

Областная научно–практическая конференция школьников «Старт в науку»

СЕКЦИЯ ХИМИЯ

*Сорбционная активность некоторых продуктов питания
по отношению к катионам тяжелых металлов*

Исследовательская работа

Выполнила ученица
11 «А» класса МБОУ «СОШ №225»
г. Заречного
Малявина Мария

Научный руководитель -
учитель химии МБОУ «СОШ №225»
Гусятникова Наталья Евгеньевна

г. Пенза
2020 год

Содержание

1.	Введение	2
2.	ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	
	• Раздел 1. Как вредные металлы попадают в организм человека и как они влияют на его здоровье?	3
	• Раздел 2. Что такое адсорбция и хемосорбция? Какие продукты и почему обладают высокой сорбционной активностью?	3
	• Раздел 3. Выбранные для сравнения сорбенты	3
	• Раздел 4. Титриметрический метод химического анализа	4
3.	ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	
	• Раздел 1. Ход эксперимента	5
	• Раздел 2. Результаты исследования	7
4.	Заключение	8
5.	Список использованных источников информации	9
6.	Приложение	
	• Приложение 1. Таблицы и графики	1
	• Приложение 2. Расчёты	4
	• Приложение 3. Фотоотчёт о проделанной работе	7

Введение

Тема исследования - “Сорбционная активность некоторых продуктов питания по отношению к катионам вредных металлов”.

Объектом исследования является сорбционная активность.

Предмет исследования - сорбционная активность продуктов питания.

Актуальность исследования. Загрязнение окружающей среды химическими элементами приводит к их накоплению в организме человека, что пагубно влияет на его здоровье. Поиск соединений с высокой сорбционной активностью по отношению к токсическим соединениям и разработка на их основе новых лекарственных препаратов являются важными задачами современной экспериментальной фармакологии и медицины.

Практическое значение работы. Таким образом, проведенная нами работа может в дальнейшем использоваться как вспомогательное пособие, некий набросок идей для разработчиков лекарственных препаратов. Также наша исследовательская работа предполагает создание памятки для людей, соблюдающих правильное питание, о том, какие продукты стоит употреблять в пищу в качестве природных энтеросорбентов и как их готовить, чтобы приготовленные блюда были не только полезными, но и вкусными.

Итак, **целью нашего исследования** является исследование сорбционной активности некоторых продуктов питания по отношению к соединениям вредных металлов.

Цель исследования обуславливает решение следующих **задач**:

- выяснить, чем опасны для организма человека соединения вредных металлов;
- определить наилучшие природные энтеросорбенты;
- овладеть методикой исследования сорбционной активности;
- провести эксперимент по определению сорбционной активности выбранных нами продуктов питания;
- составить буклет о полезных свойствах наилучших природных энтеросорбентов.

Гипотеза:

- Существуют природные энтеросорбенты, более активные по отношению к катионам тяжелых металлов, чем медицинские препараты.

Основные методы исследования:

1. **Эмпирические:** измерение, сравнение, опрос
2. **Экспериментально-теоретические:** эксперимент, анализ, логический, гипотетический.
3. **Теоретические:** изучение и обобщение, абстрагирование, формализация, анализ, аксиоматика.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Раздел 1. Как вредные металлы попадают в организм человека и как они влияют на его здоровье?

1. **Свинец** в настоящее время широко используется в производстве аккумуляторов, боеприпасов, красок, лаков, пластмасс, стекла и пиротехники. Соединения свинца также всасываются растениями и попадают в пищу человека. Накапливается элемент в основном в почках, печени, костях и зубах. Вызывает повреждения печени и почек, клеток мозга, костей, нервной и сосудистой систем. Дети особенно чувствительны к воздействию этого металла. Он провоцирует развитие у них психических расстройств, проблем с подвижностью и слухом. [4,6]

2. **Железо** попадает в организм человека в основном с водой. Ионы металла в большом количестве содержатся в артезианских скважинах, железо входит в состав водопроводных труб. Избыток железа оказывает следующее вредное воздействие на организм: способствует отложению всех видов камней, сгущает кровь, обуславливает затвердевание сосудистых стенок. [6]

Раздел 2. Что такое адсорбция и хемосорбция? Какие продукты и почему обладают высокой сорбционной активностью?

Адсорбция - самопроизвольный процесс увеличения концентрации растворенного вещества у поверхности раздела фаз (твердая фаза - жидкость, конденсированная фаза - газ) вследствие нескомпенсированности сил межмолекулярного взаимодействия на разделе фаз. [8]

Хемосорбция - процесс "поглощения" растворенных веществ в ходе гетерогенной химической реакции. [8]

Оба процесса являются частными случаями **сорбции**.

