



Департамент образования Белгородской области

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение –  
лицей №10 г. Белгорода

## **Использование отходов переработки подсолнечника для очистки окрашенных СТОЧНЫХ ВОД**

**Автор:** Уварова Валерия Александровна,  
ученица 9 класса

**Научный руководитель:** Свергузова  
Светлана Васильевна,  
Доцент кафедры промышленной экологии  
БГТУ им. В. Г. Шухова

г. Белгород 2015

## Содержание

Введение	3
1. Литературный обзор	4
1.1. Загрязнение поверхностных вод	4
1.2. Влияние загрязненности воды на здоровье человека	4
1.3. Состояние водных объектов в Белгороде	5
1.4. Влияние красителей на водные объекты	5
1.5. Методы очистки сточных вод после процесса крашения	6
1.6. Сорбционные методы очистки	7
1.7. Использование отходов растениеводства (подсолнечника)	7
2. Очистка окрашенных вод отходами переработки подсолнечника	8
2.1. Теоретическое обоснование возможности применения сорбента на основе отхода подсолнечника	8
2.2. Исследование свойств адсорбента	9
2.2.1. Калибровочный график для определения красителя МГ	9
2.2.2. Определение рН водной вытяжки адсорбента	9
2.2.3. Определение насыпной плотности адсорбента	9
2.2.4. Определение потерь при прокаливании	11
2.2.5. Определение водопоглощения	11
2.2.6. Влияние массы адсорбента на эффективность очистки сточных вод от красителя МГ	11
2.2.7. Влияние длительности перемешивания на эффективность очистки сточных вод от красителя МГ	12
2.2.8. Влияние температуры водной среды на эффективность очистки сточных вод от красителя МГ	13
Выводы	14
Список литературы	16
Приложения	17

## Введение

Прогресс человечества, развитие культуры и сама жизнь взаимосвязаны с окружающей средой и прямо зависят от того, как она будет сохраняться и использоваться человеком.

Рациональное использование и охрана природных ресурсов – важнейшая задача современности. Особую тревогу вызывают вопросы водопользования, особенно в странах с ограниченными водными ресурсами. Реальная угроза не только количественного истощения природных вод, но и широкомасштабного ухудшения их качества, не позволяющего использовать имеющиеся природные ресурсы [1].

Одними из распространенных загрязняющих веществ в настоящее время являются красители. В большинстве технологических процессов промышленных предприятий при применении органических красителей образуются окрашенные сточные воды. Особое место занимают предприятия текстильной промышленности, как наиболее распространенные и водоемкие.

В зависимости от количества сточных вод и состава загрязнений могут применяться различные методы очистки: механические, электрохимические, биологические, термические, комбинированные [2]. Эти способы зачастую основаны на использовании дефицитных реагентов или дорогостоящего оборудования. Поэтому поиск новых эффективных сорбентов является актуальным.

Целью работы являлось исследование возможности очистки окрашенных растворов отходами растениеводства – измельченными стеблями подсолнечника.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Определить физико-химические свойства переработки подсолнечника;
2. Выявить оптимальные условия для достижения наивысшей эффективности очистки.

## **1. Литературный обзор**

### **1.1. Загрязнение поверхностных вод**

Вода является важнейшим компонентом окружающей природной среды, ограниченным и уязвимым природным ресурсом, обеспечивает экономическое, социальное, экологическое благополучие населения, существование животного и растительного мира.

Развитие промышленности, транспорта, перенаселение ряда регионов планеты привело к значительному загрязнению гидросферы. Загрязнение поверхности водоемов пленками масел, жиров, смазочных материалов препятствует газообмену между водой и атмосферой, что снижает насыщенность воды кислородом и оказывает отрицательное влияние на состояние фитопланктона и является причиной массовой гибели рыбы и птиц [2].

Подсчитано, что ежегодно в мире сбрасывается более  $420 \text{ км}^3$  сточных вод, которые в состоянии сделать не пригодной к потреблению около  $7 \text{ тыс. км}^3$  чистой воды, что в 1,5 раза больше всего речного стока стран СНГ.

Реки используются прежде всего для удовлетворения питьевых и бытовых нужд населения. Поэтому качество природных вод имеет огромное значение [3].

### **1.2. Влияние загрязненности воды на здоровье человека**

Все живое, в том числе и человек, состоит из воды, поэтому ее качество очень сильно влияет на состояние всего живого и в особенности на здоровье человека. С водой человек сталкивается в разных ее видах: питьевая вода, водоем для купания, водоем около места жительства, места частого пребывания.

Известно, что большинство болезней человек выпивает с водой. Учитывая, что у большого количества населения нарушен обмен веществ, процессы накопления вредных соединений стали ускоряться, и нередко в 30 лет молодые люди имеют камни в почках, камни в желчном пузыре, онкологические заболевания и другие виды болезней, связанных с качеством воды. Особое место занимают инфекционные заболевания, которыми мы можем заразиться через воду [4].

