

**ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ
ЮЖНЫЙ АДМИНИСТРАТИВНЫЙ ОКРУГ**

Государственное бюджетное образовательное учреждение

Школа №1034 имени Героя Советского Союза В.В. Маркина

Исследовательская работа

Химический анализ почвы на содержание ионов тяжелых металлов

Выполнил: Баулин Даниил,

Ученик 11 А класса

ГБОУ Школа №1034

Руководитель: Иванова Т.Ю.,

преподаватель химии

Консультант: Степнова А.Ф.,

доцент кафедры общей химии,

кандидат химических наук

Москва

2019-2020 учебный год

Оглавление

Введение.....	3
1. Практическая часть	5
1.1.Отбор образцов почвы	5
1.1.1.Определение в почве тяжелых металлов	5
1.2.Приготовление кислотной почвенной вытяжки.....	5
1.3. Обнаружение ионов тяжелых металлов	6
1.3.1.Определение ионов свинца	6
1.3.2.Определение ионов меди	6
1.3.3. Обнаружение ионов железа (III)	7
1.4.Определение рН почвы и электропроводности почвы.....	8
1.4.1.Приготовление водной почвенной вытяжки	8
1.4.2.Определение кислотности.....	8
1.4.3. Определение электропроводности вытяжек.....	8
1.4.4. Определение концентрации ионов железа (III) по оптической плотности растворов	8
Выводы.....	10
Список литературы	10
Приложение.....	12

Введение

В последние годы наблюдаются процессы деградации почв, снижение ее плодородия, усиление процессов загрязнения.

Причин загрязнения и заражения грунта может быть несколько. Каждая из них связана с усиленной деятельностью человека, стремлениями использовать максимальное количество природных ресурсов, не думая о восстановлении и реабилитации источника этих ресурсов. Среди причин основными являются:

✓ Промышленное загрязнение грунта. Развитие промышленной деятельности человека приводит к скапливанию на поверхности почвы большого количества отходов производства, которые не разлагаются естественным путем и делают почву непригодной для дальнейшего использования.

✓ Увеличение объемов производства машин и количества нефтеперерабатывающих заводов. Большое количество автомагистралей и увеличение числа автомобилей уже привело к скапливанию в воздухе тяжелых металлов, химических веществ, нефтепродуктов. В свою очередь все эти явления в дальнейшем провоцируют кислотные дожди, оседают на растениях и грунте, вызывают заражение и загрязнение почвы.

Все эти и многие другие факторы могут повлиять на качество и здоровье грунта. При этом независимо от количества времени, потраченного на контакт с больной почвой, ее вредоносное влияние на организм человека колоссальное. Видоизмененные химические вещества и токсичные материалы, как показывают многие санитарно-бактериологическое исследование почвы, даже после единоразового попадания в организм могут провоцировать развитие опасных болезней и хронических недугов [10].

Е.Д. Дмитриева, К.В. Сяндюкова и другие[18] установили, что в почвах уровень водородного показателя(pH) коррелирует с содержанием катионов тяжелых металлов. При увеличении содержания катионов тяжелых металлов, происходит их связывание с гиматомелановыми кислотами, что влечет за собой изменение показателя pH почвенной среды на нейтральный.

Достоверных данных о подтверждении такой взаимосвязи другими методами в доступной информационной среде не найдено.

В связи с этим мы поставили перед собой **цель** сопоставить величину показателей pH почвенных вытяжек с содержанием катионов тяжелых металлов в разных зонах хозяйственной деятельности человека в городе Москве с помощью доступных методов.

Задачи работы:

1) Изучить литературу (учебную, методическую, научную) по теме исследования.

2) Выделить зоны хозяйственной деятельности человека в городе Москве, провести сбор образцов почвы для проведения эксперимента.

3) Провести качественный анализ образцов почвы на предмет наличия ионов тяжелых металлов (меди (II), свинца (II), железа (III)).

4) Провести количественное определение обнаруженных ионов.

5) Определить величину показателей кислотности и электропроводности почвенных вытяжек.

6) Провести анализ полученных результатов и установить закономерность между кислотностью почвенных вытяжек и содержанием катионов тяжелых металлов.

Гипотеза: если в почве нет катионов тяжелых металлов и pH нейтральная, то катионы связываются в соли органических кислот [18].

Объект исследования: образцы почвы леса, парковой зоны, пришкольной территории, свалки, завода в черте города Москва

Предмет исследования: содержание в почве ионов тяжелых металлов, кислотность и электропроводность вытяжек.

Методы: теоретический анализ литературы по данной проблеме, качественный и количественный анализ состава почвы.

Результаты: собраны почвенные образцы, приготовлены кислотные и водные почвенные вытяжки, произведен комплексный анализ вытяжек.

