

**Региональный конкурс исследовательских проектных и работ
школьников «Высший пилотаж-Пенза»2023**

**Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Средняя общеобразовательная школа № 47» г. Пензы**

Название работы:

**«Изучение возможности
реализации фитомайнинга в
придорожных зонах
г. Пензы»**

Составил:

ученица 10А класса

Воронкова В.

Научный руководитель:

учитель химии и биологии

Волкова И.Ю.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	4
1.1. Фитомайнинг – взгляд в будущее на экологию	4
1.2. Загрязнение тяжёлыми металлами объектов придорожной зоны	4
1.3. Качественные реакции на катионы тяжёлых металлов	5
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	8
2.1. Материалы исследования	8
2.2. Методы исследования.....	8
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	10
3.1. Отбор образцов и пробоподготовка	10
3.2. Проведение качественных реакций.....	10
ВЫВОДЫ.....	12
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
<i>Приложение 1</i>	<i>15</i>
<i>Приложение 2.....</i>	<i>17</i>

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос экологической безопасности населения всегда остро стоит на повестке дня учёного мира. Промышленная деятельность человека приводит к загрязнению воздуха, воды, почвы, а значит и биогеоценозов, нарушая природные процессы, а также понижая качество жизни человека.

Все мы знаем, что города характеризуются крупными выбросами загрязняющих веществ, например, от производств, а также автотранспорта.

Человек, пытаясь улучшить экологическую и эстетическую обстановку в городе, организует зелёные полосы у дорог, на которых высаживаются цветы, или деревья, или же произрастают дикорастущие растения, которые потом просто скашивают. Такой подход создаёт видимость облагороженной почвы, однако, на наш взгляд, является замкнутой системой перехода загрязняющих веществ, например, из выхлопных газов автомобилей, в почву, затем растения, и снова в почву.

Однако, можно использовать даже такие маленькие участки незаасфальтированной земли с пользой: выращивать специальные растения, которые поглощают, например, тяжёлые металлы, затем в определённом периоде вегетации осуществляется их уборка для использования в фитомайнинге.

Целью нашей работы является изучение возможности реализации фитомайнинга в придорожных зонах г. Пензы.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

- 1) изучить литературу по рассматриваемой теме;
- 2) подобрать методику пробоподготовки;
- 3) подобрать качественные реакции для определения наличия тяжёлых металлов;
- 4) сделать вывод о возможности реализации фитомайнинга на исследуемом участке.

Объект исследования: травянистое растение Горец птичий (*Poligonum aviculare* L.).

Предмет исследования: качественные реакции на катионы тяжёлых металлов.

Метод исследования: химический эксперимент.

Гипотеза исследования: при обнаружении загрязнений тяжёлыми металлами исследуемых образцов возможно выращивание на данном участке почвы специальных сортов растений для использования в фитомайнинге.

Актуальность темы: исследование по данной теме позволит разработать простые способы определения городских участков почв, которые можно использовать в фитомайнинге, посредством проведения пробоподготовки и качественных реакций, не затрачивая много времени и средств.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Фитомайнинг – взгляд в будущее на экологию

Давно известные методы добычи полезных ископаемых с помощью горнодобывающей промышленности всё больше оказывают пагубное воздействие на окружающую среду, загрязняя пылегазовыми выбросами, оседающими на почву, растения, открытые водоёмы.

Перед учёными была поставлена задача – поиск новых методов очистки загрязнённых территорий от тяжёлых металлов. Исследования привели к появлению целой системы извлечения металлов из почв и водоёмов – биодобыче [11].

Термин «биодобыча» включает в себя различные методы биологической технологии использования микроорганизмов, грибов, водорослей и растений для поглощения тяжёлых металлов своей биомассой с последующей их переработкой [11]. В настоящее время известны такие виды биологической технологии извлечения металлов [11] – биовыщелачивание из отвалов, кучное биовыщелачивание, чановое биовыщелачивание и фитомайнинг (фитодобыча).