Таким образом, совершенно очевидна потребность нашего населения в чистой, прозрачной, без цвета, вкуса и запаха, питьевой воде. Это позволит сохранить здоровье миллионов людей, даст экономию огромных денежных средств, которые потенциально предстоит затратить на оказание медицинской помощи при заболеваниях, возникающих под воздействием употребления некачественной воды [5].

### **1.3. Состояние водных объектов в Белгородской области**

Экологическая ситуация в Белгородской области характеризуется многими негативными тенденциями.

На территории области насчитывается около 500 рек и ручьёв (протяжённостью более 10 км), общая протяжённость речной сети 5 тыс. км; свыше 1100 прудов и водохранилищ. Основная часть гидросети расположена в густо населенных районах с развитой промышленностью и сельскохозяйственным производством. Здесь реки особенно сильно подвержены воздействию промышленных и бытовых сточных вод [6].

Малые и средние реки мелеют, истощаются. Повсеместно нарушаются водосборные территории и водоохранные зоны, распаиваются поймы и склоны балок, уничтожается древесная и кустарниковая растительность на берегах. Все это ведет к деградации водотоков и водоемов, ухудшению качества воды, среды обитания водных животных, снижению рыбопродуктивности.

### **1.4. Влияние красителей на водные объекты**

Критерием загрязненности сточных вод при сбросе красителей в водоемы является ухудшение качества природных вод вследствие изменения их органолептических свойств, появление вредных веществ для человека, животных, птиц, кормовых и промысловых организмов, а также нарушение процесса самоочищения и санитарного режима поверхностных источников. Содержание загрязнений в сточных водах меховой промышленности столь велико, что в случае поступления последних в водный объект может вызвать необратимые процессы, включая полное разрушение в сложившейся экосистеме [1]

Окрашенные сточные воды создают неблагоприятное эстетическое восприятие, влияющие на кислородный режим водоема и угнетающие самоочищение, вследствие адсорбции солнечного света и нарушение процессов фотосинтеза. Вред, наносимый сбросом окрашенных сточных вод в водоемы, помимо указанного отрицательного влияния на светопрозрачность воды и на ассимиляцию водорослей, проявляется в повышении минерализации, а это отрицательно сказывается на вкусовых качествах воды при использовании водоисточника для питьевых целей. Кроме того, увеличение минерализации может угнетать биохимическую жизнь в водоеме. Показано, что красители при концентрации более 0,1 мг/дм<sup>3</sup> влияют на кислородный режим воды, ХПК, БПК<sub>5</sub> и особенно на процессы аммонификации и нитрификации в воде. Определены предельно допустимые концентрации (ПДК) красителей, не влияющие на процессы самоочищения воды, которые составляют < 0,001 мг/дм<sup>3</sup> [7].

### **1.5. Методы очистки сточных вод после процесса крашения**

Окрашенные сточные воды предприятий представляет собой сложную систему, содержащую большое количество разнообразных минеральных и органических примесей. Загрязнения этих сточных вод могут быть в грубодисперсной, коллоидной, молекулярной и ионной формах.

Технологический процесс каждого предприятия по переработке мехового сырья имеет свои особенности, что связано с числом видов обрабатываемого сырья, его качеством, а также используемым оборудованием. Поэтому состав сточных вод отдельных предприятий может значительно отличаться друг от друга по концентрации входящих в них компонентов [8].

В целом, все известные методы очистки сточных вод красильно-отделочных производств можно разделить на три основные группы.

Первая группа - методы, основанные на извлечении загрязнений в осадок или флотошлаки путем сорбции на хлопьях гидроксидов металлов, образующихся при реагентной обработке.

Вторая группа включает сепаративные методы, такие как сорбция на активных цепях и макропористых ионитах, обратный осмос, ультрафильтрация, пенная

сепарация, электрофлотация [9].

Третья группа объединяет деструктивные методы, основанные на глубоких превращениях органических молекул в результате редокспроцессов.

Более широкое распространение получили сорбционные методы. Так, для очистки от красителей предлагается использовать дробленый активированный антрацит, также минеральные сорбенты, в частности глинистые минералы: бентониты, монтмориллониты, перлиты и другие в виде порошков. [10].

В качестве сорбентов можно также использовать кору тинового дерева, рисовую шелуху, хлопковые отходы, уголь, волос, а так же отходы растениеводства, например, подсолнечника и кукурузы.

### **1.6. Сорбционные методы очистки**

Сорбция – это процесс поглощения одного вещества из окружающей среды другим веществом или жидкостью. Поглощающее тело называется сорбентом, а поглощенное – сорбатом.

Адсорбция растворенных веществ – результат перехода молекулы растворенного вещества из раствора на поверхность твердого сорбента под действием силового поля поверхности [11].

