

**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» 2025**

Направление: химия

**ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ  
СЕРНОЙ КИСЛОТЫ С МЕТАЛЛАМИ РАЗНОЙ АКТИВНОСТИ**

**Выполнил:**

Семин Иван Дмитриевич,  
обучающийся 8 «Б» класса  
МБОУ СОШ № 67 г. Пензы

**Руководитель:**

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

Пенза, 2025

## Оглавление

Введение .....	3
1. Теоретическая часть .....	4
1.1. Кислородные соединения серы.....	4
1.1.1. Оксиды серы.....	4
1.1.2. Кислородсодержащие кислоты серы.....	5
1.1.3. Серная кислота: способы получения, свойства, применение.....	5
1.2. Активность металлов в соответствии с электрохимическим рядом напряжений Н.Н. Бекетова.....	6
2. Практическая часть .....	7
Заключение .....	9
Список литературы.....	10
Приложение 1. Практическая часть работы .....	11

## Введение

Тема «Свойства серной кислоты» является достаточно сложной в курсе неорганической химии, а само вещество – одно из самых значимых в химическом производстве. Поэтому перспективным направлением изучения уже на школьном уровне являются особенности взаимодействия серной кислоты с различными веществами – в этом заключается актуальность нашей работы.

**Цель работы:** исследование особенностей взаимодействия концентрированной серной кислоты с металлами разной активности

**Задачи:**

1. Рассмотреть теоретический материал по данной теме
2. Изучить правила техники безопасности при работе с кислотами
3. Подобрать необходимые реагенты
4. Экспериментально провести химические реакции, сравнить результаты с теорией, сделать выводы

**Гипотеза:** продукты взаимодействия металлов с концентрированной серной кислотой зависят не только от активности металла, но и от других факторов, которые будут влиять на степень восстановления серы.

**Практическая значимость:** изучение свойств необходимо вести не только на основе знаний о закономерностях протекания химических реакций, но и подтверждать, опровергать или дополнять данные сведения с помощью практики. Практическое изучение окислительно-восстановительных процессов позволяет качественно проработать данную тему, а понимание принципов свойств концентрированной серной кислоты позволяет прогнозировать свойства и других кислот-окислителей.

**Объект исследования:** металлы разной активности; концентрированная серная кислота.

**Предмет:** протекание реакций и продукты взаимодействия концентрированной серной кислоты с металлами разной активности.

**Методы исследования:**

- Анализ литературных источников;
- Теоретическое моделирование процессов;
- Дедукция;
- Наблюдение;
- Сравнение;
- Эксперимент.

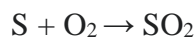
## 1. Теоретическая часть

### 1.1. Кислородные соединения серы

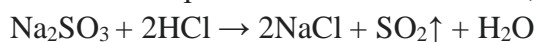
#### 1.1.1. Оксиды серы

Сера образует два оксида – в степенях окисления +4 и +6. Оба этих соединения проявляют кислотный характер [1].

Оксид серы (IV) – SO<sub>2</sub> (диоксид серы, сернистый газ) представляет собой бесцветный газ с резким характерным запахом жженных спичек. Образуется при сгорании серы:

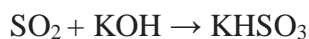


Лабораторным путем сернистый газ можно получить при проведении реакции обмена между сульфитами металлов и сильными неорганическими кислотами, например:

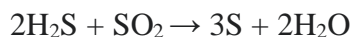


Раствор оксида серы (IV) в воде – сернистая кислота (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>).

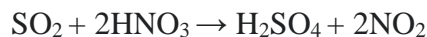
Оксид серы (IV) взаимодействует с основными оксидами и щелочами с образованием солей сернистой кислоты – сульфитов или гидросульфитов:



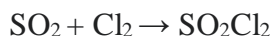
Сернистый газ проявляет слабые окислительные свойства, и только в отношении сильных восстановителей:



Восстановительные же свойства оксид серы (IV) проявляет по отношению к сильным окислителям [1]. При пропускании сернистого газа через концентрированную азотную (HNO<sub>3</sub>) кислоту образывается новая кислота – серная (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>):



А так же оксид серы (IV) проявляет восстановительные свойства в отношении хлора в реакции соединения:



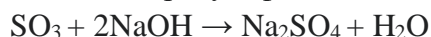
Оксид серы (VI) – SO<sub>3</sub> – высший оксид серы. Образуется при прямом окислении оксида серы (IV) на ванадиевом катализаторе – V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.



При обычных условиях является бесцветной едкой жидкостью, которая при температуре ниже 17°C превращается в белое кристаллическое вещество [1]. В отличие от оксида серы (IV), оксид серы (VI) имеет ярко выраженные кислотные свойства, при взаимодействии с водой образуя одну из самых сильных кислот – серную:



При взаимодействии оксида серы (VI) с щелочами образуются соли серной кислоты – в избытке щелочи – сульфаты, в недостатке – гидросульфаты:



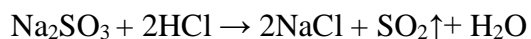
### 1.1.2. Кислородсодержащие кислоты серы

Двум кислотным оксидам серы соответствуют две кислородсодержащие кислоты: сернистая и серная. Как и с оксидами, кислотные свойства этих веществ усиливаются по мере увеличения степени окисления атома серы.

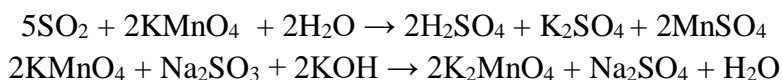
Сернистая кислота – химическая неорганическая кислота средней силы, существующая только в водном растворе, легко разлагается на сернистый газ  $\text{SO}_2$  и воду.