Наиболее активными природными энтеросорбентами считаются овощи, фрукты и ягоды. Ученые объясняют высокую сорбционную активность этих продуктов питания большим содержанием в них пектинов (полисахаридов, образованных главным образом остатками галактуроновой кислоты). Известно, что тяжелые металлы связываются с карбоксильными, фосфатными группами биомолекул. Установлено, что кроме физической адсорбции катионов пищевыми волокнами растений, происходит и хемосорбция - образование соединений пектата свинца. [11,13,14]

По данным российского врача-диетолога, нутрициолога Александра Куницына наиболее высоко содержание пектина в следующих продуктах растительного происхождения (количество вещества в г на 100 г продукта) [5]:

Фрукты		Ягоды	
Персики	5-9	Красная смородина	6-13
Айва	4-9		
Абикосы	5-9		
Овощи		Земляника	3-8
Свёкла	7-20		
Редис	10	Клюква	1
Огурец	6-9		
Перец	6-9	Алыча	1
Баклажан	5-9		
Тыква	3-9	Виноград	1

Раздел 3. Выбранные для сравнения сорбенты

При выборе исследуемых продуктов питания я остановилась на **тыкве** и **свекле**, поскольку эти продукты растут в наших климатических условиях, давно привычны российскому человеку, отличаются небольшой стоимостью и многообразием приготовляемых из них блюд, а также доступны в течение всего года и богаты пектином. В работе использовались овощи, выращенные на дачных участках в Пензенской области.

В настоящее время фармакология предлагает широкий ассортимент сорбентов в различном ценовом диапазоне, состав которых включает в себя и органические, и неорганические вещества. Однако, в результате проведенного нами опроса выяснилось, что наиболее используемыми препаратами-сорбентами являются **активированный уголь** и **белый сорбент**. Вероятно, основным критерием выбора этих препаратов является стоимость (активированный уголь 63 р. за упаковку, белый сорбент - 137 р.). Механизм действия этих препаратов основан больше на физической адсорбции, чем на химической.

Активированный уголь — пористое вещество, которое получают из различных углеродосодержащих материалов органического происхождения: древесного угля, "каменноугольного кокса, нефтяного кокса, скорлупы кокосовых орехов и других материалов. Содержит огромное количество пор и поэтому имеет очень большую удельную поверхность на единицу массы, вследствие чего обладает высокой адсорбционной способностью. Содержание активного вещества (активированного угля) равно 250 мг/табл.

Белый сорбент (EXTRA) - лекарственный препарат, рекомендуемый в качестве дополнительного источника пищевых волокон. Содержит в составе целлюлозу микрокристаллическую (315 мг/табл.), диоксид кремния.

Таким образом, действие этих препаратов - следствие физической адсорбции, а натуральные сорбенты способны не только к адсорбции, но и к хемосорбции. Это позволяет нам предположить, что использование в качестве сорбентов натуральных продуктов гораздо эффективнее.

Для проведения лабораторного опыта нами взят Активированный уголь производства компании ОАО "Фармстандарт-Лексредства" (Россия, г. Курск), годный до 06.08.2021, и Белый сорбент (EXTRA) производства компании ООО "Биотерра" (Беларусь, Минская обл.), годный до 10.2021.

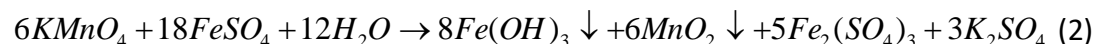
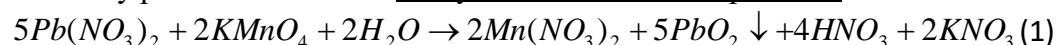
Раздел 4. Титриметрический метод химического анализа

Титриметрический анализ (титрование) — метод количественного анализа, основанный на измерении объёма раствора реактива точно известной концентрации, расходуемого для реакции с определяемым веществом. [1,2]

Титрование производят с помощью бюретки, заполненной титрантом до нулевой отметки. Заполнение бюреток рабочим раствором производят через воронку или с помощью специальных приспособлений, если бюретка полуавтоматическая. [7] Конечную точку титрования определяют с помощью индикаторов или физико-химическими методами (по электропроводности, светопропусканию, потенциалу индикаторного электрода и т. д.). По количеству затраченного на титрование рабочего раствора рассчитывают результаты анализа. [9]

В зависимости от типа химических реакций различают несколько видов титрования. В нашей работе мы использовали окислительно-восстановительное титрование - перманганатометрию. Конечную точку определяли по изменению окраски раствора с неизвестной концентрацией ионов металлов. [1]

В основу работы положены следующие химические реакции:



Поскольку $Fe(OH)_3$ и PbO_2 - осадки бурого цвета, конечные (уже оттитрованные) растворы имели мутную консистенцию и темно-розовую окраску.