В качестве сорбентов применяют различные искусственные и пористые породные природные материалы: золу, коксовую мелочь, торф, силикагели, алюмогели, активные гели и др.

### **1.7. Использование отходов растениеводства (подсолнечника)**

Подсо́лнечник (лат. *Helianthus*) — род растений семейства Астровые. Наиболее известный вид в этом роде растений — подсолнечник масличный (*Helianthus annuus*). Этот вид выращивается практически во всём мире и используется для производства подсолнечного масла [12].

Отходы производства подсолнечного масла (жмых и шрот) используются как высокобелковый корм для скота. Лузга подсолнечника используется для производства биотоплива — топливные брикеты.

В процессе производства подсолнечного масла образуются отходы в виде шелухи от семечек в количестве 11-16%, что соответствует 20 – 150 тоннам отходов в сутки. Наиболее частый способ утилизации шелухи от семечек – вывоз ее на отвалы [13].

Стебли подсолнечника практически не используются. Мы предлагаем использовать эти отходы в качестве адсорбента для очистки сточных вод от красителей. В Белгородской области выращивается около 260 тысяч тонн подсолнечника ежегодно, а следовательно, отход образуется постоянно и требует утилизации. Использование его в качестве адсорбента может стать решением этой проблемы.

## **2. Очистка окрашенных вод отходами переработки подсолнечника**

### **2.1. Теоретическое обоснование возможности применения сорбента на основе отхода подсолнечника**

Исследования в области сорбционной очистки воды ведутся как в направлении совершенствования структуры поверхности классических сорбентов на активированном угле, так и в направлении поиска новых, более дешевых и более эффективных адсорбентов.

На рис. 2.1. представлен микроснимок поверхности подсолнечника.

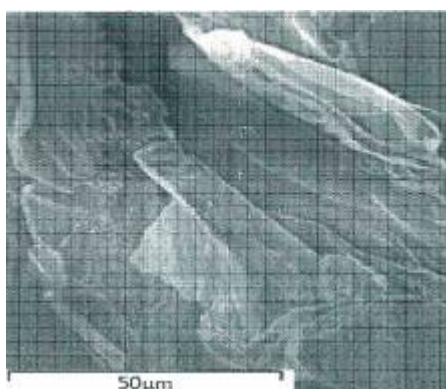


Рис. 2.1. Микроснимок поверхности подсолнечника

На микрофотографии видно, что частицы адсорбента представляют собой объемные рыхлые конгломераты, имеющие выступы, трещины, что свидетельствует о сильной дефектности их поверхности, что является положительным фактором для протекания адсорбционных процессов

Полученный сорбент обладает целым рядом ценных свойств, определяющих области его применения:



- высокая сорбционная способность;
- хорошо развитая активная удельная поверхность;
- экологическая чистота и безопасность применения.

Нами были проведены экспериментальные исследования по использованию подсолнечника в качестве сорбента для очистки сточных вод, содержащих краситель метиленовый голубой и повышения эффективности процесса.

Были исследованы стебли и корзинки подсолнечника, предварительно очищенные от семян и измельченные до размера 3-5 мм<sup>2</sup>.

## 2.2. Исследование свойств адсорбента

### 2.2.1. Калибровочный график для определения красителя МГ

Построение калибровочного графика проводилось по методике, описанной в приложениях. Полученные данные представлены в на рис. 2.2

Калибровочный график для определения содержания красителя метиленового голубого представлен на рис. 2.3.

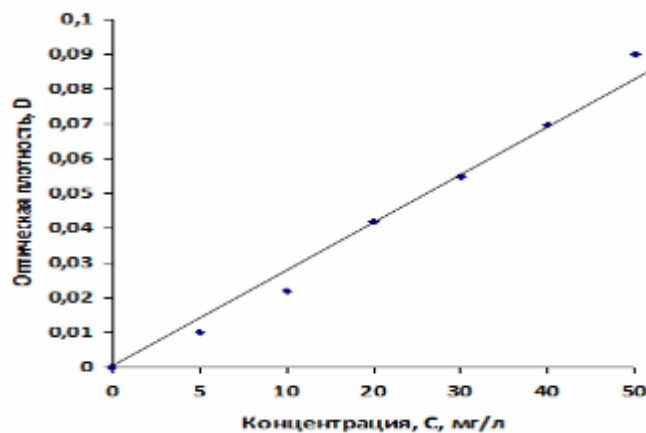


Рис. 2.3 Калибровочный график для определения красителя МГ (толщина кюветы 10 мм;  $\lambda = 540$  нм)

### 2.2.2. Определение рН водной вытяжки адсорбента

Для определения рН была приготовлена водная вытяжка из измельченного сорбента. Для этого взвесили 5 грамм сорбента, прибавили 100 мл дистиллированной воды, перемешивали в течении 10 минут, затем отфильтровали и измерили рН.

