МБОУ «Гимназия № 71» («Радуга»)

IV Международный конкурс

исследовательских работ школьников

Секция «Естественно-научные науки»

**Изучение возможности использования бытовых фильтров**
**для очистки воды от металлов-токсикантов**

Автор работы: Земнухов Артём Дмитриевич,

ученик 10 класса

Руководители: Голенда М.В.. учитель химии

МБОУ «Гимназия №71 («Радуга»)

Салищева О.В. к.х.н, доцент кафедры общей

 неорганической химии КемГУ

Кемерово, 2021 год

|  |  |
| --- | --- |
| Введение | 3 |
| Основная часть | 4-13 |
| Экспериментальная часть | 13-17 |
| Выводы и рекомендации | 19-20 |
| Список литературы  | 21 |

 **Содержание**

**Введение**

Мы проживаем в промышленном регионе. У нас остро стоит проблема очистки питьевой воды от органических соединений и ионов металлов-токсикатов в связи с их пагубным влиянием на здоровье человека. На основании проделанной ранее работы, было выявлено, что домашние системы очистки воды могут избавить её от ионов тяжелых металлов. Было интересно, помогут ли нам эти же фильтры избавиться от металлов-токсикантов.

**Цель работы:** исследование способности компонентов бытовых фильтров извлекать ионы металлов-токсикантов (на примере Cd²) из воды при её очистке в домашних условиях.

**Задачи исследования:**

1. Изучить литературу о видах, свойствах и применении различных адсорбентов, используемых для очистки воды.
2. Изучить виды и состав компонентов различных фильтрующих устройств, используемых для фильтрации воды в домашних условиях.
3. Исследовать зависимость величины адсорбцииот концентрацииCd²⁺ и от времени контакта растворов с адсорбентом.
4. Изучить способность адсорбентов, входящих в фильтры Барьер и Аквафор, адсорбировать ионы Cd²⁺ из водного раствора.
5. Сравнить результаты по адсорбционной способности фильтров Барьер и Аквафор по отношению к ионам Cd²⁺ и Fe³⁺.
6. Дать рекомендации по использованию фильтров для очистки воды в домашних условиях.

**Основная часть**

Качество питьевой воды, подаваемой системами водоснабжения, должно соответствовать требованиям данных Санитарных правил. Питьевая вода должна быть безопасна по эпидемическим и радиационным показателям, безопасна по химическому составу и иметь требуемые органолептические свойства. В обязательном порядке контролируются: микробиологические, паразитологические, органолептические, радиологические показатели воды, содержание химических неорганических и органических веществ. Вот некоторые из них:

* Запах и привкус при температуре 20°С и при нагревании до 60°С - не более 2 баллов.
* Цветность по шкале - не более 20.
* Мутность по шкале - должна быть не более 1,5 мг/л.
* Общая жесткость воды - должна быть не более 7 моль/л.
* Содержание (не более): свинца- 0,03 мг/л, мышьяка- 0,05 мг/л, фтора- 1,5 мг/л, меди- 1 мг/л, цинка- 5 мг/л.
* Общее микробное число - число образующих колонии бактерий в 1 см3 - не более 50.
* рН воды от 6 до 9.
* и др.[1]

Многие обычные, повседневные продукты содержат токсичные металлы. Токсичные металлы содержатся в пище, которую мы едим, в воде, которую мы пьем, и в воздухе, которым мы дышим.

Отравление металлами происходит в результате нездорового накопления определенных металлов в организме. Металлы становятся токсичными, когда их количество слишком велико.

*Токсиканты –* вещества или соединения, способные оказывать ядовитое действие на живые организмы. В зависимости от характера воздействия и степени проявления токсичности, т. е. способности этих веществ оказывать вредное воздействие на живые организмы, они классифицируются на две большие группы: токсичные и потенциально токсичные.

 По химической природе токсиканты бывают ***неорганического происхождения*** (кадмий, ртуть, свинец, мышьяк, никель, бор, марганец, селен, хром, цинк и др.) и ***органического*** (нитразосоединения, фенолы, амины, нефтепродукты, поверхностно-активные вещества, пестициды, формальдегид, и др).

