза путем варьирования условий, а именно соотношения компонентов, температуры, времени, pH среды и др. Изучение опубликованных результатов свидетельствует о том, что невозможно в рамках одного универсального метода синтезировать магнитные нанокompозиты с различными заданными свойствами, которые бы обеспечивали стабильность суспензий наночастиц, эффективность их использования и одновременно экологическую безопасность препаратов.

2.1 Приготовление сорбента

Для приготовления сорбента на основе наночастиц магнетита (Fe_3O_4) и активированного угля были необходимы следующие реактивы:

1. Сульфат железа (II) – $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;
2. Хлорид железа (III) – $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$;
3. 25% раствор аммиака ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$);
4. Активированный уголь ($\text{C}_{\text{акт}}$).

I. Получение наночастиц магнетита.

Магнетит получал путем растворения кристаллогидратов сульфата железа (II) и хлорида железа (III) и дальнейшим добавлением 25% раствора аммиака.

Для этого готовил раствор сульфата железа (II) концентрацией 0,025 моль/л(воды) и хлорида железа (III) концентрацией 0,05 моль/л(воды).

На аналитических весах взвешивал 0,695 г сульфата железа (II) и 1,35 г хлорида железа (III), которые растворял в предварительно подготовленном и отмеренных пипеткой Мора 100 мл дистиллированной воды, нагретой до температуры 70°C .

В полученный раствор интенсивно перешивал и добавлял по каплям 8,3 мл 25% раствора аммиака. В результате чего был получен магнетит. Далее его ставили в ультразвуковую ванну на 25 минут $t = 30^\circ\text{C}$.

Реакции солей железа с аммиаком

II. Получение суспензии активированного угля.

По методике нужно: 8,34 г $(\text{FeSO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O} \cdot 1200$ мл, из формулы $m = C \cdot V \cdot M$ выражаем C; $C = m / (V \cdot M) = 8,34 / (1,2 \cdot 278) = 0,025$ моль. Если на 100 мл нужно 0,0025 моль следовательно $m = n \cdot M = 0,0025 \cdot 278 = 0,695$ г на 100 мл.

По методике нужно: $16,22 \text{ г} (\text{FeCl}_3) \cdot 6\text{H}_2\text{O} \cdot 1200 \text{ мл}$, из формулы $m=CVM$ выражаем C ; $C=m/(VM) = 16,22 / (1,2 \cdot 270,5) = 0,05$ моль. Если на 100 мл нужно 0,005 моль следовательно $m=n \cdot M=0,005 \cdot 270,5=1,35$ г на 100 мл.

Аммиака надо тоже в 12 раз меньше, следовательно $99,6/12=8,3$ мл на 100мл.

Для получения суспензии растворял 10 г активированного угля в 100 мл предварительно подготовленной и отмеренной пипеткой Мора дистиллированной воды. Далее нагревал раствор до 70°C для полного растворения угля и образования суспензии.

III. Получение сорбента



Рисунок 1. Получение магнетита

К раствору с наночастицами магнетита приливал 8,3 мл суспензии активированного угля. Полученный сорбент необходимо поместить в ультразвуковую ванну на 25 минут. Полученный раствор с сорбентом был подвержен центрифугированию в течение 2 минут для полного осаждения полученного вещества.

Полученный сорбент был дважды промыт горячей дистиллированной водой и высушен в сушильном шкафу при температуре 105°C .

Таким образом, получен эффективный сорбент на основе наночастиц магнетита, для ускорения осаждения отработанного материала, и модифицированный активированным углем для удаления болезнетворных бактерий и микроорганизмов из загрязненных источников питьевой воды.

Для дальнейшего улучшения сорбента необходимо сплавить суспензию на основе магнетита и активированного угля с борно-свинцовым стеклом. При сплавлении данных смесей с помощью газовой горелки будет восстанавливаться железо (так как углерод, который находится в активированном угле, является очень хорошим восстановителем).

На фотографии хорошо видны частички железа, которое восстановилось.



Рисунок 2. Плавление смеси

Следовательно, из-за большой температуры, которую выдаёт газовая горелка этот способ нам не подходит.

Можно поставить данную смесь в печь на температуру 800°C. Смесь прекрасно расплавилась и остыв был получен сплав состоящий из свинцово-борного стекла и суспензии с магнетитом и активированным углём.

Заключение

В результате выполнения работы установлено, что из-за примесей, которые находятся в воде свободное её употребление невозможно, а чтобы её можно было употреблять необходимо пройти ряд очистных процессор. Разные технологии позволяют очистить жидкость от всевозможных вредоносных веществ, начиная со удаления ржавчины и заканчивая уничтожением микробов. В сложившейся обстановке выполнение проекта в соответствии с выбранной тематикой является актуальным и необходимым в части изобретения нового, а главное дешёвого сорбента для фильтрации загрязнённой воды.

В работе выполнен анализ научных литературных источников по теме исследования, в результате которого были изучены классификация воды в зависимости от области использования, основные требования к качеству воды, химические и физические методы очистки воды, применение наночастиц для очистки и подготовки воды к использованию.

Выявлена высокая эффективность использования модифицированных углей при извлечении из водных растворов таких распространенных загрязнителей, как красители, в частности метиленового синего, малахитового зеленого.

Получен эффективный сорбент на основе наночастиц магнетита, модифицированного активированным углем, и борно-силикатного стекла для удаления бактерий и микроорганизмов, а также тяжелых металлов из загрязненных источников питьевой воды.

Работа над проектом продолжится в сторону улучшения свойств полученного сорбента, его внедрения в промышленность и использования в быту.

Список литературы

1. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. - М.: Изд-во «Ассоциации строительных ВУЗов», 2013. – 152 с.
2. Маннанова Г.В. Методы очистки промышленных сточных вод. - Москва: СИНТЕГ, 2015. – 122 с.
3. Стёкла свинцово-борные. 2022. URL: <https://www.chem21.info/info/502751>. – (дата обращения 28.01.2023).
4. Чакветадзе Дж. К. Припоечные композиты на основе стёкол систем PbO-B₂O₃ и R₂O-SnO-R₂O₅ (R=Li, Na, K). – М., 2019. – 201 с.
5. Павлушкин Н.М., Журавлев А.К. Легкоплавкие стекла. - М.: Энергия, 1970. – 232с.
6. Корякова З., Битт В. Легкоплавкие стёкла с определенным комплексом физикомеханических свойств// Компоненты и технологии. - 2004. - №2. – С.32-38.
7. Современные способы и методы очистки воды. 2022. URL: <https://ovode.net/ochistka/sposoby-i-metody>. – (дата обращения 28.01.2023).
8. Буйволова Ю.А. Физико-химические методы изучения качества природных вод. – М., 2014. – 230 с.
9. Сорбция ионов меди из водного раствора частицами наноразмерного магнетита / О.Д. Ленников [и др.] // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов: межвуз. сб. науч. тр. / под общей редакцией В.М. Самсонова, Н.Ю. Сдобнякова. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2012. – С.165-171.