рН=6,53 (водная вытяжка измельченных стеблей подсолнечника)

рН=6,96 (водная вытяжка измельченных корзинок подсолнечника)

### 2.2.3. Определение насыпной плотности адсорбента

Насыпная плотность представляет собой массу единицы объема рыхло насыпанных сыпучих материалов без уплотнения ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ). Насыпная плотность сыпучих материалов зависит от формы и размеров отдельных частиц (гранулометрического состава), плотности, влажности, шероховатости и других факторов.

Определение насыпной плотности проводилось в соответствии с методикой, приведенной в приложениях. В результате насыпная плотность измельченных стеблей подсолнечника составила  $0,098 \text{ г}/\text{см}^3$ , а корзинок  $0,101 \text{ г}/\text{см}^3$ .

### 2.2.4. Определение потерь при прокаливании

Определение потерь при прокаливании проводили по методике, указанной в приложениях. В результате опыта получили, что п.п.п. измельченных стеблей подсолнечника составляет 82,4%, а корзинок 89,8 %:

$$\text{П.п.п} = \frac{3,52 - 0,62}{3,52} \cdot 100 = 82,4\% \quad (2.1)$$

$$\text{П.п.п} = \frac{4,23 - 0,43}{4,23} \cdot 100 = 89,8\%$$

### 2.2.5. Определение водопоглощения

Водопоглощение – это способность материала впитывать и удерживать в своих порах влагу; отношение массы воды, поглощенной образцом при полном насыщении, к массе сухого вещества (выражается в процентах). Это важная характеристика для исследования кинетики процесса адсорбции. Поэтому нами был проведен эксперимент по ее определению.

Водопоглощение определяли по методике, приведенной в приложениях. В результате проведенного опыта получили, что водопоглощение по весу составляет 70%:

$$W = \frac{13 - 10}{10} \cdot 100 = 30\% \quad (2.2)$$

Таким образом, получено, что водопоглощение составляет 30%.

### 2.2.6. Влияние массы адсорбента на эффективность очистки сточных вод от красителя МГ

Целью данных исследований являлось установление параметров, влияющих на эффективность очистки модельных растворов содержащих краситель МГ. Важным моментом в очистке модельных растворов содержащих данный краситель является правильное определение количества адсорбента необходимого для очистки. В работе использовались модельные растворы, содержащие краситель в концентрациях 30 и 50 мг/л. Пользуясь методикой, описанной в приложениях, получили следующие данные, представленные на рис. 2.4, 2.5.

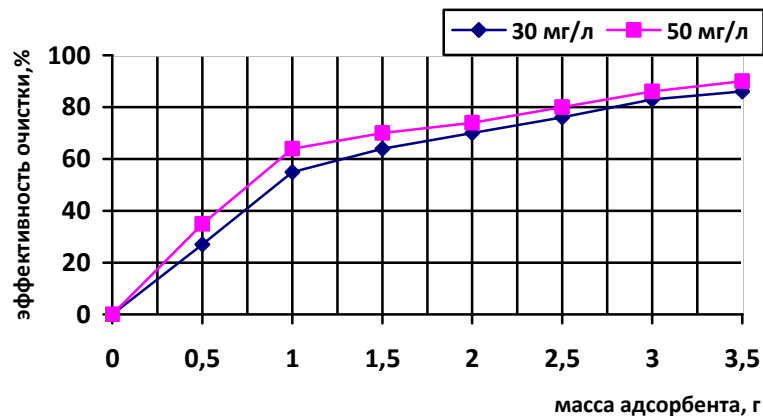


Рис. 2.4. Зависимость эффективности очистки красителя МГ от массы стеблей подсолнечника для растворов с концентрациями 30 и 50 мг/л ( $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\tau = 10\text{ мин}$ )

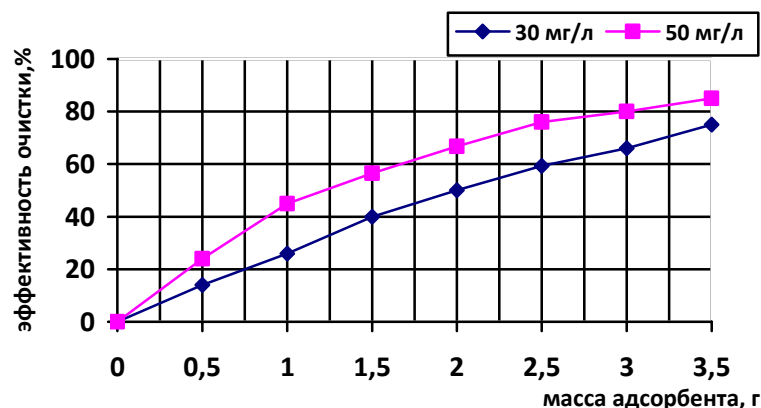


Рис. 2.5. Зависимость эффективности очистки красителя МГ от массы корзинок подсолнечника для растворов с концентрациями 30 и 50 мг/л ( $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\tau = 10\text{ мин}$ )

Установлено, что максимальная эффективность очистки модельных растворов с концентрацией 30 и 50 мг/л достигается при добавлении 3 г адсорбента и достигает 85-90%. Анализ полученных зависимостей показал, что в зависимости от массы адсорбента возрастает и эффективность очистки модельных растворов от данного красителя до определенного значения. При дальнейшем добавлении большей массы дефеката эффективность очистки существенно не изменяется.