1. Практическая часть

1.1. Отбор образцов почвы

Отборы почв производились на таких объектах как лес (Приложение фото 1), парк «Коломенское» (Приложение фото 2), пришкольный участок (Приложение фото 3), городской полигон ТБО «Левобережный» (Приложение фото 4) и территория АБЗ «Капотня» (Приложение фото 5), так как они являются представителями самых крупных групп зон, которые влияют на состав почвы.

После отбора проб я просеял каждый образец через сито и методом квартования взял часть из каждого (Приложение фото 6-7).

Метод квартования заключается в том, что весь объем просеянной почвы делится на 4 равные части, и из каждой части берется $\frac{1}{4}$ необходимого объема для анализа (Приложение фото 27).

1.1.1. Определение в почве тяжелых металлов

Оборудование: воронка, колба коническая на 250 мл, палочка стеклянная, фильтр бумажный, стакан, цилиндр мерный, 1,5 н р-р HNO_3 , образец почвы = 30 г (почву отвесили заранее в колбу на 100 мл), пробирки, штатив для пробирок, пипетки.

Реактивы:

Приготовление растворов (Таблица 3)

Таблица № 3. Приготовление растворов.

№ п/п	Название раствора	Масса навески, г	Массовая доля вещества, %
1.	раствор роданида калия	5	5
2.	раствор железисто-синеродистого калия	5	5
3.	раствор азотнокислого свинца	5	5
4.	раствор йодида калия	5	5
5.	раствор хромата калия	5	5
6.	раствор хлорида натрия	5	5
7.	хлорида железа(III)	5	5
8.	раствор сульфата меди (II)5-водный	5	5
9.	раствор аммиака	готовый раствор	10

1.2. Приготовление кислотной почвенной вытяжки

1. В стакан на 250 мл поместили 20 г высушенной и охлажденной до комнатной температуры почвы (Приложение фото 8).

2. Добавили к почве 1,5 н раствор HNO_3 в количестве 50 мл (2,5 мл 1,5 н раствора HNO_3 на 1 г почвы). Эту операцию выполняют под тягой.

3. Перемешивали содержимое стакана в течении 4 минут с помощью стеклянной палочки.

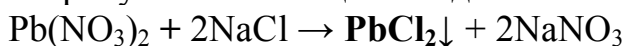
4. Отфильтровали содержимое стакана через бумажный фильтр, собирая готовую вытяжку в приемной колбе. Первые несколько миллилитров фильтрата отбрасывали, т.к. в нем были визуально заметны загрязнения с фильтра (Приложение фото 9).

1.3. Обнаружение ионов тяжелых металлов

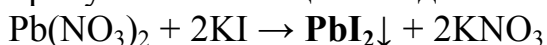
Взяли шесть пробирок и пронумеровали. В первые три пробирки налили модельные растворы, а в другие три пробирки – кислотные вытяжки исследуемого почвенного образца. Провели качественные реакции по нижеописанной методике.

1.3.1. Определение ионов свинца

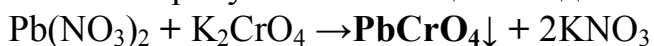
1. В пробирку пипеткой налили 3 мл модельного 5%-ного раствора азотнокислого свинца и добавили 1 мл 5%-ного хлорида натрия. В присутствии свинца выпадет белый осадок (Приложение фото 11).



2. В пробирку налили 3 мл модельного 5%-ного раствора азотнокислого свинца и добавили 1 мл 5%-ного раствора йодида калия. В присутствии свинца выпадает желтый осадок.



3. В пробирку пипеткой налили 3 мл модельного 5%-ного раствора азотнокислого свинца и добавили 1 мл 5%-ного раствора хромата калия. В присутствии свинца выпадает желтый осадок.



4. Повторили те же реакции, но вместо модельного раствора азотнокислого свинца в пробирку налили 3 мл кислотной вытяжки исследуемого почвенного образца.

Если в почве присутствует свинец, то выпадет белый или желтый осадок в зависимости от реакции (Приложение фото 12 - 14).

Таблица № 4. - Качественные реакции на ионы свинца (II) с модельными растворами.