**Ртуть, свинец и кадмий** являются тремя металлами, которые могут быть особенно вредными. Эти токсичные металлы попадают в ваше тело через питье, еду, вдыхание и попадание на кожу и в глаза.

Человеческое тело не нуждается в кадмии в любом количестве, и даже низкие уровни токсичны. Кадмий медленно покидает организм, а негативные последствия кадмия губительны, затрагивая сердечно-сосудистую и репродуктивную системы, почки, глаза и мозг.[2]

**Адсорбция**

**Адсорбция**–процесс поглощения газов, паров, веществ из раствора.

Адсорбцией называется самопроизвольное изменение концентрации вещества в поверхностном слое, по сравнению с его концентрацией в объеме фазы.

Адсорбция происходит на границе раздела фаз, принято более плотную фазу (фазу, определяющую форму поверхности) называть **адсорбентом**. Адсорбент может быть твердым и жидким.

**Десорбцией** называется обратный процесс перехода вещества из поверхностного слоя в объем фазы.[3]

***Адсорбцию делят на:***

**1. Молекулярную адсорбцию** - адсорбция из растворов неэлектролитов или слабых электролитов. В этом случае растворенное вещество адсорбируется в виде молекул.

Экспериментально адсорбцию растворенных веществ на твердом адсорбенте изучают, измеряя концентрацию раствора до контакта с адсорбентом (С0) и после наступления адсорбционного равновесия (С):

$$α=\frac{\left(с\_{0}-с\right)}{c}∙100\% $$

где ***а*** – величина адсорбции, показывает количество адсорбированного вещества, приходящееся на 1 г адсорбента;

**С0**и **С** - молярная концентрация растворенного вещества, соответственно до адсорбции и после установления адсорбционного равновесия, моль/дм3;

***m*** - масса адсорбента;***V*** - объем раствора, из которого идет адсорбция.

Факторы, влияющие на молекулярную адсорбцию

1.Концентрация вещества.

2.Природа растворителя.

3.Природа растворенного вещества.

4.Природа адсорбента.

5.Температура

6.Время адсорбции.

**2. Ионная адсорбция -** это адсорбция из растворов сильных электролитов. В этом случае растворенное вещество адсорбируется в виде ионов.

Чем более полярным является адсорбент, тем лучше он адсорбирует ионы из водных растворов. На активных центрах, несущих положительный заряд, адсорбируются анионы, на отрицательных - катионы.

Факторы, влияющие на ионную адсорбцию

1.Химическая природа адсорбента.Чем более полярным является адсорбент, тем лучше он адсорбирует ионы из водных растворов.

2.Химическая природа ионов. На адсорбцию ионов большое влияние оказывает величина радиуса иона. Чем больше кристаллический радиус иона при одинаковом заряде, тем лучше он адсорбируется, т.к. с увеличением кристаллического радиуса иона возрастает его **поляризуемость**, а следовательно способность притягиваться к полярной поверхности - адсорбироваться на ней.

3.На адсорбцию ионов большое влияние оказывает величина радиуса иона. Чем больше кристаллический радиус иона при одинаковом заряде, тем лучше он адсорбируется.

4.От заряда иона - чем больше заряд, тем сильнее ион притягивается противоположно заряженной поверхностью твердого тела, тем сильнее адсорбция. [4]

**Компоненты входящие в состав картриджей**

**фильтров**

В качестве образцов для экспериментов были взяты картриджи фильтров Аквафор модели A5, а так же активированный уголь в чистом виде.

# Аквафор А5

Как заверяет нас производитель, картридж A5 создан специально для сложной водопроводной воды: ржавой, мутной, с большим количеством механических примесей. Даже в таких условиях A5 не забивается раньше времени, и продолжает очищать вашу воду от хлора и других растворенных примесей. Срок службы картриджа до 3 месяцев в семье из 3-х человек.