### 2.2.7. Влияние длительности перемешивания на эффективность очистки сточных вод от красителя МГ

Выяснив, какая масса адсорбента эффективнее всего очищает модельные растворы содержащие данный краситель, необходимо выяснить, как влияет время перемешивания на эффективность очистки, при добавлении к модельным раствора 3 г адсорбента.

Пользуясь методикой, описанной в приложениях, получаем следующие данные, представленные на рис. 2.6, 2.7.

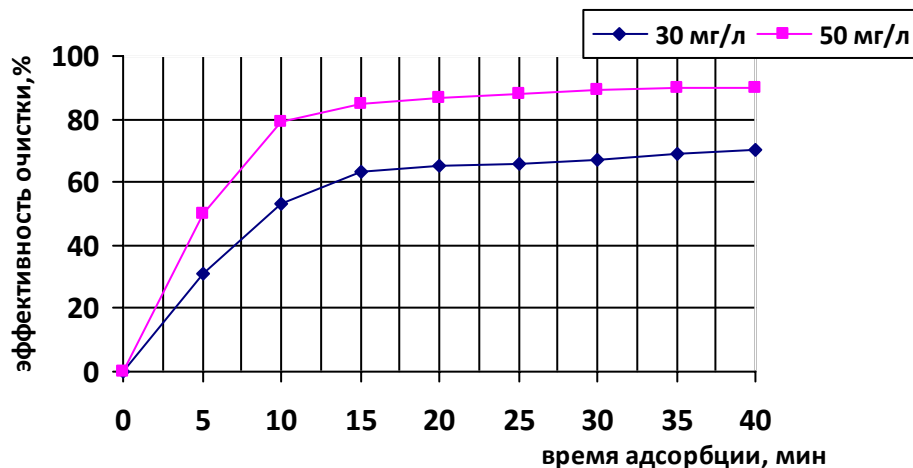


Рис. 2.6. Зависимость эффективности очистки красителя МГ от времени перемешивания для модельных растворов с концентрациями 30 и 50 мг/л ( $m = 3$  г;  $T = 20$  °С), адсорбент – стебли подсолнечника

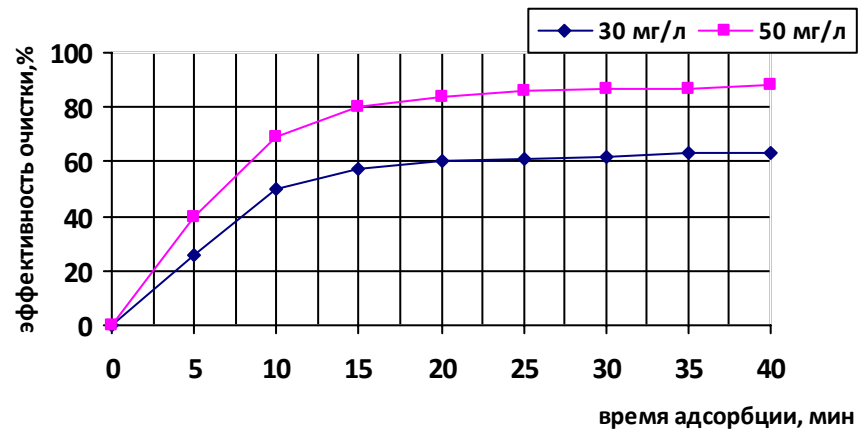


Рис.2.7. Зависимость эффективности очистки красителя МГ от времени перемешивания для модельных растворов с концентрациями 20 и 30 мг/л ( $m = 3$  г;  $T = 20$  °С), адсорбент – корзинки подсолнечника

По полученным результатам можно судить о том, что процесс очистки модельных растворов с помощью отхода растениеводства - подсолнечника, с массой навески 3 г для концентраций 30 и 50 мг/л, происходит в течение 25 минут. В дальнейшем при продолжении перемешивания существенных изменений не происходит. Эффективность очистки достигает 90%.

### 2.2.8. Влияние температуры водной среды на эффективность очистки сточных вод от красителя МГ

Выяснив, что на эффективность очистки могут влиять разные факторы: масса сорбента, время перемешивания, осталось выяснить, как влияет температура среды на процесс очистки модельных растворов, содержащие данный краситель. Это необходимо, так при крашении шерсти образуются сточные воды с температурой около 40–50 °С.

Пользуясь методикой, описанной в приложениях, получаем следующие данные, представленные на рис. 2.8, 2.9.