Для большей точности измерений, необходимо брать по 3 пробы каждого раствора и рассчитывать концентрацию ионов металла по среднему арифметическому значению объема раствора, ушедшему на полное их окисление. [9]

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Раздел 1. Ход эксперимента

Пользуясь различными теоретическими источниками информации, мы вывели собственную методику определения концентрации ионов тяжелых металлов по использованному объему перманганата калия. Исследование сорбционной ёмкости проводилось в статистическом режиме.

1. Приготовление рабочих растворов

- $KMnO_4 (C=0,01M)$

Приборы и материалы: весы сверхточные, колба 1 л, ложка, стакан, калия перманганат, вода дистиллированная, резиновая пробка.

Рассчитать массу навески (см. приложение). Взвесить вещество в стакане с помощью весов. Всыпать в колбу с отметкой. Растворить водой и перемешать, закрыть резиновой пробкой.

- $H_2SO_4 (C=1M)$

Приборы и материалы: мензурка, колба 0,5 л, серная кислота, вода дистиллированная, резиновая пробка.

Рассчитать объем раствора серной кислоты (см. приложение). Отмерить нужный объем с помощью мензурки, долить дистиллированной водой до метки. Перемешать и закрыть резиновой пробкой.

- $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O (C=0,025M)$

Приборы и материалы: весы сверхточные, колба 0,2 л, ложка, стакан, щавелевая кислота (кристаллогидрат), вода дистиллированная, резиновая пробка.

Рассчитать массу навески (см. приложение). Взвесить вещество в стакане с помощью весов. Всыпать в колбу с отметкой. Растворить водой и перемешать, закрыть резиновой пробкой.

- $Fe_2SO_4 \cdot 7H_2O (C=0,1M), Pb(NO_3)_2 (C=0,1M)$

Приборы и материалы: весы сверхточные, колба 0,2 л, ложка, стакан, свинец азотнокислый, сульфат железа II (кристаллогидрат), вода дистиллированная, резиновая пробка.

Рассчитать массу навески (см. приложение). Взвесить вещество в стакане с помощью весов. Всыпать в колбу с отметкой. Растворить водой и перемешать, закрыть резиновой пробкой.

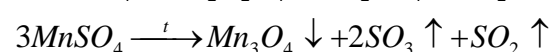
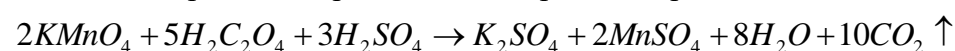
2. Стандартизация раствора перманганата калия

Приборы и материалы: раствор щавелевой кислоты ($C=0,025M$), раствор серной кислоты ($C=0,1M$), раствор (Сориентировочная= $0,01M$), бюретка, стакан, пипетка 10 мл (2 шт.), воронка, электрическая плитка, термометр, штатив с муфтой и лапкой, экран.

Примечание: стандартизация раствора перманганата калия проводится с целью уменьшения погрешности измерений путем установления точной концентрации раствора. Перманганат калия может изменить концентрацию под действием любых восстановителей, поэтому узнать точную концентрацию путем растворения точной навески в воде нельзя.

Установить штатив, прикрепить к нему муфту и лапку. Вставить в лапку градуированную бюретку. С помощью воронки заполнить ее до нулевой отметки (нижний мениск касается нулевой отметки). Установить экран белого цвета снизу для лучшей видимости результата титрования. С помощью пипетки отмерить 10 мл щавелевой кислоты и 10 мл серной кислоты. Слить в стакан. Стакан со смесью кислот нагревать с помощью электрической плитки до температуры 70-80°C, периодически измерять температуру термометром. Стакан с горячей смесью кислот поместить под бюретку. Титровать раствор по 1 капле до получения бурно-красной мутной суспензии. Повторить три раза. Занести результаты титрования в таблицу, провести необходимые расчеты (см. приложение).

Химические реакции, происходящие при стандартизации:



Примечание: $Mn_3O_4 \downarrow (MnO + Mn_2O_3)$ - бурый осадок, что объясняет внешнее проявление реакции.

3. Приготовление проб овощей и медицинских препаратов

Приборы и материалы: свекла 0,5 кг, тыква 0,5 кг, весы сверхточные, овощерезка или терка, активированный уголь (упаковка), белый сорбент (упаковка), несколько стаканов, пинцет, ступка с пестиком.

Примечание: гораздо удобнее проводить эксперимент на каждом сорбенте и с каждым раствором поочередно.

Измельчить овощи на овощерезке или терке, лекарственные препараты растолочь в ступке. Рассчитать массу навески сорбента (см. приложение). Взвесить в стакане с помощью весов, закладывая пинцетом.

4. Титрование проб раствором перманганата калия

Приборы и материалы: раствор, бюретка, стаканы, воронка, фильтровальная бумага, мензурка, штатив с муфтой и лапкой, экран, секундомер или таймер.

