

**Адсорбционная очистка сока столовой свеклы от ионов тяжелых металлов шунгитом**

**Адсорбційне очищення соку столового буряка від іонів важких металів шунгітом**

**Adsorption purification of red beet juices from heavy metal ions by shungites**

**Adsorption cleaning of juice of table beet from ions of heavy metals of shungite**

Л. Н. Мельник

Л.М.Мельник

L. Melnyk

А. Н. Строй

А.Н.Строй

A. Stroy

Т. В. Шейко

Т.В.Шейко

T. Sheiko

Досліджено процес очищення соку столового буряка від іонів важких металів шунгітом. Науково обгрунтовано механізм адсорбції в системі сок-шунгіт.

**Ключові слова:** Сік столового буряка, іони важких металів, шунгіт

Исследован процесс очистки сока столовой свеклы от ионов тяжелых металлов шунгитом. Научно обоснован механизм адсорбции в системе сок-шунгит.

**Ключевые слова:** Сок столовой свеклы, ионы тяжелых металлов, шунгит

Анотация: Исследван процесса на очистване сокове от цвекло от йоните на тежките метали със помощта на шунгит и неговата структура. Научно обоснован механизма на адсорбцията в система сокове : шунгит.

Abstract: Investigated process purification of red beet juice of heavy metal ions by schungite and structure of adsorbent. Adsorption mechanism in system juice:

shungite scientifically based.

Keywords: Juice of table beet, ions of heavy metals, shungite

### Введение

Сок столовой свеклы – очень полезный и крайне необходим в рационе питания. Он содержит: целлюлозу, пектиновые, минеральные и органические вещества, поливитамины, что делает его продуктом лечебно-профилактического назначения [1].

### Основная часть

Загрязненность окружающей среды, попадание в почву отходов вредных производств влекут за собой и загрязнение корнеплодов столовой свеклы ионами тяжелых металлов: свинцом, цинком, никелем, марганцем, медью, ртутью, накопление которых в организме человека может вызывать хронические отравления и заболевания.

Свинец имеет высокую аккумулятивную способность, накапливается в костях, поражает нервную систему, почки, приводит к раннему атеросклерозу, а в дозах, выходящих 0,6 мг/л, является метаболическим ядом общего действия.

Цинк - незаменимый микроэлемент, поскольку входит в состав жизненно необходимых витаминов и ферментов. При повышенном его содержании в соке изменяет органолептические свойства сока, придавая металлический привкус.

Никель при избыточном поступлении в организм человека нарушает биохимические процессы на клеточном и субклеточном уровнях, что способствует возникновению тяжелых заболеваний.

Марганец принадлежит к эссенциальным микроэлементам, поскольку входит в состав многих ферментов, гормонов, витаминов, которые влияют на процессы роста, кровообразования, формирования иммунитета. Содержание этого микроэлемента не входит в перечень максимально допустимых уровней (МДУ) для сока столовой свеклы.

Медь в организме человека принимает участие в образовании эритроцитов, освобождении тканевого железа, в развитии скелета, центральной нервной

системы и соединительных тканей. Поскольку медь придает соку неприятного вяжущего привкуса, то ее содержание в соке лимитируется.

Кадмий – очень токсичное вещество. Он поражает почки, вызывает гипертоническую болезнь. Его содержание строго регламентируется в соке столовой свеклы.

Ртуть вызывает тяжелое отравление, подавляет работу нервной системы, печени, почек, желудочно-кишечного тракта. Относится к первому классу опасности [2].

С 01.01.2010 г. МДУ содержание ионов тяжелых металлов в соке столовой свеклы регламентируется действующей нормативно технической документацией ДСТУ 7033:2009 „Свекла столовая свежая”. Технические условия.

Очистка сока столовой свеклы от этих вредных примесей без потери его ценных компонентов является актуальной проблемой. Эффективным методом, на наш взгляд, служит адсорбционное поглощение ионов тяжелых металлов природными минеральными сорбентами, например, шунгитом.

Шунгит – минерал углеродной природы. Шунгитовый углерод аморфен, имеет метастабильную глобулярную структуру, не склонный к графитации. Основным элементом сверхглобулярной структуры шунгитового углерода является пористая глобула размером до 10 нм. Наиболее сложная и разнообразная по составу группа шунгитовых пород с силикато-минеральной основой. В этих породах сосредоточена основная масса шунгитового углерода, который делает их универсальными адсорбентами.

В химический состав шунгита, кроме углерода, входят ряд соединений и элементов (%):  $Al_2O_3$  - 4,05;  $Fe_2O_3$  - 1,01;  $Fe_2O$  - 0,32;  $K_2O$  - 1,23;  $CaO$  - 0,12;  $SiO_2$  - 36,46;  $MgO$  - 0,56;  $MnO$  - 0,12;  $Na_2O$  - 0,36;  $TiO_2$  - 0,24 [3].

Минеральные компоненты характеризуются тонкодисперсным распределением в виде кристаллов, слоевых включений и нанокластеров между шунгитовым углеродом.

В структуре сорбента чередуются зоны из углеродных колец – гексагонов. Шунгит имеет свободное пористое пространство, которое представлено

трехмерным лабиринтом взаимосвязанных пор шириной меньше 3,2...3,6 нм. В таких порах адсорбционный потенциал сильно возрастет из-за наложения адсорбционных полей противоположных стенок [4].

### Эксперимент

Целью наших исследований было установление поглощающей способности шунгита относительно ионов тяжелых металлов из сока столовой свеклы. Результаты сравнивали с МДУ.