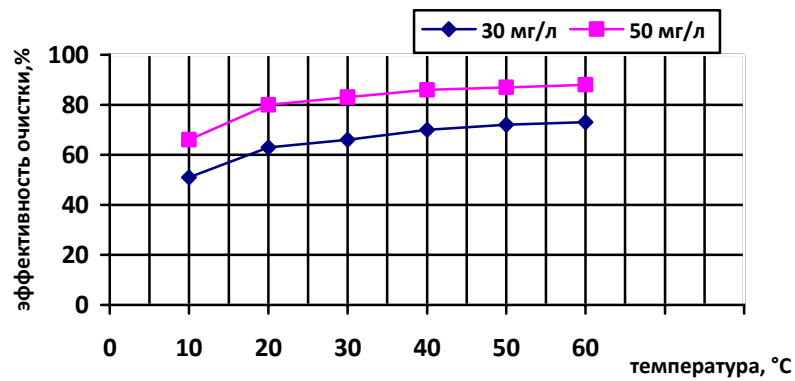


Рис. 2.8. Зависимость эффективности очистки красителя МГ от температуры для модельных растворов с концентрацией 30 и 50 мг/л ( $m = 3$ ;  $\tau = 25$  мин), адсорбент – стебли подсолнечника

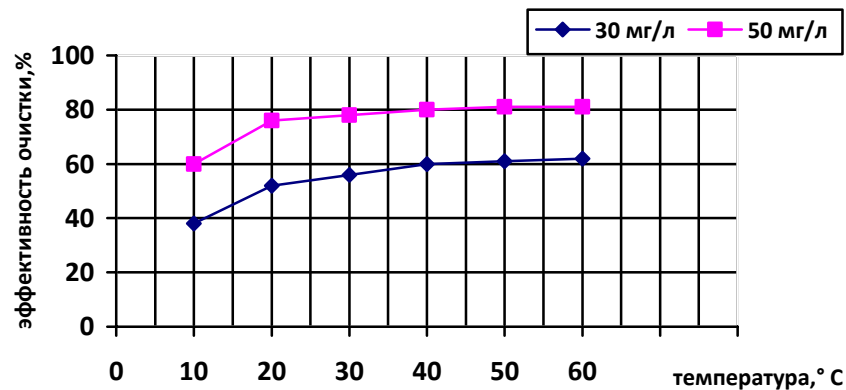


Рис.3.18. Зависимость эффективности очистки красителя МГ от температуры для модельных растворов с концентрацией 30 и 50 мг/л ( $m = 3$ ;  $\tau = 25$  мин), адсорбент – корзинки подсолнечника

Анализируя полученные зависимости, приходим к выводу, что при увеличении температуры увеличивается и эффективность очистки модельных растворов от красителя МГ.

### Выводы

Ассортимент красителей, используемых предприятиями текстильной промышленности, постоянно расширяется. Между тем, красители являются весьма токсичными и одними из самых трудноудаляемых загрязнителей сточных вод.

Наиболее эффективным способом очистки сточных вод от красителей являются сорбционные способы.

Целью данной работы является разработка адсорбционного способа очистки сточных вод от красителей с помощью отхода растениеводства - подсолнечника.

Экспериментально установлена сорбционная емкость подсолнечника по красителю МГ, которая составляет 55 мг/г сорбента.

Построены кривые сорбции-десорбции исследуемого сорбента. Выявлено, что сорбция носит молекулярный характер; химическая сорбция.

Установлено, что степень очистки сточных вод от красителя МГ с помощью подсолнечника достигает 90%.

Установлены оптимальные условия процесса адсорбции с помощью подсолнечника: время перемешивания – 25 минут; навеска сорбента – 3 г; температура – 20 °С.

Из результатов исследований следует, что подсолнечник обладает высокой эффективностью очистки от основных компонентов СВ загрязненных красителем МГ, а значит его использование в качестве сорбента при очистке таких сточных вод является перспективным.