Фитомайнинг – одно из перспективнейших направлений экологии и химии в фитодобыче полезных ископаемых [11]. Сущность его заключается в выборе и посеве растения (специфичного для загрязняющего данный участок почвы металла). Затем в период ожидания созревания, т.е. достижения максимальной высоты растения, почву обрабатывают специальным реагентом, который растворяет находящийся в ней металл, например, золото, что способствует поглощению растением растворённых форм металла и накоплению его в собственной биомассе. По завершении вегетационного периода растения происходит его обычная агротехническая уборка, после чего растительную массу подвергают пиролизу в анаэробных условиях или сжиганию, для получения сырья, из которого извлекают привычными методами интересующие металлы.

Специфичные к металлам растения, способные аккумулировать высокие концентрации тяжёлых металлов в своей биомассе, называются гипераккумуляторами, которые в отличие от растений – не аккумуляторов, способны накапливать в себе концентрации металлов в 1000 раз больше, чем в почве, на которой они произрастают [11]. Такое явление связано с адаптацией растений в ходе эволюции, чтобы занять экологическую нишу, не доступную другим видам.

Рассмотрим некоторые тяжёлые металлы и их гипераккумуляторы, которые могут быть как древесными, так и травянистыми растениями, а также кустарниками [5; 11]:

- цинк – роза морщинистая (*Rosa rugosa* Thunb.) и ярутка (*Thlaspi calaminare*);
- кадмий – альпийский пенниграсс (*Thlaspi caerulescens*);
- свинец – круглолистный мороз (*Thlaspi rotundifolium*);
- медь – *Haumaniastrum katangense* (из семейства мяты), ипомея (*Ipomoea alpine*);
- марганец – макадамия (*Macadamia Neurophylla*);
- железо – подорожник большой (*Plantago major* L.).

Эти и многие другие виды стоят в числе первых по способности накапливать тяжёлые металлы.

1.2. Загрязнение тяжёлыми металлами объектов придорожной зоны

Большая часть жизнедеятельности человека наносит непоправимый вред окружающей природе: в крупных городах это различные предприятия и, конечно же, автотранспорт.

Выхлопные газы автомобилей являются сложной смесью загрязняющих веществ органического и неорганического происхождения [3; 12]. К основным компонентам относятся: оксиды азота и углерода, диоксиды серы и азота, сернистый ангидрид, органические вещества, некоторое количество сажи и взвешенные частицы, которые содержат в себе соединения железа и тяжёлых металлов, таких как, свинец, медь, кобальт, никель, хром, цинк и др.

Продукты сгорания топлива попадают на близлежащую территорию, загрязняя всё вокруг: почву, здания, траву, кустарники и деревья. Интенсивность загрязнения придорожной зоны зависит от расстояния до дороги, что подтверждается исследованиями многих авторов [5; 10], и больше всего пагубное воздействие наблюдается на растительность.

На основе литературных данных нами был определён объект для исследования – травянистое растение «Горец птичий» (*Poligonum aviculare* L.) или спорыш [6].

Выбор данного вида обусловлен несколькими факторами:

- a) широкое использование данного растения в лечебных целях;
- b) использование спорыша в качестве кормов для сельскохозяйственных животных;
- c) повсеместное произрастание на территории Пензенской области в придорожных зонах;
- d) наличие исследований его способности гипераккумулировать тяжёлые металлы в своих надземных органах [6], к примеру, медь, молибден и др.

Местоположение объекта исследования было выбрано на основе мониторинга влияния автомобильного транспорта на воздушный бассейн города Пензы А.Д. Шумилина, Н.Н. Вершинина, Л.А. Авдониной [13]. Где полученные данные показали, что наибольшая интенсивность движения автомобилей, а соответственно и наибольшая концентрация вредных веществ от выхлопных газов наблюдается в районе перекрёстка ул. Суворова – ул. Чехова.

