

**ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»
Министерство образования Пензенской области
ГАОУ ДПО «Институт регионального развития Пензенской области»
Управление образования города Пензы
МБОУ «Лицей современных технологий управления № 2» г. Пензы
МБОУ финансово-экономический лицей № 29 г. Пензы
Портал поддержки Дистанционных Мультимедийных Интернет-Проектов «ДМИП.рф»**

**VI открытый региональный конкурс
исследовательских и проектных работ школьников
«Высший пилотаж – Пенза» 2024**

Направление: химия

**ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОКСИДОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И
ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЛУЧЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ.**

Выполнил:

Холодков Богдан Дмитриевич,
обучающийся 9 «А» класса
МБОУ СОШ № 67 г. Пензы

Руководитель:

Малышева Настальгия Юрьевна,
учитель химии первой категории
МБОУ СОШ № 67 г. Пензы

Пенза, 2024

Оглавление

Введение	3
1. Теоретическая часть	4
1.1. Распространение тяжелых металлов в природе	4
1.2. Влияние тяжелых металлов на окружающую среду	4
1.3. Применение гидроксидов тяжелых металлов.....	5
2. Практическая часть	6
2.1. Получение гидроксидов тяжелых металлов	6
2.2. Изучение свойств гидроксидов	7
Заключение	9
Список литературы	10
Приложение 1. Практическая часть работы.....	11

Введение

Термин «тяжелые металлы» был предложен немецким химиком Леопольдом Гмелиным в 1817 году.

Существует около 40 различных определений, и список тяжелых металлов может варьироваться в зависимости от относительной атомной массы или плотности. В медицинском и природоохранном контексте термин «тяжелые металлы» учитывает не только химические свойства, но и биологическую активность, токсичность и использование в хозяйственной деятельности.

Цель работы: с использованием стехиометрических расчетов получить гидроксиды тяжелых металлов и изучить их типичные свойства.

Задачи:

1. Рассмотреть теоретический материал по данной теме
2. Осуществить расчеты по химическим уравнениям для получения гидроксидов
3. Используя подходящие для школьной лаборатории методики, получить необходимое количество гидроксидов тяжелых металлов
4. Провести на практике реакции, подтверждающие химические свойства гидроксидов тяжелых металлов; доказать амфотерность соединений кобальта.

Гипотеза: использование стехиометрических расчетов позволяет сократить потребление реагентов, что позволяет снизить попадание соединений тяжелых металлов в окружающую среду и уменьшить негативное влияние на природу и человека, поэтому контроль за расходом соединений тяжелых металлов важен даже в рамках школьной лаборатории.

Объект: соединения тяжелых металлов

Предмет: химические свойства соединений тяжелых металлов

Актуальность: исследование тяжелых металлов и их соединений продолжается и по сей день. В 2023 году российские ученые первыми в мире создали новый вид удобрений – витамин роста, который позволяет ускорить прорастание семян почти в два раза. Состоит он из наночастиц сплава четырех металлов: кобальта, меди, железа и никеля. Поэтому наша работа является маленькой ступенькой для дальнейшего и более серьезного погружения в тему тяжелых металлов.

1. Теоретическая часть

1.1. Распространение тяжелых металлов в природе

Медь – это химический элемент, который люди использовали на протяжении веков и до сих пор широко используют в различных отраслях промышленности. Его свойства и качество делают его незаменимым при производстве проволоки, посуды, монет и строительных материалов. Считается, что использование меди началось в бронзовом веке около 3000 г. до н.э. Люди уже умели добывать медь и делать сплавы из олова. Однако природные запасы меди очень невелики: содержание меди в земной коре составляет всего около 0,01%.

Медь может встречаться в природе как в чистом виде (в самородках весом в несколько сотен тонн), так и в соединениях с другими элементами. Обычно встречающимися соединениями являются сульфиды, формирующиеся в осадочных горных породах. Получение меди из таких соединений довольно просто благодаря её низкой температуре плавления, и именно этим пользовались наши предки, создавая разнообразные медные изделия [5].