## Список литературы

1. Человек и среда обитания / Под редакцией Г. В. Лисичкина и Н. Н. Чернова.– М.: Мир, 2003. – 166 с.
2. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: Кривошеин Д. А., Кукин П. П., Лапин В. Л. и др.– М.: Высшая школа, 2003. – 155с.
3. *Арустамов, Э. А.* Природопользование / Э. А. Арустамов – М.: Дашков и К, 2007. – 66 с.
4. *Дерпгольц, Н.Л.* Вода во вселенной/ Н.Л.Дерпгольц – Л.: «Недра», 1971
5. Глинка, Н.Л. Общая химия/Н.Л.Глинка– Ленинград, 1984.- 176с.
6. Глазунов Е.Г. Состояние окружающей среды и использования природных ресурсов Белгородской области в 2000 году. - Белгород.: Комитет природных ресурсов по Белгородской области, 2001. - 158 с.
7. *Зубков, В. В.* Значение воды для промышленности [Электронный ресурс] / Зубков Виктор Васильевич. – М.:, 2000. – Режим доступа: <http://www.akvaekoprom.ru>
8. *Иванов, Н. Г.* Классификация методов очистки от красителей [Электронный ресурс] / Иванов Николай Гаврилович. – М.:, 1999. – Режим доступа: <http://www.sutd.ru/fils/diss/taraenkov.rtf>.
9. *Гуридьев, С. А.* Методы очистки сточных вод от красителей [Электронный ресурс] / Гуридьев Сергей Анатольевич. – СПб., 2002. – Режим доступа: <http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php>.
10. *Зайцев, А. А.* Очистка сточных вод от красителей [Электронный ресурс] / Зайцев Аркадий Андреевич. – М.:, 2001. – Режим доступа: <http://www.dic.ru>
11. *Бауман, В .А.* Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / Уч. Для студентов ВУЗов. 2-ое изд /В. А. Бауман. – М.: Машиностроение, 1981. – 326 с.
12. *Сапожников, М. Я.* Справочник по оборудованию заводов строительных материалов / М. Я. Сапожников. – М.: Стройиздат, 1970. – 487 с.
13. *Кедров, В. С.* Водоснабжение и канализация / В. С. Кедров. – М.: Стройиздат, 1979. – 452 с.



# Приложения

## I. Объекты и методы исследования

### I.I. Исследуемые материалы

В качестве используемых материалов выбраны: отход растениеводства – стебли и корзинки подсолнечника и модельные воды, содержащие краситель метиленовый голубой (МГ).

### I.II. Подсолнечник как объект исследования

Подсолнечник - род однолетних и многолетних растений семейства сложноцветных.

Корень у него стержневой, проникающий в почву на глубину 3 - 4 м и распространяющийся в стороны до 120 см. Сильно развитая корневая система позволяет подсолнечнику использовать влагу глубоких горизонтов, что дает ему возможность хорошо произрастать в степных засушливых районах нашей страны.

Стебель у подсолнечника прямостоячий, деревянистый, покрыт жесткими редкими волосками, неветвящийся. Соцветие - корзинка в виде плоского диска диаметром от 10 до 40 см. Корзинка окружена несколькими рядами оберточных листочков. На рис. 1. представлен поперечный срез стебля подсолнечника.

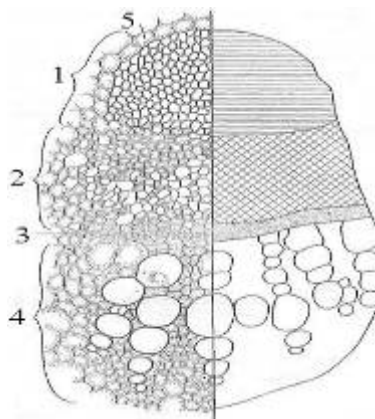


Рис. 1. Открытый коллатеральный проводящий пучок на поперечном срезе стебля подсолнечника (слева - детальный рисунок, справа - схематичный): 1 - склеренхима, 2 - флоэма, 3 - камбий, 4 - ксилема, 5 - основная паренхима стебля

### **I.Ш. Методы и методики, используемые в работе**

#### **Определение рН водной вытяжки подсолнечника**

Водородный показатель (рН) представляет собой отрицательный логарифм концентрации водородных ионов в растворе:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+].$$

Для определения рН используют рН-метрию. рН-метрия предполагает измерение водородного показателя с помощью стационарных (лабораторных) приборов – рН-метров. Точность измерения водородного показателя с помощью рН-метра может быть высока до 0,1 единиц рН и менее.

Для определения рН была приготовлена водная вытяжка из подсолнечника. Для этого взвесили 5 г подсолнечника, прибавили 100 мл дистиллированной воды, перемешивали в течении 10 мин, затем отфильтровывали и измеряли рН на рН-метре.

#### **Определение насыпной плотности подсолнечника**

В предварительно взвешенную емкость с высоты 15 см пересыпали измельченный исследуемый материал, сняли вершину и взвесили. Затем пересыпали в исходный сосуд, а в используемую емкость из мерного цилиндра налили воды, замеряя при этом ее объем. Насыпную плотность рассчитывали как отношение массы пыли к занимаемому объему.

#### **Определение потерь при прокаливании подсолнечника**

Навеску подсолнечника из средней пробы постепенно нагревают в предварительно прокаленном и взвешенном фарфоровом тигле в муфельной печи при 950–1000 °С до постоянной массы. Нагрев ведут сначала при невысокой температуре, а затем постепенно повышают до указанной с выдержкой в течение 30 мин. Повторное прокалывание ведут в течение 5 мин.

Потерю при прокаливании определяют по формуле:

$$\text{П.п.п.} = \frac{G_1 \cdot 100}{G_2}$$

где  $G_1$  – разность в весе тигля с навеской до и после прокаливания, г;  $G_2$  – масса исходной навески, г.