Залить приготовленную пробу сорбента 20 мл раствора соли. Установить штатив, прикрепить к нему муфту и лапку. Вставить в лапку градуированную бюретку. С помощью воронки заполнить ее до нулевой отметки (нижний мениск касается нулевой отметки). Установить экран белого цвета снизу для лучшей видимости результата титрования. По истечении 10 мин с помощью воронки отфильтровать 5 мл определяемого раствора в стакан. Стакан поместить под бюретку. Титровать раствор по 1 капле до получения буро-красной мутной суспензии. Повторить три раза. Занести результаты титрования в таблицу, провести необходимые расчеты с помощью таблицы Excel (см. приложение). Повторить по истечении 20 и 30 мин сорбционных процессов. Составить графики кинетики сорбции и степени извлечения. Повторить для каждого исследуемого сорбента и каждого исследуемого металла.

Формулы, используемые для расчета: [7,13,14]

$$1. \quad A_m = \frac{(C_0 - C_m) * V * 1000}{m}, \text{ где}$$

$$A_m - \text{сорбционная ёмкость} - \left[\frac{\text{ммоль}}{\text{г}} \right];$$

$$C_0 - \text{начальная концентрация ионов металла} - \left[\frac{\text{моль}}{\text{л}} \right];$$

$$C_m - \text{текущая концентрация ионов металла} - \left[\frac{\text{моль}}{\text{л}} \right];$$

V – объем раствора – [л];

m – масса навески сорбента – [г].

$$2. \quad \alpha = \frac{(C_0 - C_m)}{C_0} * 100\% , \text{ где}$$

α – степень извлечения ионов металла – [%];

$$3. \quad n = \frac{m}{M}, \text{ где}$$

n – количество вещества – [моль];

m – масса – [г];

$$M - \text{молярная масса} - \left[\frac{\text{г}}{\text{моль}} \right].$$

$$4. \quad C = \frac{n}{V}, \text{ где}$$

$$C - \text{молярная концентрация раствора} - \left[\frac{\text{моль}}{\text{л}} \right].$$

Раздел 2. Результаты исследования

Проанализировав информацию, содержащуюся в таблицах и наглядно представленную в графике (см. приложение), можно прийти к следующим **выводам**:

- Лекарственные препараты адсорбируют катионы свинца гораздо быстрее, чем натуральные сорбенты (максимальная степень извлечения зафиксирована уже в промежуток времени до 10 мин). Однако по истечении 20 минут природные энтеросорбенты “догоняют” медикаменты по значениям сорбционной ёмкости (A_T) и степени извлечения (α). Таким образом, 6 таблеток активированного угля или 5 таблеток белого сорбента связывают катионы свинца практически в той же степени, что всего лишь 11 г свёклы или 25 г тыквы. Вероятно, такие результаты получились из-за того, что действие исследуемых лекарственных препаратов основано на физической адсорбции, а при приливании растворов солей металлов к навеске природного энтеросорбента параллельно происходят 2 процесса: адсорбция и хемосорбция.

- В исследовании сорбционной активности по отношению к катионам железа природные энтеросорбенты показали себя даже лучше, чем лекарственные препараты. Получается, 5 таблеток белого сорбента связывают катионы железа хуже, чем 11 г свёклы или 25 г тыквы.

- Из исследуемых лекарственных препаратов наиболее быстро связывает ионы железа активированный уголь, а ионы свинца - белый сорбент.

- Из исследуемых натуральных сорбентов свёкла наиболее хорошо связывает и ионы свинца, и ионы железа, хотя адсорбирует железо медленнее, чем тыква.

- Сорбция ионов железа протекает не полностью (максимальное значение степени извлечения=59,266%), в отличие от сорбции ионов свинца (максимальное значение степени извлечения=99,07%). Повлиять на такое «поведение» железа могли различные свойства этого металла: малая (в сравнении со свинцом) атомная масса, меньший радиус атома и др.

- Хемосорбенты проявляют сорбционные свойства медленнее, чем адсорбенты. Это может зависеть от скорости химической реакции пектовой кислоты с солями металлов, от скорости прохождения раствора соли через мембраны клеток растений и других факторов.

Заключение

В ходе исследования подтвердилась выдвинутая нами **гипотеза**:

- Действительно, тыква и свекла – природные сорбенты, более активные по отношению к катионам тяжелых металлов, чем медицинские препараты.

Выполнены поставленные в начале исследования **задачи**:

- выяснить, чем опасны для организма человека соединения вредных металлов;
- определить наилучшие природные энтеросорбенты;
- овладеть методикой исследования сорбционной активности;
- провести эксперимент по определению сорбционной активности выбранных нами продуктов питания;
- составить памятку (с ним Вы можете ознакомиться в приложении) о полезных свойствах наилучших природных энтеросорбентов.