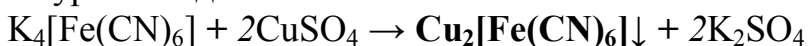
№	Реактив	Уравнение химической реакции	Наблюдения
1	5%-ный р-р хлорида натрия	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NaCl} \rightarrow \text{PbCl}_2 \downarrow + 2\text{NaNO}_3$ $\text{Pb}^{2+} + 2\text{Cl}^{-} \rightarrow \text{PbCl}_2 \downarrow$	Выпадение белого осадка
2	5%-ный р-р йодида калия	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{KI} \rightarrow \text{PbI}_2 \downarrow + 2\text{KNO}_3$ $\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^{-} \rightarrow \text{PbI}_2 \downarrow$	Выпадение желтого осадка
3	5%-ный р-р хромата калия	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{PbCrO}_4 \downarrow + 2\text{KNO}_3$ $\text{Pb}^{2+} + \text{CrO}_4^{2-} \rightarrow \text{PbCrO}_4 \downarrow$	Выпадение желтого осадка

1.3.2. Определение ионов меди

1. В пробирку пипеткой налили 3-4 мл 5%-ного раствора сульфата меди, прилили в нее 2-3 мл 10%-ного раствора аммиака, перемешали содержимое пробирки. Образующийся вначале осадок растворяется, и раствор приобретает характерную интенсивную лазурно-синюю окраску (Приложение фото 15).



2. В пробирку пипеткой налили 3-4 мл 5%-ного раствора сульфата меди, прилили в нее 3-4 мл 5%-ного раствора железисто-синеродистого калия, перемешали содержимое пробирки. Выпадает красно-бурый осадок.



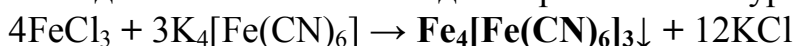
3. Повторили те же реакции, но вместо модельного раствора сульфата меди в пробирку налили 3-4 мл кислотной вытяжки исследуемого почвенного образца. Если в почве присутствует медь, то выпадет лазурно-синий или красно-бурый осадок в зависимости от реакции (Приложение фото 16 – 17).

Таблица № 5. - Качественные реакции на ионы меди (II) с модельными растворами.

№	Реактив	Уравнение химической реакции	Наблюдения
1	10%-ный р-р аммиака	$2\text{NH}_4\text{OH} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^{1-} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$	Выпадение синего осадка
2	5%-ный р-р желтой кровяной соли	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + 2\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]\downarrow + 2\text{K}_2\text{SO}_4$ $2\text{Cu}^{2+} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightarrow \text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]\downarrow$	Выпадение красно-бурого осадка

1.3.3. Обнаружение ионов железа (III)

1. В пробирку пипеткой налили 3-4 мл 5%-ного раствора хлорида железа, прилили 1 мл 5%-ного раствора железисто-синеродистого калия. Выпадает темно-синий осадок берлинской лазури (Приложение фото 18).



2. В пробирку пипеткой налили 3-4 мл 5%-ного раствора хлорида железа, прилили 1 мл 5%-ного раствора роданида калия. Содержимое пробирки окрашивается в кроваво-красный цвет.



3. Повторили те же реакции, но вместо модельного раствора хлорида железа в пробирку налили 3-4 мл кислотной вытяжки исследуемого почвенного образца. Если в почве присутствует железо, то выпадет темно-синий или кроваво-красный осадок в зависимости от реакции (Приложение фото 19 - 20).

Таблица 5. - Качественные реакции на ионы железа (III) с модельными растворами.

№	Реактив	Уравнение химической реакции	Наблюдения
1	5%-ный р-р желтой кровяной соли	$4\text{FeCl}_3 + 3\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3\downarrow + 12\text{KCl}$ $4\text{Fe}^{3+} + 3[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightarrow \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3\downarrow$	Выпадение темно-синего осадка
2	5%-ный р-р роданида калия	$\text{FeCl}_3 + 6\text{KCNS} \leftrightarrow \text{K}_3(\text{Fe}(\text{CNS})_6) + 3\text{KCl}$ $\text{Fe}^{3+} + 6\text{CNS}^{1-} \rightarrow (\text{Fe}(\text{CNS})_6)^{3-}$	Образование красного раствора

С помощью этого метода удалось определить содержание ионов железа(III).

1.4.Определение рН почвы и электропроводности почвы

1.4.1.Приготовление водной почвенной вытяжки

Для определения кислотности и электропроводности исследуемой почвы необходимо приготовить водную почвенную вытяжку.

На технических весах отвешивали 100 г воздушно-сухой почвы (средняя проба) и количественно перенесли в емкость для взбалтывания. Отмеряли мерной колбой 500 мл дистиллированной воды, не содержащей CO₂. Получили гетерогенную систему, в которой отношение почвы к воде равно 1:5. Емкость закрыли пробкой и энергично встряхивали 5 минут(Приложение фото 10) [1, с.22].

1.4.2.Определение кислотности

Определение кислотности проводили с помощью рН-метра. Анализирующую часть прибора погрузили в анализируемую воду. Показания прибора считывали не ранее чем через 1,5 мин после погружения электродов в измеряемую среду, после прекращения дрейфа измерительного прибора. Во время работы настройку прибора периодически проверяли по буферному раствору с рН 6,86(Приложение фото 21).