### **Определение водопоглощения подсолнечника**

Водопоглощение зависит от пористости материала, однако по абсолютной величине оно всегда меньше пористости, т.к. вода с большим трудом проникает в замкнутые поры, а в крупных порах не может удерживаться и лишь смачивает стенки пор. Величина объемного водопоглощения:

$$W = \frac{G_n - G_{\text{сух}}}{V \cdot 100}$$

Величина водопоглощения по весу:

$$W = \frac{G_n - G_{\text{сух}}}{G_{\text{сух}} \cdot 100}$$

где  $G_n$  – вес материала в насыщенном водой состоянии, г;  $G_{\text{сух}}$  – вес материала в сухом состоянии, г;  $V$  – объем материала, см.

### **Приготовление модельных сточных вод**

Для проведения эксперимента необходимо приготовить модельные растворы, содержащие краситель метиленовый голубой.

Использовали модельные растворы с концентрациями данного красителя: 30 и 50 мг/л.

Для приготовления модельных растворов, необходимо приготовить основной стандартный раствор; он соответствует 100 мг/л данного красителя: навеску красителя 0,1 г переносят в мерную колбу на литр и доводят объем дистиллированной водой до метки. Для приготовления растворов с концентрациями 50 и 30 мг/л, отбирают 500 и 300 мл стандартного раствора, переносят в мерные колбы на литр и доводят объем дистиллированной водой до метки.

### **Методика определения концентрации красителя метиленового голубого фотометрическим методом**

Применяемые реактивы, аппаратура, посуда:

- фотоэлектроколориметр типа Photoelectric colorimeter AP-101;

- кювета с толщиной поглощения 10 мм;
- весы аналитические лабораторные класс точности 1,2 по ГОСТ 24104–80;
- колбы мерные второго класса, вместимостью 100 см<sup>3</sup> по ГОСТ 1770–74;
- пипетки мерные с ценой наименьшего деления 0,1–0,5 см<sup>3</sup> вместимостью 1,5 – 10 см<sup>3</sup> по ГОСТ 20292–74;
- вода дистиллированная по ГОСТ 6709–72.

*Подготовка к анализу.* Для построения калибровочного графика готовят раствор, содержащий 100 мг/л красителя метиленовый голубой. В мерные колбы, емкостью 100 мл помещают 5; 10; 20; 30; 40; 50 мл основного раствора. Доводят объем до метки дистиллированной водой. Полученные растворы тщательно перемешивают и оставляют на 10 мин. После этого измеряют оптическую плотность при  $\lambda = 540$  нм и толщине кювет 50 мм. В качестве контрольной пробы используют дистиллированную воду.

### **Определение эффективности очистки модельных сточных вод в зависимости от массы сорбента**

В ходе эксперимента использовали модельные растворы с концентрациями 30 и 50 мг/л.

*При концентрации 30 мг/л.* К 50 мл приготовленного раствора добавляли навески подсолнечника, массой 1; 1,5; 2; 2,5; 3 г, тщательно перемешивали в течение 10 мин, отфильтровывали и измеряли оптическую плотность. Предварительно измеряли оптическую плотность неочищенного раствора. Исходя из полученных значений оптической плотности определяли эффективность очистки по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{C_{\text{исх}} - C_{\text{кон}}}{C_{\text{исх}}} \cdot 100\% ,$$

где  $\mathcal{E}$  – эффективность очистки, %;  $C_{\text{исх}}$  – концентрация неочищенных сточных вод, найденная по графику, мгО/л,  $C_{\text{кон}}$  – концентрация после очистки модельных растворов, мгО/л.

*При концентрации 50 мг/л.* К 50 мл приготовленного раствора добавляли навески подсолнечника, массой 1; 1,5; 2; 2,5; 3 г, тщательно перемешивали в течение

10 мин, отфильтровывали и измеряли оптическую плотность. Эффективность очистки определяли по формуле 2.4.

**Определение эффективности очистки модельных сточных вод  
в зависимости от времени перемешивания**

К 50 мл приготовленного раствора добавляли навески подсолнечника, массой 3 г, тщательно перемешивали в течение 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40 мин, отфильтровывали, измеряли оптическую плотность. Предварительно измеряли оптическую плотность неочищенного раствора. Эффективность очистки определяли по формуле 2.4.

**Определение эффективности очистки модельных сточных вод  
в зависимости от температуры**

К 50 мл приготовленного раствора с добавляли навески подсолнечника, массой 3 г, нагревали до температуры 10; 20; 30; 40; 50; 60; тщательно перемешивали в течение 20 мин, отфильтровывали и измеряли оптическую плотность. Предварительно измеряли оптическую плотность неочищенного раствора. Далее, исходя из полученных значений оптической плотности, определяли эффективность очистки по формуле 2.4.