1.3. Качественные реакции на катионы тяжёлых металлов

Для определения химического состава вещества или смеси веществ в химии отведён специальный раздел – аналитическая химия, которая, в свою очередь, использует качественный и количественный анализ. В нашей работе мы будем использовать качественный анализ, который позволяет определить присутствие или отсутствие тех или иных компонентов в исследуемом образце. Выбор качественных реакций основан на наблюдении характерного визуального эффекта [2; 9]:

- изменение окраски раствора;
- выпадение или растворение осадка;
- выделение газа;
- образование кристаллов характерной формы.

Вещество, которое используют для проведения качественной реакции, называют реагентом [2].

Исследование индивидуальных химических веществ проводится легче, чем смеси, поскольку один реагент может вступить в реакцию сразу с несколькими компонентами, что является недостоверным результатом. Именно поэтому при выборе качественных реакций необходимо учитывать предполагаемый состав исследуемого образца.

Качественные химические реакции бывают нескольких видов [1]:

- селективные (избирательные или групповые) – реакции дают сходный внешний эффект с несколькими веществами или ионами;
- специфические – реакции, которые позволяют обнаружить вещество или ион в присутствии других веществ.

Катионы металлов на основе сходных свойств объединяют в аналитические группы, используя разные классификации (сульфидную, аммиачно-фосфатную и кислотно-основную). Такой подход позволяет исследовать многокомпонентные смеси, содержащие катионы из разных и одинаковых групп, с помощью качественных реакций.

Рассмотрим более подробно кислотно-основную классификацию (табл. 1) [1], которая основана на различии в растворимости хлоридов, сульфатов и гидроксидов, когда на смесь исследуемых катионов действуют растворами HCl, H₂SO₄, NH₃, NaOH в строго определённом порядке, отделяя последовательно катионы каждой из групп.

Таблица 1

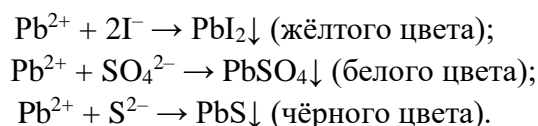
Деление катионов на группы по кислотно-основной классификации

Группа	Катионы	Групповой реагент	Получаемое соединение	Групповая характеристика
I	Li ⁺ , K ⁺ , Na ⁺ , NH ₄ ⁺	Нет	–	Хлориды, сульфаты и гидроксиды, растворимые в воде
II	Ag ⁺ , Pb ²⁺ , Hg ₂ ²⁺	2 н. HCl	Осадки AgCl, PbCl ₂ , Hg ₂ Cl ₂	Хлориды, нерастворимые в воде
III	Ba ²⁺ , Ca ²⁺ , Sr ²⁺	2 н. H ₂ SO ₄	Осадки BaSO ₄ , CaSO ₄ , SrSO ₄	Сульфаты, нерастворимые или плохо растворимые в воде и кислотах
IV	Zn ²⁺ , Al ³⁺ , Cr ³⁺ , Sn ²⁺ , Sn ⁴⁺ , As ³⁺ , As ⁵⁺	Избыток 4 н. NaOH или KOH	Растворы [Zn(OH) ₄] ²⁻ , [Al(OH) ₆] ³⁻ , [Cr(OH) ₆] ³⁻ , [Sn(OH) ₄] ²⁻ , [Sn(OH) ₆] ²⁻ , AsO ₃ ³⁻ , AsO ₄ ³⁻	Гидроксиды, растворимые в избытке щелочей
V	Mg ²⁺ , Mn ²⁺ , Bi ³⁺ , Fe ²⁺ , Fe ³⁺	Избыток 25%-ного NH ₄ OH	Осадки Mg(OH) ₂ , Mn(OH) ₂ , Bi(OH) ₃ , Fe(OH) ₂ , Fe(OH) ₃	Гидроксиды, нерастворимые в избытке NH ₄ OH
VI	Cu ²⁺ , Hg ²⁺ , Cd ²⁺ , Co ²⁺ , Ni ²⁺	Избыток 25%-ного NH ₄ OH	Растворы [Cu(NH ₃) ₄] ²⁺ , [Hg(NH ₃) ₄] ²⁺ , [Cd(NH ₃) ₄] ²⁺ , [Co(NH ₃) ₄] ²⁺ , [Ni(NH ₃) ₄] ²⁺	Гидроксиды, растворимые в избытке раствора NH ₄ OH