Кислотность всех вытяжек крайне близка к нейтральному показателю (рН≈7), говорящая об относительной безвредности растворенной в воде почвы (Приложение фото 25).

1.4.3. Определение электропроводности вытяжек

После 5-минутного отстаивания в анализируемую воду погружали датчик кондуктометра и определяли электрическую проводимость. После каждого определения датчик тщательно промывали дистиллированной водой (Приложение фото 22).

Данные показатели электропроводности говорят о том, что в вытяжках содержатся ионы, следовательно, в состав почвы входят соли, растворимые в воде (Приложение фото 26).

1.4.4. Определение концентрации ионов железа (III) по оптической плотности растворов

Приборы и посуда: фотоэлектрический фотоколориметр марки КФК-3-01-«ЗОМЗ», мерные колбы 50 мл, аликвотные пипетки 10мл, мерные пипетки 5 мл.

Реактивы:

Сульфосалициловая кислота, 10%-ный раствор.

Раствор соли железа. Растворяют 0,8634 г железоаммонийных квасцов в дистиллированной воде, к раствору добавляют 10 мл серной кислоты и разбавляют в мерной колбе водой до 1 л.

Алгоритм определения.

1. В мерную колбу вместимостью 50 мл наливали 10 мл анализируемой воды.

2. Затем в пробирку приливали 5 мл раствора сульфосалициловой кислоты и перемешивали.

3. Измеряли оптическую плотность полученного раствора при $\lambda=420 - 430$ нм по отношению к холостому раствору (Приложение фото 24) на фотокolorиметре. Молярный коэффициент поглощения равен $5,5 \cdot 10^3$.

Содержание железа находили по калибровочной кривой (график 1), для построения которой наливали из микробюретки 0,3;0,5;4,0;5,0;8,0;12,0;20,0;30,0 раствора железа, приливали 5 мл сульфосалициловой кислоты и продолжали, как при анализе пробы (Приложение фото 23) [5, с.12].

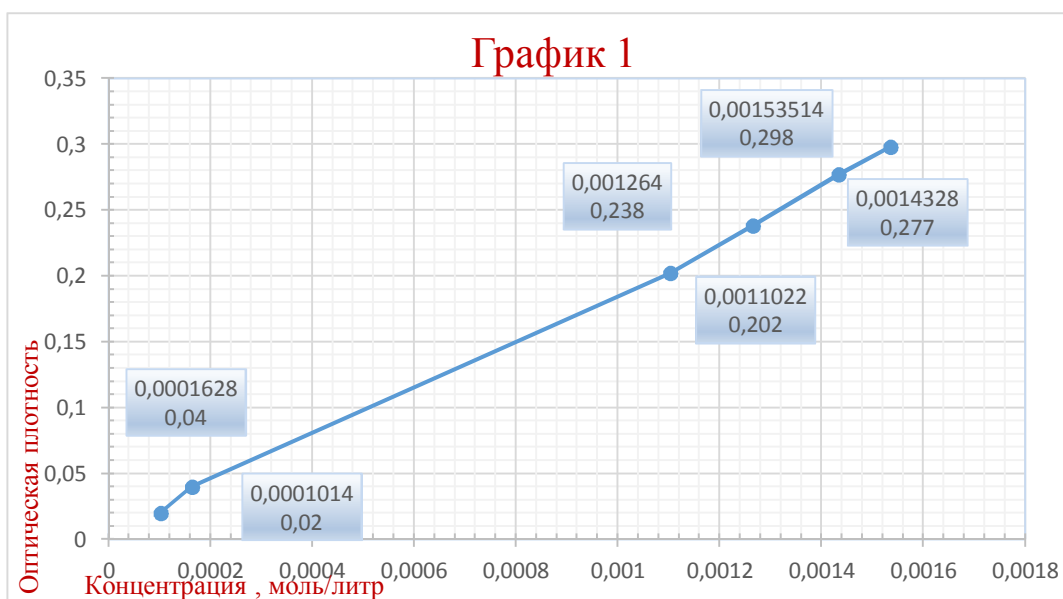


График № 1 Определение концентрации железа в растворе по величине оптической плотности

Концентрация железа в анализируемых кислотных почвенных вытяжках, представлена в Таблице 2.

Таблица 2 Концентрация железа в анализируемых образцах, моль/л.

Название образца	Оптическая плотность	Концентрация, моль/литр	Сравнение с нормой по ГОСТ
I образец, свалка	0,295	0,001519	Превышено
II образец, парк	0,085	0,0004119	Норма
III образец, школа	0,096	0,000451	Норма
IV образец, лес	0,093	0,000433	Норма
V образец, завод	0,067	0,0003	Норма

ПДК (мг/кг) железа в почве — 3,8%, т.е. 38000 мг железа на 1 кг почвы или 0,00053 моль/литр [17].