Картридж A5 также сохраняет в воде природный магний, который полезен для работы сердца и сосудов. Способен очищать воду от самых распространенных примесей, включая хлор, органические соединения (в т. ч. фенолы), тяжелые металлы, ржавчину, остатки лекарственных средств.

**В состав входят следующие компоненты:**

1. **Сетчатый предфильтр с микропорами** — не позволяет ржавчине попасть внутрь картриджа и не дает ему забиться раньше времени. Благодаря особой форме и конструкции, предфильтр самоочищается от мелких частиц ила, ржавчины и песка. Это происходит каждый раз, когда вы набираете новую порцию воды в воронку.
2. **Перламутровый доломит** — природный минерал, который обогащает воду полезным **магнием**, добавляя его в воду в оптимальных для здоровья и безопасных концентрациях.
3. **Гранулы активированного угля, смешанные с волокном и ионообменной смолой** — базовая фильтрующая смесь для всех картриджей Аквафор.[5]
* Волоконные мембраны - это трубки диаметром около 1 мм с пористыми стенками. Размер пор, через которые происходит фильтрация воды, 0,1 мкм, что в 600-800 раз меньше толщины человеческого волоса. Через такие отверстия не могут проникнуть даже мельчайшие загрязнители.

Фильтры с волоконной мембранной способны удалять механические примеси с размером частиц до 0,1 мкм, а так же задерживать микроорганизмы и бактерии.

* Ионнообменные смолы - вещества, позволяющие задерживать ионы тяжелых металлов в обмен на ионы натрия или водорода. Смола имеет форму круглых гранул, изготовленных из полимерных материалов (ионитов). Они впитывают ионы одних металлов и заменяют их на другие. Таким образом нейтрализуются ионы кальция, вода умягчается.

По своей структуре ионообменные смолы бывают *пористыми, гелевыми* или *промежуточными*.

* Смолы с *гелевойструктурой* не содержат пор. Обмен ионами в такой структуре возможен лишь в тот момент, когда смола набухает и становится похожей (по консистенции) на гель.
* *Пористая структура* получила свое название благодаря огромному количеству пор на поверхности смолы. Эти поры как раз и позволяют произвести ионный обмен.
* В *промежуточной структуре* ионообменных смол соединены свойства как пористой, так и гелевой структуры.

**Барьер АКТИВ Сила иммунитета**

На сайте производителя написано, что такой картридж обогащает воду цинком и магнием. Цинк укрепляет иммунитет. Магний помогает бороться со стрессом. Очищает водопроводную воду от хлора и других вредных примесей, препятствует образованию накипи в чайнике, удаляет посторонние привкусы и запахи.

По заверениям, Барьер АКТИВ Сила иммунитета способен:

* Обогащать воду цинком и магнием;
* Очищать водопроводную воду от хлора и других вредных примесей;
* Препятствовать образованию накипи в чайнике;
* Удалять посторонние привкусы и запахи;

Основным наполнителем же является **активированный уголь.**[6]

**Активированный уголь** — это адсорбент - вещество с высоко развитой пористой структурой, которое получают из различных углеродсодержащих материалов органического происхождения, таких как древесный уголь, каменноугольный кокс, нефтяной кокс, скорлупа кокоса, грецкого ореха, косточки абрикоса, маслины и других плодовых культур.

Для производства активированного угля используют печи различного типа и конструкции.

Основные свойства активных углей и прежде всего пористая структура определяются видом исходного углеродсодержащего сырья и способом его переработки. Сначала углеродсодержащее сырье измельчают до размера частиц 3-5 см, затем подвергают карбонизации - обжигу при высокой температуре в инертной атмосфере без доступа воздуха для удаления летучих веществ. На стадии карбонизации формируется каркас будущего активного угля - первичная пористость и прочность.

 Активированный уголь хорошо адсорбирует органические вещества, например: растворители, красители, нефть и т. д.

***Виды фильтров:***

**Фильтры-кувшины**

Количество воды, очищенное фильтром варьируется от 150 до 400

литров.

Преимущества фильтра-кувшина:

* Компактность;
* Уровень фильтрации. Для своих размеров они прекрасно справляются с задачей;
* Невысокая стоимость.