Рассмотрим основные качественные реакции на Pb²⁺, Cu²⁺, Fe²⁺, Fe³⁺, которые чаще всего используются при анализе сложных смесей катионов [1].

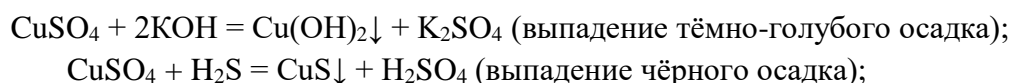
Для обнаружения растворимых в воде солей Pb²⁺ в виде осадков его соединений используют реакции [1]:



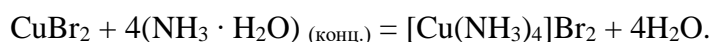


Однако, данные качественные реакции на свинец могут протекать в смеси, где присутствуют катионы других металлов, что приводит к возникновению мешающего влияния, поэтому нами выбрана наиболее специфичная реакция – взаимодействие ионов свинца (II) с иодид-ионами.

Качественные реакции на обнаружение растворимых солей меди (II) с образованием осадков в основном представлены следующими примерами [1]:



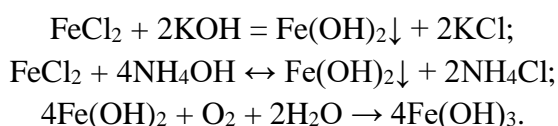
Примером качественного определения меди при изменении окраски раствора является взаимодействие её растворимых солей с концентрированным (25 %-ным) раствором аммиака, в результате чего наблюдаем образование синего раствора комплексной соли $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Br}_2$ [1]:



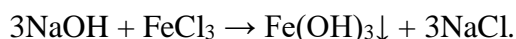
Данную реакцию мы будем использовать в нашей работе, как специфичную на катион меди (II).

Рассматривая качественные реакции на ионы железа, важно учитывать Fe^{2+} , Fe^{3+} , растворимые соли которых проявляют себя при добавлении реактивов по-разному, что позволяет их различать между собой, а также можно использовать общий для них реагент, чтобы доказать факт присутствия железа в целом.

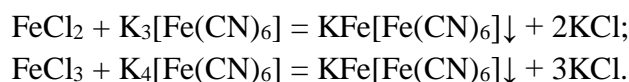
При действии растворов едких щелочей или раствором аммиака на соли Fe^{2+} выпадает осадок зеленоватого цвета, который на воздухе буреет, окисляясь до гидроксида железа (III) [1]:



При действии растворов едких щелочей или раствором аммиака на соли Fe^{3+} выпадает осадок бурого цвета [1]:



При действии красной кровяной соли и жёлтой кровяной соли на хлориды Fe^{2+} , Fe^{3+} , соответственно, наблюдаем образование осадка синего цвета в обеих пробах, что позволяет определить наличие обоих катионов железа в неизвестной смеси, что выбрано нами для использования в нашей работе в качестве специфической реакции на катионы железа (II) и (III) [1]:



ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Материалы исследования

Пробоподготовка заключается в отборе верхней части травянистого растения «Горец птичий», т.е. срез надземных органов. Отбор проб проводится в сухую погоду, в середине дня для исключения влияния на массу образца росы и тумана. Сбор растений осуществляется в чистый полиэтиленовый пакет. Растирание в ступке полученных образцов травы необходимо провести в день отбора.