Никель составляет около 0,2% массы пород мантии. Есть гипотеза о том, что ядро земли состоит из никелистого железа, а среднее содержание никеля в земле составляет около 3%. В земной коре содержание никеля составляет 0,0058% и он находится вместе с железом и магнием. Никель также присутствует на метеоритах, которые содержат железо и кобальт.

Существующие месторождения никеля классифицируются как сульфидные медно-никелевые и силикатные. Месторождения никельных руд расположены в разных районах, включая Норильский, Мурманскую область, а также в Канаде и Южной Африке [4].

Кобальт встречается в составе более чем 30 минералов, таких как калорит, кобальтит, смальтит и другие. Содержание кобальта в земной коре составляет около 0,003%. Основная часть находится в ядре земли вместе с элементами группы железа. Морская вода и минеральная вода содержат небольшое количество кобальта (10^{-7} %) [1].

1.2. Влияние тяжелых металлов на окружающую среду

Мировое производство **меди** увеличивается с каждым годом. Это означает, что все больше и больше меди попадает в окружающую среду. Реки откладывают загрязненный медью ил на своих берегах из-за сброса сточных вод. Поскольку медь рассеивается как естественными, так и человеческими процессами, она очень широко распространена в окружающей среде. Ее часто можно найти возле шахт, промышленных объектов, полигонов.

Когда медь попадает в почву, она быстро связывается с органическими веществами и минералами. Медь не разрушается в окружающей среде и, как следствие, может накапливаться в растениях. На богатых медью почвах выживает только ограниченное число растений, что представляет собой серьезную угрозу для дальнейшего производства сельскохозяйственных продуктов [5].

Никель имеет важное значение для экосистем и природных процессов. Он является ключевым элементом для множества растений и животных, а также участвует в различных химических процессах в живых организмах. В малой концентрации никель имеет критическое значение для жизненных процессов растений и животных. Он также имеет важное значение для производства некоторых товаров, таких как сталелитейная индустрия и электротехника. Но из-за токсичности никеля, его использование в

промышленных процессах следует ограничивать. Высокое содержание никеля в почве может оказывать вредное воздействие на растения и животных и привести к экологической катастрофе [4].

Кобальт имеет широкое применение в промышленности и медицине, однако необходимы меры для минимизации его негативного влияния на здоровье человека и окружающую среду, такие как контроль концентрации и соблюдение экологических норм. Производство и использование кобальта негативно влияют на окружающую среду, загрязняя воздух и воду [4].

1.3. Применение гидроксидов тяжелых металлов

Одним из наиболее известных свойств $\text{Cu}(\text{OH})_2$ является его способность катализировать различные химические реакции. Он может участвовать в окислительно-восстановительных процессах, что делает его ценным компонентом в производстве катализаторов. Применение $\text{Cu}(\text{OH})_2$ также возможно в синтезе органических соединений, так как он способствует реакциям с участием активных радикалов. Кроме того, $\text{Cu}(\text{OH})_2$ обладает декоративными свойствами. Его соединения могут иметь разнообразные цвета, от зеленого до синего, что позволяет использовать его в производстве красок, пигментов и косметических продуктов. Благодаря своей стойкости к окислительным процессам, $\text{Cu}(\text{OH})_2$ может быть использован для покрытия металлических поверхностей, чтобы предотвратить их коррозию [2].

Кобальт – переходный металл, который широко используется в различных отраслях, благодаря своим уникальным свойствам. Благодаря яркому синему цвету часто используется как пигмент в керамике, стекле и красках. Также гидроксид кобальта используется в производстве аккумуляторных батарей, магнитов и катализаторов [1].

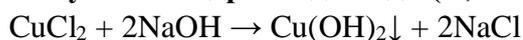
Гидроксид никеля нашел свое применение в различных батареях. В 1904 году Томас Эдисон использовал его вместе с оксидом никеля в качестве материала для катода щелочных батарей. $\text{Ni}(\text{OH})_2$ был использован для разработки электрохимических сенсоров для определения витамина D_3 , использование которых совместно с оксидом. Использование гибридных сенсоров, содержащих $\text{Ni}(\text{OH})_2$ вместе с оксидом графена и диоксидом кремния позволяет количественно определять витамин D_3 [3].