**Фильтры предварительной очистки**

Такие фильтры необходимы для нормального функционирования стиральной и посудомоечной машин, сантехники, водонагревателей.

Они состоят из:металлической сетки, фильтрующей крупицы диаметром 30-50 микрон.

Основные задачи фильтра предварительной очистки:

* Освобождает воду от крупных грубых частиц, не способных растворяться;
* Накапливает на сетке мусор и загрязнения, которые время от времени можно удалять, промывая ее;
* Предохраняет бытовую технику от повреждений путем очистки используемой ею воды.

**Магистральные фильтры**

Это фильтры, которые устанавливаются прямо в водопроводной трубе.

**Виды:**

* Одноступенчатыечистят воду от песка, мелкого мусора осадочного типа и ржавчины;
* Двухступенчатые в дополнение к свойствам одноступенчатых фильтров также удаляют хлор, неприятный запах и органические примеси;
* Трехступенчатые модели способны также смягчать воду, удаляя из нее лишнее железо.[7]

**Комплексонометрическое** **титрование**

**Комплексонометрия (трилонометрия)** - титриметрический метод анализа, основанный на реакциях взаимодействия комплексонов (чаще всего трилона Б), катионами щелочноземельных и тяжелых металлов, которые приводят к образованию растворимых в воде бесцветных прочных внутрикомплексных соединений. Трилон Б (комплексон III) образует внутрикомплексные соединения с катионами металлов за счет валентных связей с карбоксильными группами, вытесняя из них атомы водорода, а также за счет координационных связей ионов-комплексообразователей с атомами азота.

При комплексонометрическом титровании к анализируемому раствору прибавляют металлоиндикатор, который образует с определяемыми катионами комплекс, имеющий определенную окраску. В процессе титрования трилоном Б комплекс катионов металла с индикатором разрушается и образуется бесцветный, очень прочный комплекс катионов с трилоном Б, а в раствор переходят ионы свободного индикатора

**Условия комплексонометрическоro титрования:**

* Реакции комплексообразования должны протекать быстро, количественно и стехиометрично, чтобы вблизи точки эквивалентности определяемые катионы были практически полностью связаны в комплекс.
* Определяемые ионы должны образовывать с металлоиндиктором менее прочные комплексы, чем их комплексы с трилоном Б.
* Комплексонометрическое титрование следует проводить при определенном значении рН (рН < 10), так как в щелочной среде могут образовываться осадки гидроксидов определяемых катионов или их основные соли.
* В процессе титрования при взаимодействии катионов с трилоном Б в раствор переходят ионы Н+, в результате чего рН раствора понижается, что приводит к смешению реакции комплексообразования влево и делает реакцию обратимой. Для поддержания определенного значения рН титрование следует проводить в присутствии буферных растворов, имеющих определенное значение рН. Большинство катионов титруют трилоном Б в присутствии аммиачного буферного раствора NH4ОH + NH4Cl при рН = 9,2 .[8]

**Экспериментальная часть**

**Объекты исследования:**

1. активированный уголь;
2. адсорбционные материалы фильтра «Барьер»
3. адсорбционные материалы фильтра «Аквафор»

**Приборы и оборудование, необходимые для проведения опыта:**

1. аналитические и технические весы;
2. конические колбы объёмом 50 см3;
3. пробирки объемом 20 см3;
4. фильтровальная бумага;
5. раствор нитрата кадмия Cd(NO3)2;
6. индикатор эриохром чёрный;
7. раствор ЭДТА;
8. аммиачно-буферный раствор

**Порядок выполнения работы**

1. **Определение зависимость величины адсорбции от времени контакта растворов с адсорбентом**

Готовим 5 исходных растворов: добавляем в 6 колб раствор нитрата кадмия объём 50 см³. Измеряем концентрацию модельного раствора до адсорбции, по формуле $с\_{0}=\frac{с(исх)∙V(исх)}{V(приг)}, $полученные результаты записываем. В качестве адсорбента беремкомплексный адсорбент фильтра «Барьер», добавляем его в каждую колбу по 5 навесок массой 0,5 гр. Оставляем растворы на 5, 10, 15, 20, 30 минут. После необходимого промежутка времени пропускаем их через фильтровальную бумагу. Определяем полученную концентрацию каждого раствора, высчитывая по формуле$c=\frac{с(ЭДТА)∙V(ЭДТА)}{V(пробы)}$и адсорбцию по формуле$α=\frac{\left(с\_{0}-с\right)}{c}∙100\%$. Полученные результаты представлены на графике.