Для получения исследуемого раствора тяжелых металлов (водного экстракта) были использованы: ножницы; фарфоровая ступка; химический стакан вместимостью 100 мл; мерный цилиндр (25 мл); стеклянная палочка; часовое стекло; марля; фильтровальная бумага; стеклянная воронка; химический стакан (50 мл); градуированная пипетка (5 мл); резиновая груша; мерная колба (25 мл) с пробкой; коническая колба (25 мл).

Для проведения качественных реакций на катионы тяжёлых металлов были использованы следующие реактивы [8]: 25 %-ый водный раствор аммиака ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$); 5 %-ые растворы красной кровяной соли ($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$), жёлтой кровяной соли ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) и йодида калия (KI). Указанные реактивы расфасованы в банки-капельницы, что позволяет прибавлять их к исследуемому раствору по каплям.

При проведении качественных реакций было использовано следующее оборудование: штатив с пробирками; пробирки стеклянные (4 шт.); градуированная пипетка (2 мл); резиновая груша.

2.2. Методы исследования

Проведение исследования на наличие тяжёлых металлов в растительной массе в придорожной зоне проводится в два этапа: пробоподготовка [4] и проведение подобранных качественных реакций [7].

Пробоподготовка:

1. На придорожной зоне произвести отбор травянистого растения в количестве 50 г в полиэтиленовый пакет.
2. В день отбора растительный материал измельчить ножницами и растереть в фарфоровой ступке.
3. Полученную массу перенести в стакан на 100 мл, обмыв внутреннюю поверхность ступки дистиллированной водой 2-3 раза (общий объём растворителя должен составить 20 мл) и перемешать стеклянной палочкой для пропитки.
4. Оставить полученную смесь на сутки, прикрыв стакан часовым стеклом.
5. Отжать через марлю полученную массу в стеклянную воронку с вложенной в неё фильтровальной бумагой, собрав экстракт в химический стакан вместимостью 50 мл.
6. Провести разбавление экстракта в 5 раз. Для этого отобрать градуированной пипеткой аликвоту 5 мл в мерную колбу на 25 мл и довести до метки дистиллированной водой, перемешать.
7. Перелить разбавленный экстракт в коническую колбу (25 мл).

Полученный водный экстракт готов к использованию для проведения качественных химических реакций на катионы тяжёлых металлов.

Качественные реакции:

1. В 4 пробирки отобрать пипеткой по 2 мл полученного в ходе пробоподготовки экстракта.
2. Добавить в каждую пробирку реактивы по схеме (табл. 2) и отметить наблюдаемые явления.

Таблица 2

Схема добавления реактивов для проведения качественных реакций

№ пробирки	Определяемый катион	Реактивы	Ожидаемый признак реакции
1	Pb^{2+}	KI	Выпадение золотисто-жёлтого осадка PbI_2 .
2	Cu^{2+}	NH_3 в избытке	Образование синего раствора $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$.
3	Fe^{2+}	$K_3[Fe(CN)_6]$	Выпадение осадка синего цвета $KFe[Fe(CN)_6]$.
4	Fe^{3+}	$K_4[Fe(CN)_6]$	

Пробирка № 1. К исследуемому экстракту добавить по каплям раствор йодида калия до образования ярко-жёлтого осадка.

Пробирка № 2. К исследуемому раствору прилить по каплям раствор аммиака до растворения выпадающего вначале осадка основной соли.

Пробирка № 3. Для обнаружения Fe^{2+} в пробирку с анализируемым раствором добавить 3-4 капли раствора красной кровяной соли.

Пробирка № 4. Для обнаружения Fe^{3+} в пробирку с водным экстрактом добавить 3-4 капли раствора жёлтой кровяной соли.