2. Практическая часть

2.1. Получение гидроксидов тяжелых металлов

Для получения двухвалентных гидроксидов меди, никеля, кобальта, было решено использовать обменные реакции солей данных металлов с щелочами (в случае солей кобальта был взят раствор аммиака, поскольку амфотерные свойства гидроксида кобальта выражены в достаточно яркой степени). В ходе осуществления реакций нами было принято решение получить по 4 грамма гидроксида каждого тяжелого металла. Для получения 4 г гидроксидов необходимо взять определенное количество реагентов, с этой целью проводятся стехиометрические расчеты.

Получение гидроксида меди (II):



$$n(\text{Cu}(\text{OH})_2) = \frac{m(\text{Cu}(\text{OH})_2)}{M(\text{Cu}(\text{OH})_2)} = \frac{4}{98} = 0,041 \text{ моль}$$

$$n(\text{CuCl}_2) = n(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 0,041 \text{ моль}$$

В нашей школьной лаборатории хлорид меди (II) находится в гидратированной форме ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) поэтому дальнейший расчет будет вестись с учетом 2 моль H_2O .

$$m_{\text{в}}(\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,041 \text{ моль} \cdot 169 \text{ г/моль} = 6,929 \text{ г.}$$

Поскольку в лаборатории используются 5% растворы солей, для проведения опыта необходимо взять 138,58 г раствора CuCl_2 :

$$m_{\text{р}}(\text{CuCl}_2) = \frac{m_{\text{в}}(\text{CuCl}_2)}{\omega(\text{CuCl}_2)} = \frac{6,929}{0,05} = 138,58 \text{ г}$$

Как итог, для приготовления 5% раствора хлорида меди (II) необходимо 6,929 г $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ растворить в 131,651 г воды (приложение 1, рис. 1.). По уравнению реакции соотношение хлорида меди (II) и гидроксида натрия 1:2, соответственно необходимо взять:

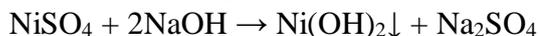
$$n(\text{NaOH}) = 2n(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 0,082 \text{ моль}$$

$$m_{\text{в}}(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) = 0,082 \cdot 40 = 3,28 \text{ г}$$

Поскольку в лаборатории используются 10% растворы щелочей, для проведения опыта необходимо взять 32,8 г раствора NaOH (приложение 1, рис. 2):

$$m_{\text{р}}(\text{NaOH}) = \frac{m_{\text{в}}(\text{NaOH})}{\omega(\text{NaOH})} = \frac{3,28}{0,1} = 32,8 \text{ г}$$

Получение гидроксида никеля:



$$n(\text{Ni}(\text{OH})_2) = \frac{m(\text{Ni}(\text{OH})_2)}{M(\text{Ni}(\text{OH})_2)} = \frac{4}{92} = 0,043 \text{ моль}$$

$$n(\text{NiSO}_4) = n(\text{Ni}(\text{OH})_2) = 0,043 \text{ моль}$$

$$m_{\text{в}}(\text{NiSO}_4) = n(\text{NiSO}_4) \cdot M(\text{NiSO}_4) = 0,043 \text{ моль} \cdot 155 \text{ г/моль} = 6,665 \text{ г.}$$

Поскольку в лаборатории используются 5% растворы солей, для проведения опыта необходимо взять 133,3 г раствора NiSO_4 :

$$m_{\text{р}}(\text{NiSO}_4) = \frac{m_{\text{в}}(\text{NiSO}_4)}{\omega(\text{NiSO}_4)} = \frac{6,665}{0,05} = 133,3 \text{ г}$$

Как итог, для приготовления 5% раствора сульфата никеля необходимо 6,665 г NiSO_4 растворить в 126,635 г воды (приложение 1, рис. 3). По уравнению реакции соотношение сульфата никеля и гидроксида натрия 1:2, соответственно необходимо взять:

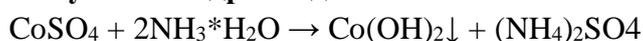
$$n(\text{NaOH}) = 2n(\text{Ni}(\text{OH})_2) = 0,086 \text{ моль}$$

$$m_{\text{в}}(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH}) * M(\text{NaOH}) = 0,086 * 40 = 3,44 \text{ г}$$