1. **Изучение адсорбционных способностей материалов Барьер и Аквафор, активированного угля БАУ**

Для каждого из адсорбентов готовим по 3 исходных растворов: добавляем в 3 колбы раствор Cd(NO3)2 объём 2мл, 5 мл, 10мл, 25 мл, 50 мл и разбавляем их дистиллированной водой до 50 мл. Измеряем концентрацию модельных растворов комплексонометрическим титрованием, полученные результаты записываем. В качестве адсорбентов берем: активированный уголь, адсорбционные материалы, входящие в состав картриджей фильтров «Барьер» и «АквафорОтбираем аликвотную часть анализируемого раствора, добавляем 2- 3 мл буферного раствора, 15 мл воды, перемешиваем и добавляем 20-30 мг индикатора эриохрома чёрного. По истечении 20 минут пропускаем растворы через фильтрационную бумагу. Затем титруем раствором ЭДТА до изменения окраски раствора из винно-красной в голубую. Определяем объём трилона Б, израсходованного на титрование. Титрование повторяем 2-3 раза и для расчёта берём среднее значение. Рассчитываем конечную концентрацию по формуле$c=\frac{с(ЭДТА)∙V(ЭДТА)}{V(пробы)}$ и адсорбцию по формуле$α=\frac{\left(с\_{0}-с\right)}{c}∙100\%$. Полученные результаты были представлены в таблицах.

**Обработка экспериментальных данных**

Таблица 1. Адсорбция ионов кадмия Cd2+ на активированном угле БАУ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № раствора | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| Объем исходного раствора соли кадмия концентрации 0,02 моль/дм3, V(исх), см3 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 |
| Концентрация растворов до адсорбции **c0**, моль/дм3 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 0,01 | 0,02 |
| Масса адсорбента m, г | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Объем раствора соли кадмия, из которого идет адсорбция, см3 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Время адсорбции, мин | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Объем раствора трилона Б с=0,01 моль/дм3, пошедший на титрование пробы (5 см3), см3 | 0,35 | 0,9 | 1,8 | 4,6 | 9,3 |
| Концентрация растворов после адсорбции **c**, моль/дм3 | 0,0007 | 0,0018 | 0,0036 | 0,0092 | 0,0186 |
| Величина адсорбции **A**, ммоль/г | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,08 | 0,14 |
| Степень извлечения (очистки), % | 12,5 | 10 | 10 | 8 | 7 |
|  |  |  |  |  |  |

Таблица 2. Адсорбция ионов кадмия Cd2+ на комплексном адсорбенте "Барьер

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № раствора | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| Объем исходного раствора соли кадмия концентрации 0,02 моль/дм3, V(исх), см3 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 |
| Концентрация растворов до адсорбции **c0**, моль/дм3 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 0,01 | 0,02 |
| Масса адсорбента m, г | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Объем раствора соли кадмия, из которого идет адсорбция, см3 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Время адсорбции, мин | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Объем раствора трилона Б с=0,01 моль/дм3, пошедший на титрование пробы (5 см3), см3 | 0,35 | 0,8 | 1,7 | 4,5 | 9,2 |
| Концентрация растворов после адсорбции **c**, моль/дм3 | 0,0007 | 0,0016 | 0,0034 | 0,009 | 0,018 |
| Величина адсорбции **A**, ммоль/г | 0,01 | 0,04 | 0,06 | 0,1 | 0,16 |
| Степень извлечения (очистки),  | 32,5 | 20 | 15 | 10 | 8 |