Выбор данных качественных реакций связан с их специфичностью по отношению к катиону металла, поскольку исследуемый водный экстракт растения представляет собой сложную смесь различных катионов не только указанных металлов, но и многих других. Ожидаемый признак реакции будет указывать всего лишь на наличие исследуемого катиона в экстракте. Следует отметить, что данные реакции могут пройти без изменения цвета раствора или без выпадения осадка, поскольку в экстракте находятся только водорастворимые формы рассматриваемых тяжёлых металлов.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Отбор образцов и пробоподготовка

На придорожном участке г. Пенза перекрёстка ул. Суворова – ул. Чехова нами были срезаны побеги «Горца птичьего» (см. Приложение 1, рис. 1), а затем перетёрты в фарфоровой ступке (см. Приложение 1, рис. 2). После чего проведён отжим через марлю в стеклянную воронку с фильтровальной бумагой (см. Приложение 1, рис. 3).

Полученный водный экстракт характеризовался мутностью и наличием цветности из-за присутствия естественной окраски хлорофиллом, поэтому нами принято решение разбавить полученный экстракт в 5 раз для устранения указанных мешающих влияний. Для разбавления нами была отобрана аликвота экстракта – 5 мл, перенесена в мерную колбу (25 мл), доведена до метки дистиллированной водой, перемешана, а затем перелита в коническую колбу на 25 мл (см. Приложение 1, рис. 4) для удобного отбора разбавленного экстракта.

Для проведения качественных реакций взят водный экстракт «Горца птичьего», разбавленный в 5 раз (см. Приложение 1, рис. 4).

3.2. Проведение качественных реакций

Явления, наблюдаемые в ходе подобранных нами качественных реакций, были занесены в таблицу (табл. 3). Описать качественные реакции, используемые в нашей работе, мы можем только сокращёнными ионными уравнениями, поскольку не имеем данных, в форме каких солей содержатся в экстракте исследуемые катионы.

Таблица 3

Явления, наблюдаемые в ходе качественных реакций

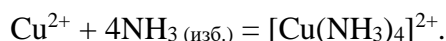
№ пробирки	Определяемый катион	Реактивы	Наблюдаемые явления
1	Pb^{2+}	KI	Выпадение золотисто-жёлтых кристаллов.
2	Cu^{2+}	NH_3 в избытке	Образование синего раствора.
3	Fe^{2+}	$K_3[Fe(CN)_6]$	Выпадение осадка синего цвета в обеих пробирках.
4	Fe^{3+}	$K_4[Fe(CN)_6]$	

Процесс, протекающий в первой пробирке (см. Приложение 2, рис. 1), можно описать сокращённым ионным уравнением:

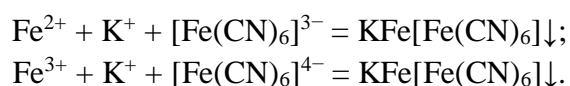


В данной реакции (см. Приложение 2, рис. 1) мы наблюдаем выпадение небольшого количества осадка PbI_2 , что связано с тем, что исследуемый экстракт предварительно был разбавлен в 5 раз. Однако, мы отчётливо видим признак качественной реакции – выпадение золотисто-жёлтых кристаллов, поэтому можем сделать вывод о том, что в исследуемом образце надземной части спорыша присутствует свинец (II).

Качественная реакция во второй пробирке (см. Приложение 2, рис. 2) подтверждает наличие предполагаемого катиона меди (II) в исследуемом образце, характеризуясь образованием ярко-синего раствора комплексной соли по уравнению реакции:



При исследовании экстракта на содержание Fe^{2+} и Fe^{3+} нами было подтверждено наличие обеих форм железа, поскольку в пробирках три и четыре (см. Приложение 2, рис. 3) наблюдается образование мало растворимых комплексных солей железа в виде коллоидных растворов синего цвета, что отражено уравнениями:



Таким образом, во всех четырёх пробирках наблюдаются ожидаемые признаки качественных реакций на выбранные катионы. Это говорит о том, что в данном объекте исследования – «Горце птичьим» по тем или иным причинам наблюдается накопление тяжёлых металлов и железа. В связи с этим можно сделать вывод о том, что на исследуемом придорожном участке г. Пенза перекрёстка ул. Суворова – ул. Чехова возможна высадка гипераккумуляторов свинца, меди и железа для последующего сбора их биомассы и использования в фитомайнинге.