Результаты проведенного нами исследования заставляют задуматься о том, что порой люди зря недооценивают лекарства, данные им самой природой. Впоследствии я хотела бы подтвердить эту мысль сравнительными исследованиями медикаментов другого действия и их натуральных аналогов.

Список использованных источников информации

1. <http://www.xumuk.ru/encyklopedia> 20.10.2019
2. <http://www.chemport.ru> 13.01.2020
3. <https://elsonmc.ru/arsenic-in-small-doses-arsenic-and-human-health/> 25.11.2019
4. <https://farmamir.ru/nevrologiya/> 15.01.2020
5. <https://wikifood.online/nutrients/soderzhanie-pektina-v-produktah.html> 03.12.2019
6. <https://zdorovko.info/tyazhelye-metally-v-organizme-cheloveka/> 07.01.2020
7. Алексеев В.Н. Количественный анализ.
8. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. М.: Мир, 1984
9. Золотов Ю. А. и др. Основы аналитической химии.
10. Мыкоц Л.П., Романцова Н.А., Гущина А.В. Изучение сорбционной способности пектина, выделенного из плодов калины обыкновенной, по отношению к ионам свинца – научный журнал «Фундаментальные исследования» №3, 2013.
11. Николаев В.Г. Современные энтеросорбенты и механизмы их действия/ В.Г. Николаев, С.В. Михайловский, Н.М. Гурина// Эфферентная терапия. - 2005. - Т.11, №4
12. Российский химический журнал. 1995. Т. 39, № 6.
13. Рябинина Е.И., Зотова Е.Е., Пономарева Н.И., Тимашова А.А., Андреева Н.А. Сорбционная активность свекловичного жома по отношению к ионам свинца – научный журнал «Молодой учёный» №19 (99)/2015.
14. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия. Количественный анализ. Физико-химические методы анализа: практикум: учебное пособие/ Ю.Я. Харитонов, Д.Н. Джабаров, В.Ю. Григорьева. - М.:ГЭОТАР - Медиа, 2012

Приложение 1. Таблицы и графики

Объем раствора $KMnO_4$, потребовавшийся для титрования образцов

t=10 мин				
	тыква	свёкла	актив. уголь	бел. сорбент
$Pb(NO_3)_2$	2	0,5	0,4	0,2
$FeSO_4$	8,7	10,5	9,8	9,8
t=20 мин				
	тыква	свёкла	актив. уголь	бел. сорбент
$Pb(NO_3)_2$	0,4	0,3	0,4	0,2
$FeSO_4$	8,2	7,3	8,3	9,4
t=30 мин				
	тыква	свёкла	актив. уголь	бел. сорбент
$Pb(NO_3)_2$	0,4	0,3	0,4	0,2
$FeSO_4$	8,2	7,3	8,3	9,4

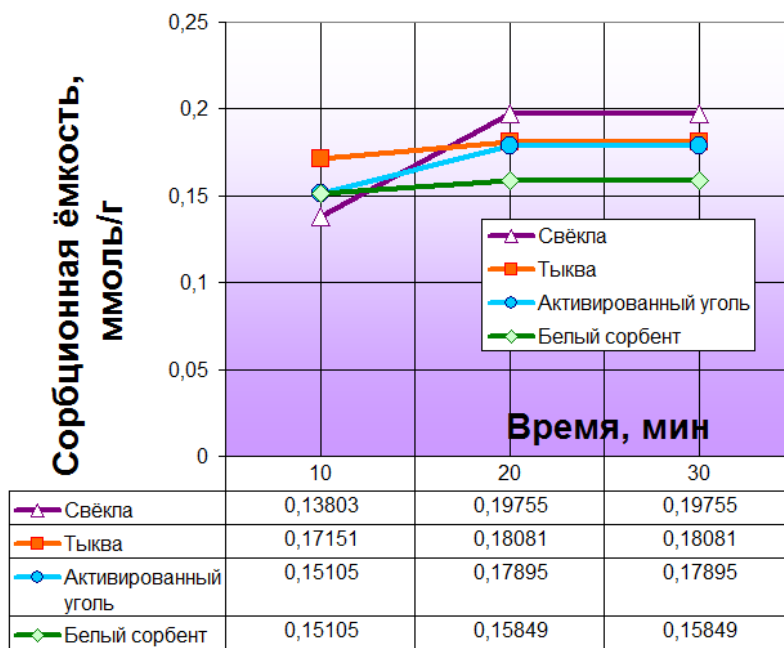
Сорбционная ёмкость энтеросорбентов A_m , ммоль/г

t=10 мин				
	тыква	свёкла	актив. уголь	бел. сорбент
Pb^{+2}	0,302333333	0,325583333	0,327133333	0,330233333
Fe^{+2}	0,17151	0,13803	0,15105	0,15105
t=20 мин				
	тыква	свёкла	актив. уголь	бел. сорбент
Pb^{+2}	0,327133333	0,328683333	0,327133333	0,330233333
Fe^{+2}	0,18081	0,19755	0,17895	0,15849
t=30 мин				
	тыква	свёкла	актив. уголь	бел. сорбент
Pb^{+2}	0,327133333	0,328683333	0,327133333	0,330233333
Fe^{+2}	0,18081	0,19755	0,17895	0,15849