Поскольку в лаборатории используются 10% растворы щелочей, для проведения опыта необходимо взять 34,4 г раствора NaOH (приложение 1, рис. 4):

$$m_{\text{р}}(\text{NaOH}) = \frac{m_{\text{в}}(\text{NaOH})}{\omega(\text{NaOH})} = \frac{3,44}{0,1} = 34,4 \text{ г}$$

Получение гидроксида кобальта:



$$n(\text{Co}(\text{OH})_2) = \frac{m(\text{Co}(\text{OH})_2)}{M(\text{Co}(\text{OH})_2)} = \frac{4}{93} = 0,043 \text{ моль}$$

$$n(\text{CoSO}_4) = n(\text{Co}(\text{OH})_2) = 0,043 \text{ моль}$$

$$m_{\text{в}}(\text{CoSO}_4) = n(\text{CoSO}_4) * M(\text{CoSO}_4) = 0,043 \text{ моль} * 155 \text{ г/моль} = 6,665 \text{ г.}$$

Поскольку в лаборатории используются 5% растворы солей, для проведения опыта необходимо взять 133,3 г раствора CoSO₄:

$$m_{\text{р}}(\text{CoSO}_4) = \frac{m_{\text{в}}(\text{CoSO}_4)}{\omega(\text{CoSO}_4)} = \frac{6,665}{0,05} = 133,3 \text{ г}$$

Как итог, для приготовления 5% раствора сульфата кобальта необходимо 6,665 г CoSO₄ растворить в 126,635 г воды (приложение 1, рис. 5). По уравнению реакции соотношение сульфата кобальта и гидрата аммиака 1:2, соответственно необходимо взять:

$$n(\text{NH}_3 * \text{H}_2\text{O}) = 2n(\text{CoCl}_2) = 0,086 \text{ моль}$$

$$m_{\text{в}}(\text{NH}_3 * \text{H}_2\text{O}) = 0,086 * 35 = 3,01 \text{ г}$$

Поскольку в лаборатории используется 25% раствор аммиака, для проведения опыта необходимо взять 12,04 г (приложение 1, рис. 6):

$$m_{\text{р}}(\text{NH}_3 * \text{H}_2\text{O}) = \frac{m_{\text{в}}(\text{NH}_3 * \text{H}_2\text{O})}{\omega(\text{NH}_3 * \text{H}_2\text{O})} = \frac{3,01}{0,25} = 12,04 \text{ г}$$

В результате проведения вышеописанных реакций нами было получено по 4 грамма гидроксида каждого изучаемого нами металла (приложение 1, рис. 7), и мы приступаем к выполнению дальнейшей практической части нашей работы: изучению свойств.

2.2. Изучение свойств гидроксидов

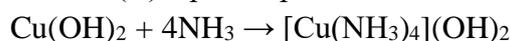
Наиболее типичными реакциями для гидроксидов тяжелых металлов является взаимодействие с кислотами, для гидроксида меди (II) характерна реакция с аммиаком, для гидроксида кобальта характерны амфотерные свойства. Взяв за основу эти свойства веществ, мы осуществили следующие реакции:

Взаимодействие гидроксида меди (II) с соляной кислотой:



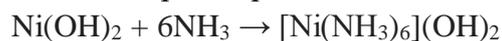
В результате реакции наблюдаем растворение гидроксида меди (II) и образование голубого раствора (приложение 1, рис. 8), что свидетельствует об основных свойствах Cu(OH)₂ и образовании соли меди в ходе реакции.

Взаимодействие гидроксида меди (II) с раствором аммиака:



В результате реакции гидроксид меди (II) образует растворимое комплексное соединение с аммиаком – дигидроксотетрааммиакат меди (II) ярко-синего цвета (приложение 1, рис. 9).

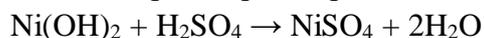
Взаимодействие гидроксида никеля с раствором аммиака:



В результате реакции гидроксид никеля образует растворимое комплексное соединение с аммиаком – дигидроксогексааммиакат никеля синего цвета (приложение 1, рис. 10).