ВЫВОДЫ

1. Изучена литература по рассматриваемой теме.
2. Подобрана методика пробоподготовки травянистого растения «Горца птичьего» для получения водного экстракта, содержащего смесь катионов тяжёлых металлов.
3. Подобраны специфические качественные реакции для определения наличия железа (II) и (III), свинца и меди в исследуемом экстракте.
4. Сделан вывод о том, что возможна реализация фитомайнинга по выбранным катионам металлов на участке придорожной зоны г. Пенза перекрёстка ул. Суворова – ул. Чехова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронкова Н.А. Качественные реакции в химии [Электронный ресурс]: практикум / Н.А. Воронкова, Л.В. Новгородцева, А.А. Мирошниченко; Минобрнауки России, ОмГТУ. Омск: ОмГТУ, 2019.
2. Габриелян О.С. Химия. 9 класс: учеб. пособие для общеобразоват. организаций / О.С. Габриелян, И.Г. Остроумов, С.А. Сладков. М.: Просвещение, 2018. 223 с.
3. Колбасина Н.И., Котов М.М. Химический состав выхлопных газов автотранспорта, его влияние на здоровье человека // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018004431> (дата обращения: 11.12.2022).
4. Мансурова С.Е., Кокуева Г.Н. Следим за окружающей средой нашего города: школьный практикум. М.: Владос, 2001. 111с.
5. Масленников П.В., Дедков В.П., Куркина М.В., Ващейкин А.С., Журавлев И.О., Бавтрук Н.В. Аккумуляция металлов в растениях урбоэкосистем // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. 2015. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/akkumulyatsiya-metallovv-rasteniyah-urboekosistem> (дата обращения: 08.12.2022).
6. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф., Петрова Г.В., Шайхутдинова А.А. Некоторые аспекты адаптации *Polygonum aviculare* L. к загрязнению почвы тяжёлыми металлами // Известия ОГАУ. 2012. №1-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-aspekty-adaptatsii-polygonum-aviculare-l-k-zagryazneniyu-pochvy-tyazhyolymi-metallami> (дата обращения: 09.12.2022).
7. Писчасова А.А. Определение повышенного содержания тяжелых металлов в воде // Символ науки. 2020. №12-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-povyshennogo-soderzhaniya-tyazhelyh-metallov-v-vode> (дата обращения: 06.12.2022).
8. Практикум по неорганической химии: учеб. пособие для студентов пед. ин-тов / Л.В. Бабич, С.А. Балезин, Ф.Б. Гликина и др. М.: Просвещение, 1991. 320 с.
9. Прохорова Г.В. Качественный химический анализ: практикум для школьников / под ред. проф. Т.Н. Шеховцовой. М.: 2006, 33 с.
10. Тарасова Т.Ф., Гарицкая М.Ю. Исследование процессов накопления и распределения тяжелых металлов в растениях придорожной территории // Вестник ОГУ. 2004. № Биоэлементология. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-protsessov-nakopleniya-i-raspredeleniya-tyazhelyh-metallov-v-rasteniyah-primorozhnoy-territorii> (дата обращения: 11.12.2022).
11. Тимофеева С.С. Фитомайнинг: современное состояние и перспективы // XXI век. Техносферная безопасность. 2018. №3 (11). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitomayning-sovremennoe-sostoyanie-i-perspektivy> (дата обращения: 06.12.2022).
12. Чернышев В.В., Васянович Ю.А., Зубцова А.С., Голохваст К.С. Исследование качественного состава твердых частиц выхлопов ДВС автомобилей без пробега // ГИАБ. 2014. №S4-11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-kachestvennogo-sostava-tverdyh-chastits-vyhlopov-dvs-avtomobiley-bez-probega> (дата обращения: 11.12.2022).
13. Шумилин А.Д., Вершинин Н.Н., Авдонина Л.А. Мониторинг и прогнозирование влияния автомобильного транспорта на воздушный бассейн города Пенза // НиКСС. 2016. №2