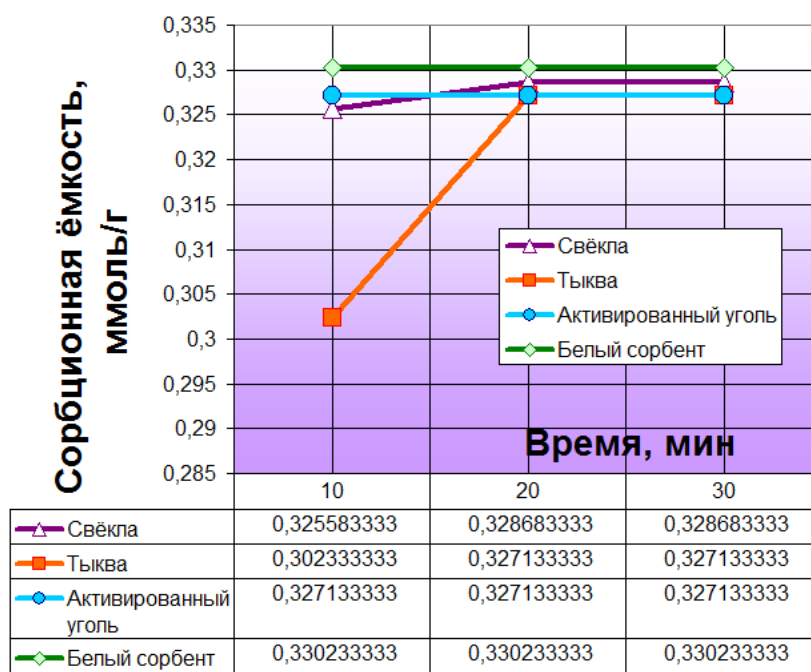
Степень извлечения ионов энтеросорбентами α , %