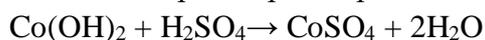
Отсюда можно сделать вывод, что комплексные соединения с аммиаком имеют синий цвет.

Взаимодействие гидроксида никеля с раствором серной кислоты:



В результате реакции наблюдаем растворение гидроксида никеля и образование зеленоватого раствора, что свидетельствует об основных свойствах Ni(OH)_2 и образовании соли никеля в ходе реакции (приложение 1, рис. 11).

Взаимодействие гидроксида кобальта с раствором серной кислоты:



В результате реакции наблюдаем растворение гидроксида кобальта и образование розоватого раствора (приложение 1, рис. 12), что свидетельствует об основных свойствах Co(OH)_2 и образовании соли кобальта в ходе реакции.

Взаимодействие гидроксида кобальта с гидроксидом натрия:



В результате реакции мы наблюдаем полное растворение гидроксида кобальта, поскольку образуется комплексное соединение тетрагидроксокобальтат (II) натрия красно-коричневого цвета (приложение 1, рис. 13).

Проведение вышеописанных реакций доказывает амфотерные свойства гидроксида кобальта.

Заключение

Изучение тяжелых металлов важно по нескольким причинам. С точки зрения здравоохранения тяжелые металлы могут вызывать такие заболевания как рак, астму, диабет. Поэтому важно изучить их, чтобы найти способы защитить себя.

С точки зрения охраны окружающей среды: тяжелые металлы могут попасть в окружающую среду и быть опасными для здоровья человека и природы. Поэтому важно следить за ними, чтобы лучше понять риски и найти способы снижения их отрицательного воздействия.

Многие тяжелые металлы необходимы для многих важных технологий, включая компьютеры, смартфоны. Поэтому важно налаживать стабильную добычу, чтобы удовлетворить растущий спрос на эти ресурсы

Цель работы была достигнута, все задачи выполнены, гипотезу в ходе выполнения работы мы подтвердили: использование стехиометрических расчетов действительно позволяет сократить потребление реагентов (растворимых солей тяжелых металлов), что позволяет снизить попадание соединений тяжелых металлов в окружающую среду.

Список литературы

1. Венецкий С. И. Рассказы о металлах. – М.: МИСИС. Руда и Металлы, 2005. – 432 с.
2. Гидроксид меди (II): свойства, применение и способы получения. [Электронный ресурс]. URL: <https://himichu.ru/osnovy-ximicheskix-reakcij/cuoh2-svoystva-primenenie-i-sposoby-polucheniya-mnogoatomnogo-spirta.html>(Дата обращения: 24.10.2023)
3. Гидроксид никеля: структура, свойства, применение. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru1.warbletoncouncil.org/hidroxido-de-niquel-ii-1575#menu-11> (Дата обращения: 26.10.2023)
4. Крицман В.А. Книга для чтения по неорганической химии. Часть 2. – М.: Просвещение, 1992. – 191 с.
5. Лидин Р. А., Молочко В. А., Андреева Л. Л. Химические свойства неорганических веществ. – «Химия», 2000. –286 с.
6. Третьяков Ю. Д. Неорганическая химия. Том 3: химия переходных элементов. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 352 с.



Рис. 1. Отмеренные количества хлорида меди (II) и воды для приготовления раствора нужной концентрации



Рис 2. Отмеренное количество NaOH для проведения реакции с хлоридом меди (II)

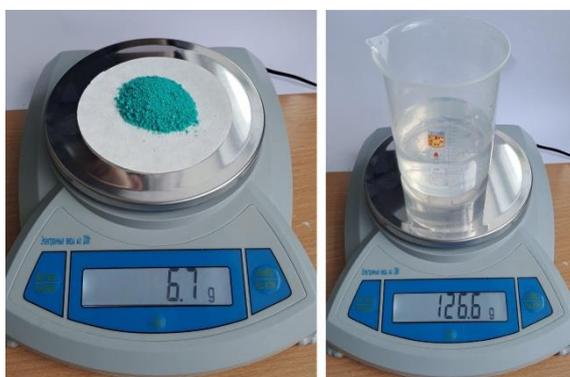


Рис. 3. Отмеренные количества сульфата никеля и воды для приготовления раствора нужной концентрации



Рис 4. Отмеренное количество NaOH для проведения реакции с сульфатом никеля



Рис. 5. Отмеренные количества сульфата кобальта и воды для приготовления раствора нужной концентрации



Рис 6. Отмеренное количество раствора NH₃ для проведения реакции с сульфатом кобальта



Рис 7. Полученные гидроксиды меди (II), никеля, кобальта.