Таблица 3. Адсорбция ионов кадмия Cd2+ на комплексном адсорбенте "Аквафор"

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № раствора | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| Объем исходного раствора соли кадмия концентрации 0,02 моль/дм3, V(исх), см3 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 |
| Концентрация растворов до адсорбции **c0**, моль/дм3 | 0,0008 | 0,002 | 0,004 | 0,01 | 0,02 |
| Масса адсорбента m, г | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Объем раствора соли кадмия, из которого идет адсорбция, см3 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Время адсорбции, мин | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Объем раствора трилона Б с=0,01 моль/дм3, пошедший на титрование пробы (5 см3), см3 | 0,2 | 0,65 | 1,55 | 4,4 | 8,7 |
| Концентрация растворов после адсорбции **c**, моль/дм3 | 0,0004 | 0,0013 | 0,0031 | 0,0088 | 0,018 |
| Величина адсорбции **A**, ммоль/г | 0,04 | 0,07 | 0,09 | 0,12 | 0,26 |
| Степень извлечения (очистки) | 50 | 35 | 22,5 | 14 | 13 |

****

**Заключение**

1. Изучены виды и состав фильтрующих устройств, используемых для очистки воды в домашних условиях;
2. Из литературных источников и полученных экспериментальных данных следует, что для улучшения качества питьевой воды перед её употреблением рекомендуется фильтровать;
3. Определено оптимальное время контакта исследуемых адсорбентовс водой;
4. Методом комплексонометрического титрования из водного раствора ионов Cd²⁺на адсорбентах активированного угля и сорбирующих материалов картриджей Аквафор и Барьер определены адсорбция и степень извлечения Cd²⁺
5. В ходе проделанной работы установлено, что различные адсорбенты поглощают ионы Cd²⁺по-разному. Сделан вывод, что из исследуемых образцов Аквафор справляется с поставленной задачей лучше всего;
6. Сделан вывод, что бытовые фильтры можно использовать для очистки воды от металлов-токсикантов при их небольших концентрациях;
7. При сравнении результатов исследований, проведенных в прошлом году по адсорбции ионов железа и результатов исследований этого года по адсорбции ионов кадмия, сделан вывод, что лучше всего поглощают такие ионы комплексные адсорбенты фильтра Аквафор.

**Рекомендации**

1.В состав картриджей для очистки воды в домашних условиях должны входить разные сорбирующие материалы;

2.В зависимости от состава воды в регионе проживания необходимо подбирать соответствующие фильтры;

3.Необходимо соблюдать рекомендованные сроки использования картриджей, менять их вовремя;

4. Контакт адсорбента с очищаемой водой должен быть достаточно длительным. Если это невозможно, то фильтрующий слой должен быть как можно больше.

5. Из исследуемых нами фильтров лучше всего отчищает воду от ионов тяжелых металлов ( на примере Fe³⁺) и ионов металлов-токсикантов ( на примере Cd²⁺) фильтр Аквафор.

**Список литературы**

1. И. Кокарев, Р. Р. Айсин. Определение жесткости воды, прозрачности, щелочности и pHв Ревдинскомпрудуи родниковой воды.Тезисы к НПК Уральского государственного аграрного университета, 2016 г.

2. [Вредное воздействие токсичных металлов на наш организм (healthandbeauty.top)](https://healthandbeauty.top/vrednoe-vozdejstvie-toksichnyx-metallov-na-nash-organizm/)

3. Гельфман М.И. Коллоидная химия: Учебник / М.И.Гельфман, О.В.Ковалевич,

4. В.П.Юстратов. - 6-е изд., стер.- СПб.:Лань, 2017 – 336 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература).

5. [Аквафор А5 для фильтра-кувшина (aquaphor.ru)](https://www.aquaphor.ru/filters/cartridge/a5)

6. Фильтры для очистки воды: водоочистители БАРЬЕР, официальный сайт. (barrier.ru)

7. <https://biokit.ru>

8.[Комплексонометрическое титрование — Студопедия (studopedia.ru)](https://studopedia.ru/6_82591_kompleksonometricheskoe-titrovanie.html)