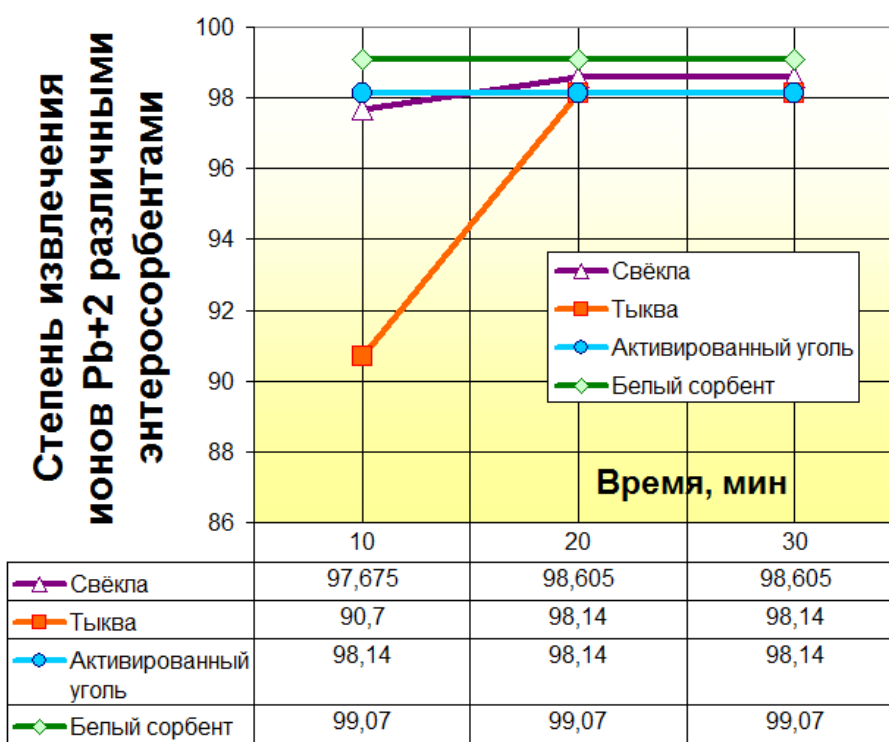
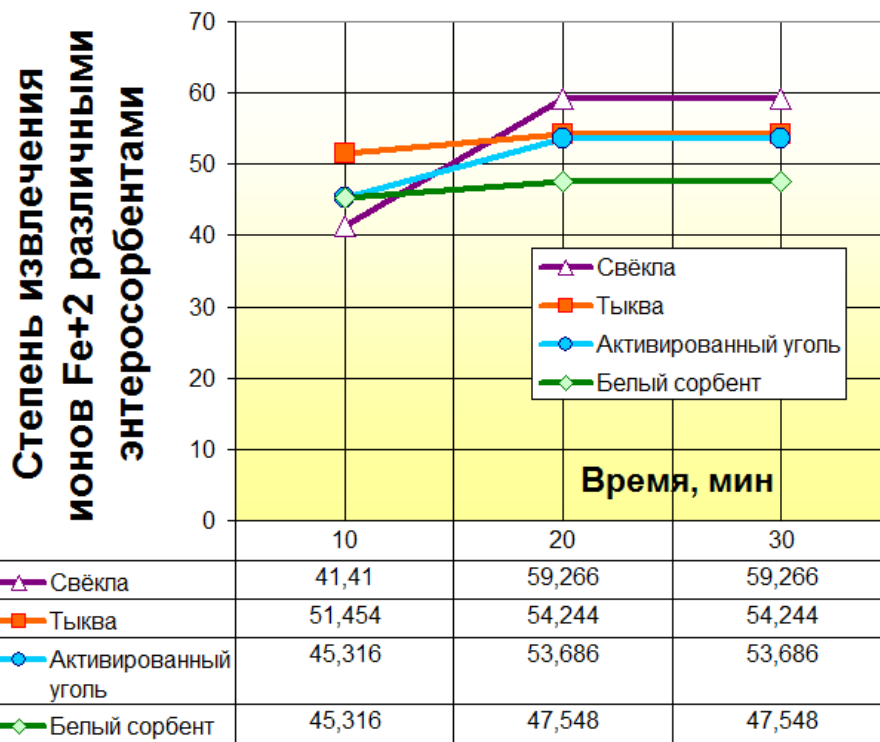
t=10 мин				
	тыква	свёкла	актив. уголь	бел. сорбент
Pb^{+2}	90,7	97,675	98,14	99,07
Fe^{+2}	51,454	41,41	45,316	45,316
t=20 мин				
	тыква	свёкла	актив. уголь	бел. сорбент
Pb^{+2}	98,14	98,605	98,14	99,07
Fe^{+2}	54,244	59,266	53,686	47,548
t=30 мин				
	тыква	свёкла	актив. уголь	бел. сорбент
Pb^{+2}	98,14	98,605	98,14	99,07
Fe^{+2}	54,244	59,266	53,686	47,548

Кинетика сорбции ионов Fe⁺² различными энтеросорбентами



Кинетика сорбции ионов Рb⁺² различными энтеросорбентами





Приложение 2. Расчёты

1. Приготовление рабочих растворов

✓ $KMnO_4$ ($C=0,01M$)

$$C = \frac{n}{V}; C = 0,01M; V = 0,5л; n = \frac{m}{M}$$

$$n = C * V = 0,01 \frac{\text{моль}}{\text{л}} * 0,5л = 0,005\text{моль}$$

$$m = n * M = 0,005\text{моль} * 158 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0,79\text{г}$$

Приготовить раствор для титрования по точной навеске нельзя, так как перманганат калия легко изменяется под действием восстановителей. Поэтому раствор готовят примерной концентрации. \Rightarrow

$$m_{\text{навески}} = 0,8\text{г}$$

✓ $H_2C_2O_4 * 2H_2O$ ($C=0,025M$)

$$C = \frac{n}{V}; C = 0,025M; V = 0,2л; n = \frac{m}{M}$$

$$n = C * V = 0,025 \frac{\text{моль}}{\text{л}} * 0,2л = 0,005\text{моль}$$

$$m = n * M = 0,005\text{моль} * 126 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0,63\text{г}$$

✓ H_2SO_4 ($C=1M$)

$$\omega = 96\%, \rho = 1,84 \frac{\text{г}}{\text{мл}}$$

$$C = \frac{n}{V}; C = 1M; V = 0,5л; n = \frac{m}{M}; m = \rho V$$

$$n = C * V = 1 \frac{\text{моль}}{\text{л}} * 0,5л = 0,5\text{моль}$$

$$m = n * M = 0,5\text{моль} * 98 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 49\text{г}$$

$$m_{\text{ра}(\omega=96\%)} = \frac{m_{\text{в-ва}}}{\omega} = \frac{49\text{г}}{0,96} = 51,04\text{г}$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{51,04\text{г}}{1,84 \frac{\text{г}}{\text{мл}}} = 27,74\text{мл}$$