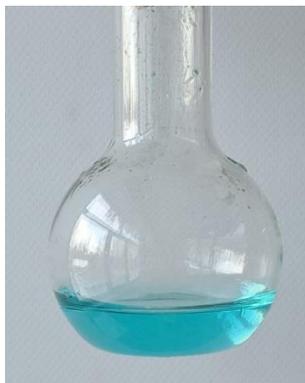


Рис 8. Образовавшийся голубой раствор в результате реакции $\text{Cu}(\text{OH})_2$ и HCl



Рис 9. Образовавшийся ярко-синий раствор в результате реакции $\text{Cu}(\text{OH})_2$ и NH_3



Рис 10. Образовавшийся синий раствор в результате реакции NiSO_4 и NH_3



Рис 11.
Образовавшийся зеленый раствор в результате реакции $\text{Ni}(\text{OH})_2$ и H_2SO_4

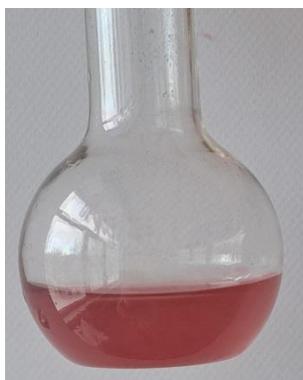


Рис 12. Образовавшийся розовый раствор в результате реакции $\text{Co}(\text{OH})_2$ и H_2SO_4

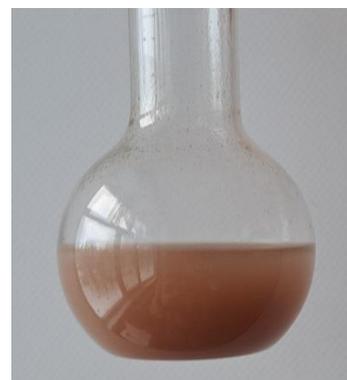


Рис 13. Образовавшийся коричневатый-красный раствор в результате реакции $\text{Co}(\text{OH})_2$ и NaOH

Рецензия руководителя на исследовательскую работу

обучающегося 9 «А» класса

МБОУ СОШ №67 г. Пензы

Холодкова Богдана Дмитриевича

«Получение гидроксидов тяжелых металлов с использованием стехиометрических расчетов и изучение свойств полученных соединений»

Работа Холодкова Богдана представляет собой исследование о соединениях тяжелых металлов, их распространении в природе, влиянии на окружающую среду, применении, а также получении и изучении свойств гидроксидов никеля, кобальта и меди. Актуальность работы заключается в том, что исследование тяжелых металлов и их соединений продолжается и по сей день. Поэтому важно делать первые шаги к изучению данных веществ еще в школе, чтобы в дальнейшем продолжить работу над этой темой.

Содержание работы соответствует заявленной теме.

Работа включает в себя введение, основную часть из двух глав, заключение, список литературы. Во введении указывается актуальность исследования, проблема, цель, задачи, гипотеза.

В первой главе рассматриваются теоретические аспекты данной темы, а именно: распространение тяжелых металлов в природе, влиянии на окружающую среду, применении. Вторая часть работы представляет собой практическое исследование – с использованием стехиометрических расчетов были получены гидроксиды тяжелых металлов, изучены их свойства.

Работу Холодков Богдан выполнял самостоятельно, используя литературу, рекомендованную для исследования. Самостоятельно провел практическую часть работы. При выполнении работы обучающийся проявил творчество, инициативу, способность решать соответствующие исследовательские проблемы. Чётко выполнял все рекомендации научного руководителя, и вовремя устранял замечания в процессе доработки исследовательской работы.

Научный руководитель:

Малышева Настальгия Юрьевна,

учитель химии МБОУ СОШ №67 г. Пензы



20.12.2023