Как видно из таблицы, что во всех образцах кроме №1 низкая концентрация ионов железа. Это говорит о том, что территории взятия почвенных образцов не загрязнена солями железа и не опасна для здоровья людей. Концентрация ионов железа в почвенном образце, взятом на свалке, достаточно высока, для того чтобы утверждать, что бытовые отходы, свозимые на городскую свалку, крайне негативно влияют на химический состав почвы. Такая почва не пригодна для ведения на ней хозяйства и проживания вблизи нее людей. Она очень токсична и отрицательно влияет на здоровье и самочувствие граждан, не пригодна к использованию без регенерации.

Выводы

На основании проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. При изучении доступной литературы было выяснено что почва, в результате деятельности человека, подвергается накоплению солей тяжелых металлов, происходит изменение ее физико-химических свойств (пористость, плотность, кислотность, электропроводность и другие).

2. Для сбора образцов почвы нами были определены территории города Москвы, где по-нашему мнению, деятельность человека различна (территория леса, парка «Коломенское», завод «Капотня», полигон ТБО «Левобережный», пришкольная территория Братеевская ул. д.18). Сбор и приготовление образцов для исследования проводили унифицированными методиками.

3. Комплексный анализ почвы на предмет наличия тяжелых металлов показал, что во всех исследуемых образцах обнаруживается только железо. При этом концентрация, превышающая ПДК, зафиксирована в пробе №1, отобранной на полигоне ТБО.

4. Кислотность всех вытяжек соответствует нейтральной среде. Электропроводность почвенных вытяжек практически не различается в зависимости от территории забора образцов.

5. Нами была установлена закономерность (обратно-пропорциональная) между кислотностью почвенных вытяжек и содержанием катионов тяжелых металлов. Чем выше показатель кислотности почвы, тем меньше концентрация катионов тяжелых металлов в ней.

Таким образом, проведенная работа подтверждает выдвинутую в начале исследования гипотезу о том, что кислотность почвы зависит от концентрации в ней катионов тяжелых металлов. Полученные нами данные совпадают с результатами исследования Е.Д. Дмитриевой, К.В. Сундюковой и других, 2017 г.[18]

Список литературы

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.:Изд.МГУ, 1961. – 248с.
2. Муравьев А.Г., Пугал Н.А., Лавров В.Н. Экологический практикум: Учебное пособие с комплектом карт-инструкций / Под ред. к.х.н. А.Г.Муравьева. – СПб.:Крисмас+, 2003
3. Общая экология. Учебно-методическое пособие для студентов ветеринарно-санитарного факультета - М.: Прометей, 2007.-78.с
4. Удальцов В.Г. Практикум по курсу «Экология». – М.:Изд.МАИ – ПРИНТ, 2008. – 36с
5. Федоров А.А., Казиев Г.З. Методы анализа объектов природной среды. Практическое руководство для студентов педагогических университетов. – М.Прометей, 2002. – 56с
6. Электронный ресурс <http://mirznanii.com/a/325296/zhelezo-v-pochvakh-metody-opredeleniya-zheleza> (Дата обращения 30.01.19)
7. Электронный ресурс: http://ecotestexpress.ru/articles/analiz_pochvy/ (Дата обращения: 17.11.18)
8. Электронный ресурс: <http://mse-online.ru/pochva/zasolennye-pochvy.html> (Дата обращения: 12.12.2018г.)
9. Электронный ресурс: <http://mylektsii.ru/10-111652.html> (Дата обращения: 6.11.18)
10. Электронный ресурс: <http://publekс.ru/literaturnij-obzor-pochv-obshij-obzor-pochv-pochvennij-profile/index.html> (Дата обращения: 12.12.2018г.)
11. Электронный ресурс: <https://agrostory.com/info-centre/agronomists/mikroelementy-med/> (Дата обращения: 23.12.18)
12. Электронный ресурс: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80> (Дата обращения: 12.12.2018г.)
13. Электронный ресурс: <https://studfiles.net/preview/3142374/page:2/> (Дата обращения: 6.11.18)
14. Электронный ресурс: https://studwood.ru/1105549/matematika_himiya_fizika/metodika_fotokolorimetricheskogo_opredeleniya_sulfosalitsilata_zheleza (Дата обращения: 23.12.18)
15. Электронный ресурс: <https://www.kazedu.kz/referat/55403/4> (Дата обращения: 23.12.18)
16. Электронный ресурс: <https://www.net-bolezni.ru/zagrjaznenie-tjazhelymi-metallami-soderzhanie-i-predelno-dopustimye-koncentracii-v-vode/58/#zag4-1>(Дата обращения 10.01.19)
17. Электронный ресурс: <https://pandia.ru/text/80/240/11472.php> (Дата обращения: 17.11.18)

18. Электронный ресурс: <https://kpfu.ru/uz-rus/ns/arhiv/vliyanie-rn-sredy-na-svyazyvanie-ionov-tyazhelyh.html> (Дата обращения: 17.11.18)
Приложение

Приложение



Фото 1. Сбор образцов почвы в лесу.