Методика проведения эксперимента была такой: из столовой свеклы получали сок и нагревали до температуры 50...60°C (создавая условия максимально приближенные к производственным), смешивали с предварительно термоактивированным при температуре 100°C продолжительностью 90 минут, шунгитом в количестве 4,76% масс. и выдерживали 30 минут при постоянном перемешивании (оптимальные условия, определенные опытным путем). Полученную суспензию фильтровали и в фильтрате определяли содержание ионов тяжелых металлов следующим образом: 50 мл фильтрата сока вместе с 25 мл 6М HCl упаривали до объема 5 мл. Полученный концентрат дополняли дистиллированной водой до 100 мл, кипятили и снова упаривали до объема 50 мл, фильтровали и проводили измерение оптической плотности полученного фильтрата. Содержание ионов тяжелых металлов определяли с помощью графической калибровки по стандартным растворам.

### **Уровни содержания ионов тяжелых металлов в соке столовой свеклы до и после обработки его шунгитом концентрацией 4,76% масс., время взаимодействия 30 минут**

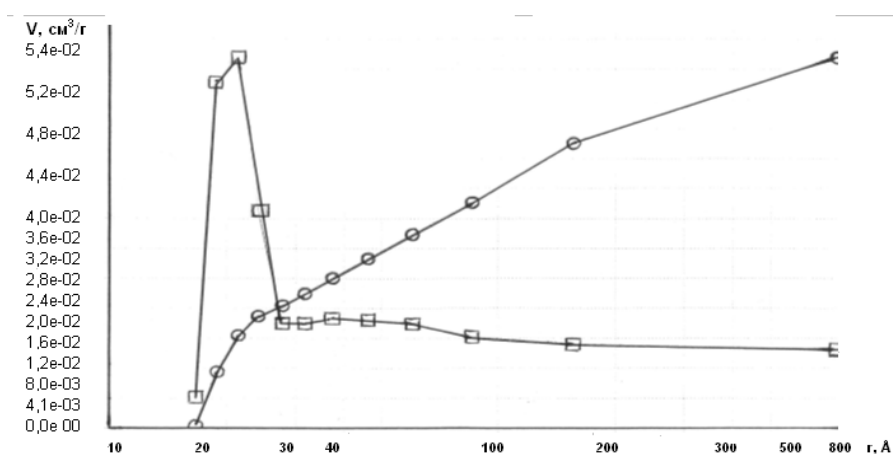
Название иона	МДУ, мг/кг	Массовая концентрация в соке столовой свеклы, мг/кг	
		до обработки	после обработки
Свинец	0,50	2,10	1,15
Цинк	10,00	4,18	2,01

Никель	-	1,66	0,86
Марганец	-	3,74	2,16
Медь	5,00	1,38	0,42
Кадмий	0,03	0,026	0,0023
Ртуть	0,02	0,020	0,015

Анализируя полученные данные, видим, что шунгит активно адсорбирует ионы свинца, цинка и никеля, уменьшая их начальное содержание почти вдвое. Шунгит поглощает марганец, уменьшая его начальное количество на 40...45% и ртуть на 15...20%. Значительную адсорбционную активность минерал проявляет к ионам меди и кадмия. Их количество после обработки сока снижается в три раза, а кадмия – в десять раз, что делает исследуемый адсорбент очень эффективным.

Для научного обоснования избирательной способности шунгита были проведены исследования по определению удельной поверхности адсорбции с помощью электронного газового анализатора.

Полученные результаты представлены на рисунке.



**Рис. Гистограмма распределения пор шунгита.**

- дифференциальная кривая распределения пор по размерам;
- о - интегральная кривая распределения объема пор.

Видно, что шунгит имеет поры радиусом 1,8...80 нм, наибольшее

количество которых находится в диапазоне 1,8...3 нм, имеются мезопоры и макропоры. По гистограмме можно определить распределение объемов пор шунгита: микропор - 0,004...0,018 см<sup>3</sup>/г, мезопор – 0,018...0,032 см<sup>3</sup>/г, макропор - 0,032...0,0546 см<sup>3</sup>/г.

Избирательность адсорбции шунгита к ионам тяжелых металлов объясняется не только наличием микро, мезо, макропор, но и участием в адсорбционных процессах нанотрубок и существованием пор между отдельными нанотрубками, образованными при формировании пакетов.

Следует также отметить, что около 5% нанотрубок имеют углеродные атомы с активными реакционноспособными группами (карбоксильными и гидроксильными), что позволяет дополнительно адсорбировать органические вещества за счет водородных связей.

Фуллерены являются полиненасыщенными системами, электронное облако которых сосредоточено, в большей степени, снаружи молекулы, что позволяет активно принимать участие в реакциях нуклеофильного замещения [4].

#### Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований установлена адсорбционная способность шунгита относительно ионов тяжелых металлов, содержание которых снижается в 2 - 3 раза, а количество некоторых ионов в обработанном соке уменьшается в десять раз. Отработанный сорбент поддается регенерации и утилизации.

#### Литература

1. Самсонова А. Н. Фруктовые и овощные соки/ Самсонова А. Н., Ушева В. Б, 2 – е изд. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 286 с.
2. Смоляр В.И. Питание населения в условиях радиационного загрязнения окружающей среды/ Смоляр В.И. – К. Здоровье. 1991. – 248 с.
3. Ковалевский В. В. Шунгитовые породы – кристаллогенез и нанотехнологии/ В. В. Ковалевский// Минералогия, петрология и минерагенез докембрийских комплексов Карелии. Материалы юбилейной научной сессии. – Петрозаводск: КарНЦРАН. – 2007 с.35-36, с. 335-339.
4. Фуллерены [Л. Н. Сидоров, М. А. Юровская, А. Я. Борщевский, И. В.

Трушков, И. Н. Иоффе]: учебное пособие, - М, «Экзамен», 2005. – 688 с.