✓ $Pb(NO_3)_2$ ($C=0,1M$)

$$C = \frac{n}{V}; C = 0,1M; V = 0,2л; n = \frac{m}{M}$$

$$n = C * V = 0,1 \frac{\text{моль}}{\text{л}} * 0,2л = 0,02\text{моль}$$

$$m = n * M = 0,02\text{моль} * 331 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 6,62\text{г}$$

✓ $FeSO_4 \cdot 7H_2O (C=0,1M)$

$$C = \frac{n}{V}; C = 0,1M; V = 0,2л; n = \frac{m}{M}$$

$$n = C \cdot V = 0,1 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \cdot 0,2л = 0,02 \text{ моль}$$

$$m = n \cdot M = 0,02 \text{ моль} \cdot 278 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 5,56 \text{ г}$$

2. Стандартизация раствора $KMnO_4$

$$\bar{V} = \frac{0,0108 + 0,0108 + 0,0108}{3} = 0,01076л$$

$$n_{H_2C_2O_4} = 0,025 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \cdot 0,01л = 0,00025 \text{ моль}$$

$$n_{KMnO_4} = \frac{0,00025 \text{ моль}}{2,5} = 0,0001 \text{ моль}$$

$$C_{KMnO_4} (\text{практич.}) = \frac{0,0001 \text{ моль}}{0,01076л} = 0,0092936 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \approx 0,0093 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

3. Расчет навесок сорбентов

Примерное содержание пектина в овощах взято из таблицы, приведенной в разделе 2. В расчёте использованы средние арифметические из минимальной и максимальной величин.

Пусть $m_{\text{действ.в-ва}} = 1,5г$, тогда

✓ Потребуется 6 таблеток активированного угля, т.к. $m_{\text{действ.в-ва}} = 250\text{мг}$ на 1 табл.,

✓ 5 таблеток белого сорбента, т.к. $m_{\text{действ.в-ва}} = 350\text{мг}$ на 1 табл.,

✓ 25г тыквы, т.к. $m_{\text{действ.в-ва}} \approx 6\text{г}$ на 100г продукта,

✓ 1г свёклы, т.к. $m_{\text{действ.в-ва}} \approx 13,5\text{г}$ на 100г продукта.

4. Вычисление сорбционной емкости и степени извлечения ионов Pb^{+2}

✓ **Свекла**

По истечении 10 мин

$$C_{KMnO_4} = 0,0093 \frac{\text{моль}}{\text{л}}; V = 0,0005л \Rightarrow n = 0,00000465 \text{ моль}$$

$$n_{Pb(NO_3)_2} = 2,5 \cdot n_{KMnO_4} = 0,000005 \text{ моль} \cdot 2,5 = 0,000011625 \text{ моль (из реакции 1, раздел 4)}$$

$$C_0 = 0,1M; C_m = \frac{0,000011625 \text{ моль}}{0,005л} = 0,002325 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$Am = \frac{\left(0,1 \frac{\text{моль}}{\text{л}} - 0,002325 \frac{\text{моль}}{\text{л}}\right) \cdot 0,005л \cdot 1000}{1,5г} = 0,325583333 \frac{\text{ммоль}}{\text{г}}$$

$$\alpha = \frac{\left(0,1 \frac{\text{моль}}{\text{л}} - 0,002325 \frac{\text{моль}}{\text{л}}\right)}{0,1 \frac{\text{моль}}{\text{л}}} \cdot 100\% = 97,675\%$$

По истечении 20 мин

$$C_{KMnO_4} = 0,0093 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}}; V = 0,0003 \text{ л} \Rightarrow n = 0,00000279 \text{ МОЛЬ}$$

$$n_{Pb(NO_3)_2} = 2,5 * n_{KMnO_4} = 0,00000279 \text{ МОЛЬ} * 2,5 = 0,000006975 \text{ МОЛЬ (из реакции 1, раздел 4)}$$

$$C_0 = 0,1 \text{ М}; C_m = \frac{0,000006975 \text{ МОЛЬ}}{0,005 \text{ л}} = 0,001395 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}}$$

$$Am = \frac{\left(0,1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} - 0,001395 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}}\right) * 0,005 \text{ л} * 1000}{1,5 \text{ г}} = 0,328683333 \frac{\text{ММОЛЬ}}{\text{г}}$$

$$\alpha = \frac{\left(0,1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} - 0,001395 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}}\right)}{0,1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}}} * 100\% = 98,605\%$$

По истечении 30 мин

$$V_{KMnO_4} = V_{KMnO_4} \text{ по ист. 20 мин} \Rightarrow$$

Процессы сорбции завершились спустя промежуток времени от 10 до 20 мин.

Результаты сорбции ионов свинца свежлой высчитаны вручную для проверки расчетов, проведенных с помощью таблицы Excel.

Приложение 3. Фотоотчет о проделанной работе