Фото 3. Сбор образцов почвы на пришкольной территории



Фото 2. Сбор образцов почвы в парковой зоне



Фото 4. Сбор образцов почвы на территории полигона ТБО



Фото 5. Сбор образцов почвы на территории АПЗ «Капотня»



Фото 7. Просеянный образец почвы.

Фото 6. Просушенный образец почвы.



Фото 8. Растворение образцов в азотной кислоте.



Фото 9. Фильтрация образцов, растворенных в азотной кислоте



Фото 10. Фильтрация образцов, растворенных в дистиллированной воде

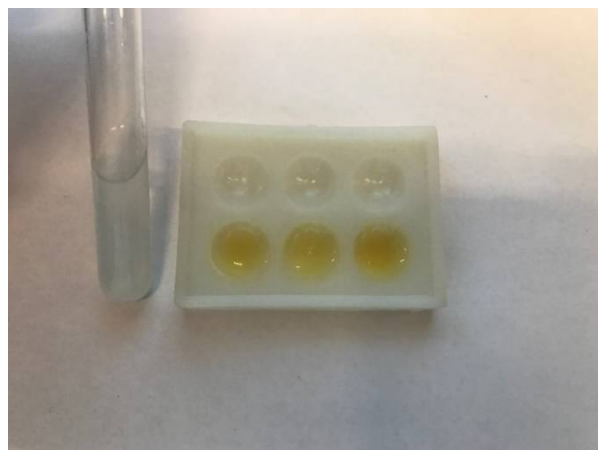
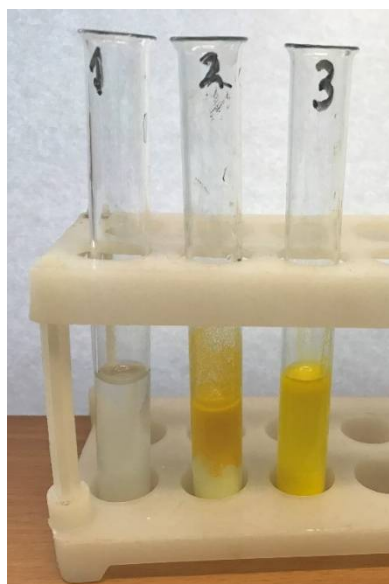