(14). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-i-prognozirovanie-vliyaniya-avtomobilnogo-transporta-na-vozdushnyy-basseyn-goroda-penza> (дата обращения: 06.12.2022).

Отбор образцов и проведение пробоподготовки



Рис. 1. Побеги «Горца птичьего» на придорожном участке



Рис. 2. Измельчение образца в фарфоровой ступке и обмывка водой



Рис. 3. Фильтрование после отжима через марлю



Рис. 4. Полученный в ходе пробоподготовки водный экстракт, разбавленный в 5 раз

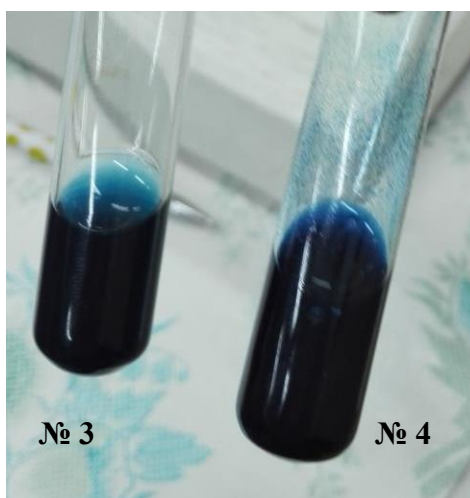
Проведение качественных реакций



Рис. 1. Пробирка № 1 – качественная реакция на катион свинца (II)



Рис. 2. Пробирка № 2 – качественная реакция на катион меди (II)



**Рис. 3. Пробирка № 3 – качественная реакция на катион железа (II);
пробирка № 4 – качественная реакция на катион железа (III)**

Рецензия

на исследовательскую работу ученицы 10 класса
МБОУ СОШ № 47 г. Пензы Воронковой Варвары

Изучение возможности реализации фитомайнинга в придорожных зонах г. Пензы

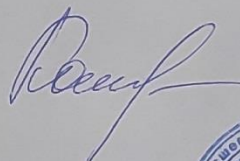
Исследовательская работа выполнена обучающейся 10 класса Воронковой Варварой, под руководством учителя химии Волковой Ирины Юрьевны. В работе четко определены цели и задачи, позволяющие раскрыть одну из важнейших проблем настоящего времени. Целью работы является: изучение возможности реализации фитомайнинга в придорожных зонах г. Пензы.

Рассматриваемая тема является актуальной. Разработанные методики пробоподготовки и проведения качественных реакций позволяют с помощью простых реактивов за короткое время сделать вывод о загрязнении придорожной зоны ионами металлов.

Рецензируемая работа является интересным и грамотно проведённым исследованием. Она проведена на достойном уровне, содержит интересные выводы для биологии, химии и экологии. Авторы работы на конкретных примерах доказывают загрязнение растительных объектов придорожной зоны г. Пензы железом и тяжёлыми металлами, что позволяет сделать вывод о возможности реализации фитомайнинга.

Материал работы изложен чётко и последовательно. Выводы определены правильно и совпадают с задачами исследования. Считаю, что исследовательская работа Воронковой Варвары может быть представлена на городской научно-практической конференции и заслуживает высокой оценки.

Рецензент:
к.б.н., доцент кафедры
"Общая биология и биохимия"
ФГБОУ ВО ПГУ



Кагина Н.А.

Личную подпись Кагиной Н.А.
ЗАВЕРЯЮ
Специалист по кадрам Бусы Т.С. Бузукова
26. 12 2022