Фото 11. Качественные растворы. 1 - $PbCl_2$,
2- PbI_2 , 3 - $PbCrO_4$

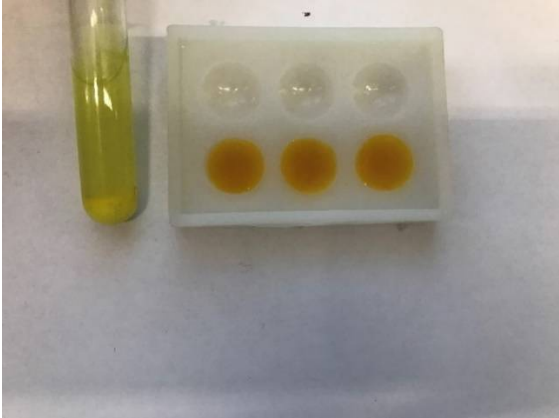


Фото 12. Сравнение осадка $PbCl_2$ с
кислотной вытяжкой

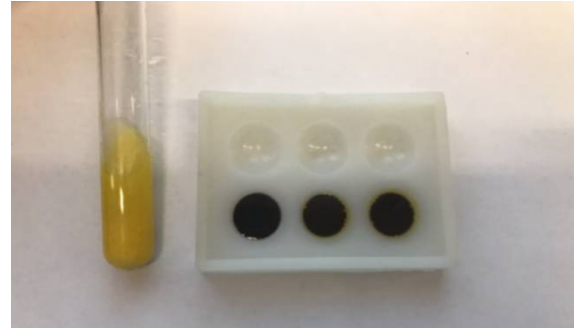


Фото 14. Сравнение осадка $PbCrO_4$
с кислотной вытяжкой

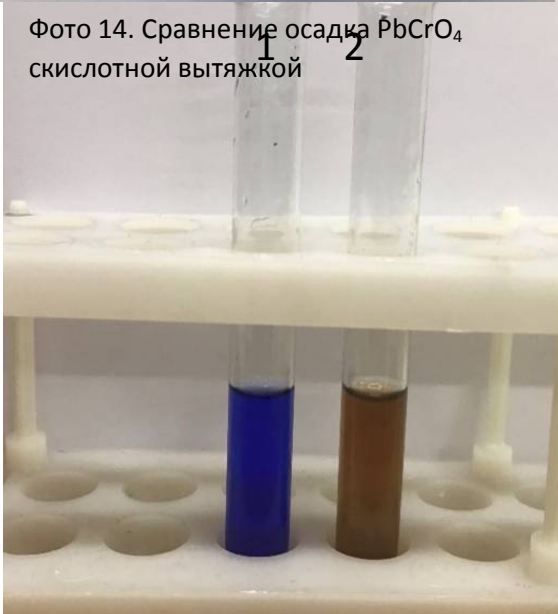


Фото 13. Сравнение осадка PbI_2 с
кислотной вытяжкой



Фото 15. Качественные растворы. 1 - $Cu(OH)_2$,
2- $Cu_2[Fe(CN)_6]$

Фото 16. Сравнение осадка
 $Cu(OH)_2$ с кислотной вытяжкой

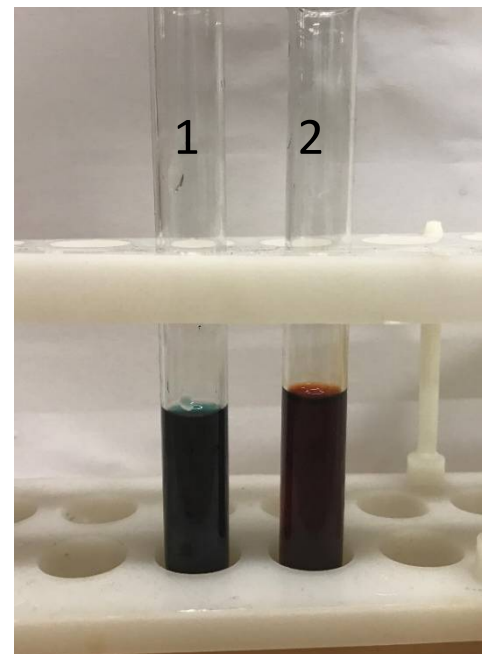
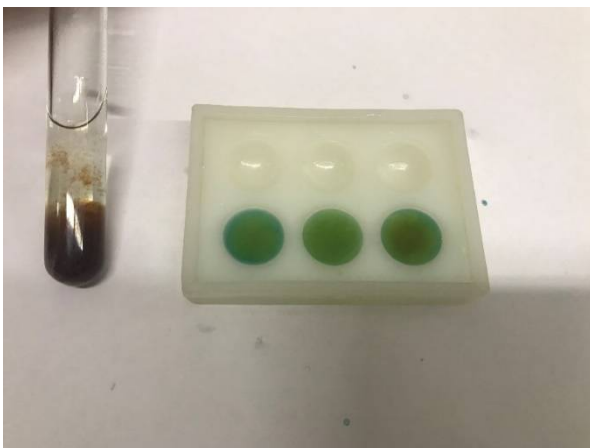


Фото 17. Сравнение осадка $Cu_2[Fe(CN)_6]$ с
кислотной вытяжкой

Фото 18. Качественные растворы. 1 - $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$,
2 - $K_3(Fe(CNS)_6)$.



Фото 19. Сравнение осадка $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ с кислотной вытяжкой

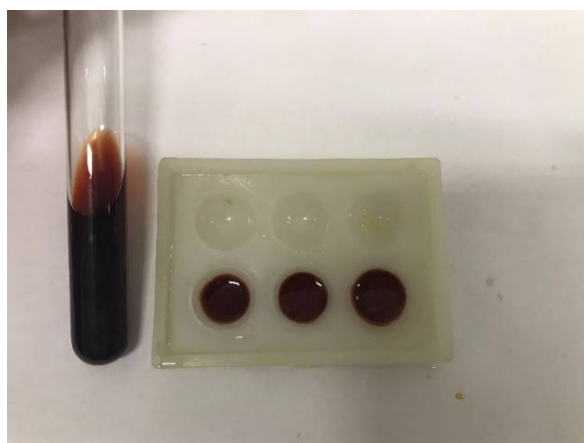


Фото 20. Сравнение осадка $\text{K}_3(\text{Fe}(\text{CNS})_6)$ с кислотной вытяжкой

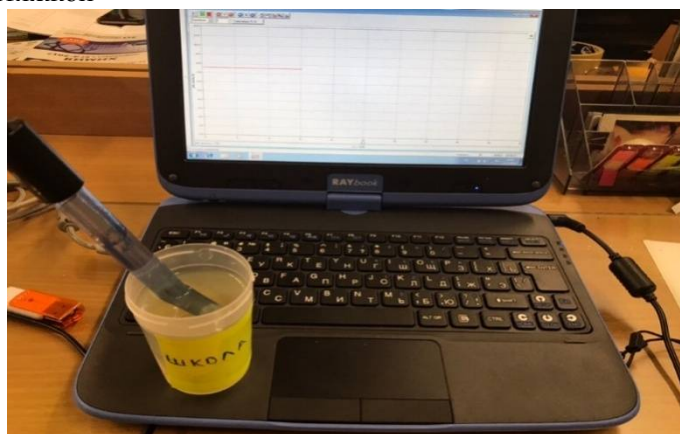


Фото 21. Определение кислотности

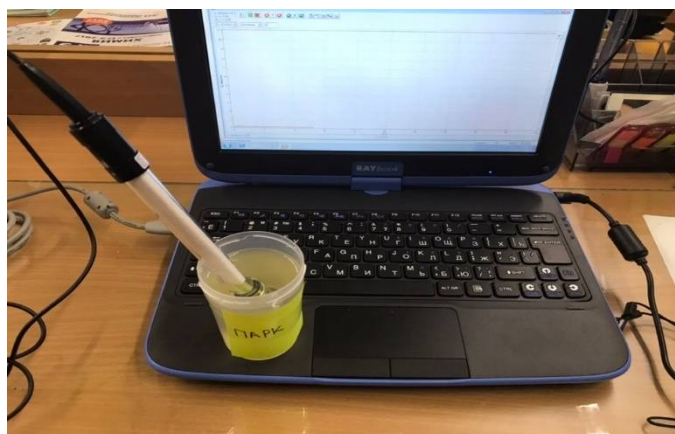


Фото 22. Определение электропроводности



Фото 24. Определение оптической плотности растворов на фотоколориметре.

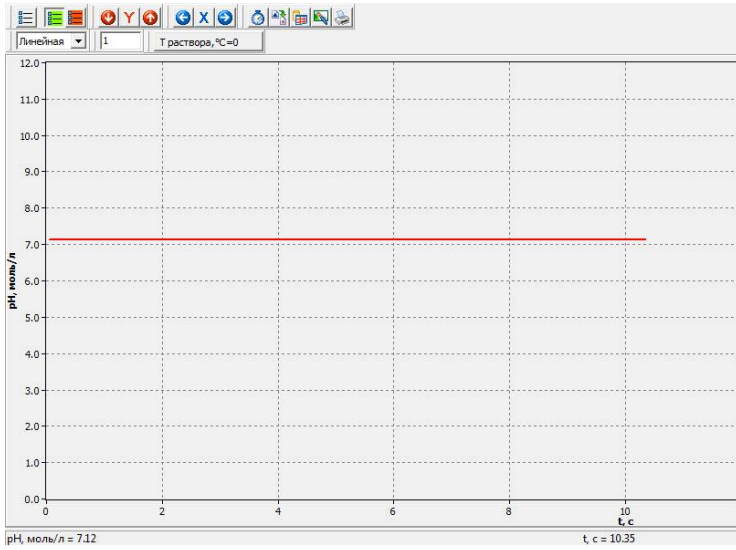


Фото 25. График кислотности.

Фото 23. Раствор сульфосалициловой кислоты с железоаммонийными квасцами.

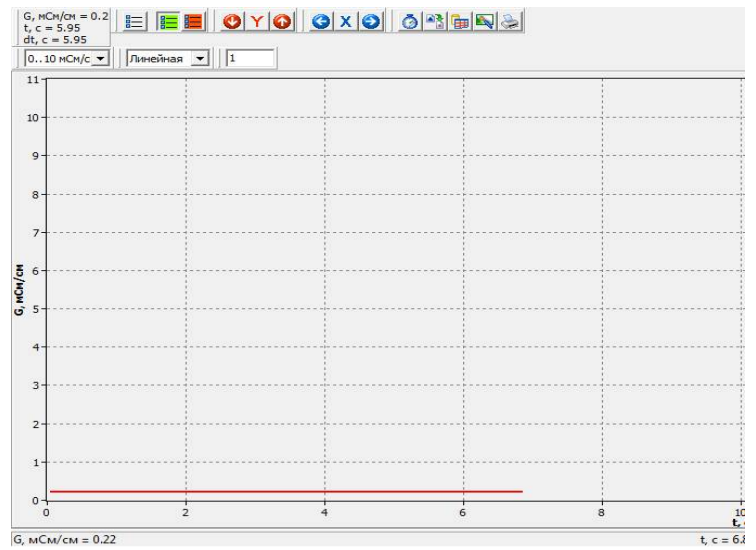


Фото 26. График электропроводности



Фото 27. Метод квартования