Сернистой кислоте соответствует два ряда солей.

Качественная реакция на сульфит-ионы – выделение газа с резким запахом при взаимодействии с кислотами:



И сернистый газ, и сульфиты являются сильными восстановителями. Эти реакции протекают с повышением степени окисления серы от +4 до +6.



### 1.1.3. Серная кислота: способы получения, свойства, применение

Химически чистая серная кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) – тяжёлая маслянистая жидкость, хорошо растворимая в воде. При растворении концентрированной серной кислоты в воде выделяется очень большое количество теплоты [3].

Концентрированная серная кислота растворяет оксид серы (VI), образуя олеум ( $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$ ).

Оксид серы (VI) в олеуме частично взаимодействует с концентрированной серной кислотой с образованием пиросерной кислоты  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ .

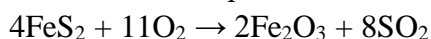
Концентрированная серная кислота – сильный окислитель за счёт серы в степени окисления +6. Чем активнее восстановитель и чем выше концентрация кислоты, тем глубже протекает восстановление. Концентрированная серная кислота окисляет металлы, в том числе расположенные в электрохимическом ряду напряжений после водорода:



Если металл в электрохимическом ряду активности расположен левее водорода, продуктом восстановления серы будет являться  $\text{SO}_2$ . Если металл расположен от Mn до Pb (кроме Fe и Cr), то образоваться может как диоксид серы, так и сера в чистом виде. И если в реакцию вступает активный металл (кроме Al), то происходит максимальное восстановление серы до  $\text{H}_2\text{S}$ . Железо, хром и алюминий пассивируются концентрированной серной кислотой, поэтому реакция происходит только при нагревании и с образованием  $\text{SO}_2$  [5].

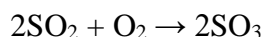
Качественной реакцией на серную кислоту и её растворимые соли является выпадение нерастворимого в воде и в кислотах белого осадка сульфата бария при взаимодействии с растворимыми солями бария.

Производство серной кислоты в промышленности – многостадийный процесс [7]. На первом этапе в печи для обжига «в кипящем слое» происходит обжиг пирита:

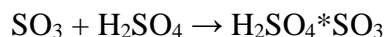


Затем в циклоне происходит тщательная очистка от крупных частиц пыли, а в электрофилт্রে – от мелких. В сушильной башне осушают полученное соединение от водяных паров, а затем в теплообменнике очищенный обжиговый газ нагревают [7].

Далее в контактном аппарате происходит окисление  $\text{SO}_2$  до  $\text{SO}_3$  на твердом ванадиевом катализаторе  $\text{V}_2\text{O}_5$ .

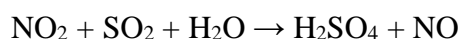


И затем в поглотительной башне оксид серы (VI) поглощают концентрированной серной кислотой. Образуется олеум, из которого можно приготовить серную кислоту любой концентрации.



Получаемую данным способом серную кислоту также называют «контактной» (концентрация 92-94 %).

Ранее серную кислоту получали нитрозным методом [7], а кислоту называли «башенной» (концентрация 75 %). Сущность этого метода заключается в окислении диоксида серы диоксидом азота в присутствии воды, и в упрощенном виде можно представить процесс следующим уравнением реакции:



Серная кислота используется для получения удобрений, синтетических моющих средств, пластмасс [3]. Серную кислоту применяют для очистки нефтепродуктов, в производстве тканей, красителей, взрывчатых веществ, лекарств, используют в качестве электролита для свинцовых аккумуляторов.

## **1.2. Активность металлов в соответствии с электрохимическим рядом напряжений Н.Н. Бекетова**

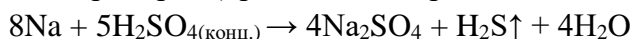
Последовательность металлов по их способности вытеснять друг друга, в 1860-е и последующие годы изучена и дополнена нашим земляком, уроженцем Пензенской губернии, Н. Н. Бекетовым. В 1859 году он сделал в Париже сообщение на тему «Исследование над явлениями вытеснения одних элементов другими». В эту работу Бекетов включил целый ряд обобщений о зависимости между взаимным вытеснением элементов и их атомным весом, связывая эти процессы с «первоначальными химическими свойствами элементов – тем, что называется химическим родством». Открытие Бекетовым вытеснения металлов из растворов их солей водородом под давлением и изучение восстановительной активности алюминия, магния и цинка при высоких температурах (металлотермия) позволило ему выдвинуть гипотезу о связи способности одних элементов вытеснять другие из соединений с их плотностью: более лёгкие простые вещества способны вытеснять более тяжёлые (поэтому данный ряд часто также называют вытеснительный ряд Бекетова, или просто ряд Бекетова).

В информационных источниках можно найти следующую информацию по активности металлов: от Li до Al располагаются активные металлы, от Mn до Pb – металлы средней активности, далее идёт водород, у которого электродный потенциал равен нулю, и после него расположены неактивные металлы [5].

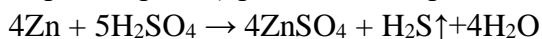
## 2. Практическая часть

Для исследования особенностей взаимодействия концентрированной серной кислоты с металлами разной активности нами было принято решение взять следующие металлы: натрий (активный металл), цинк (средней активности, но ближе к активным), олово (средней активности, но ближе к неактивным), медь (неактивный металл).

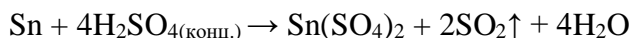
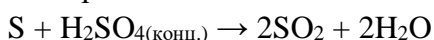
А) при взаимодействии натрия с концентрированной серной кислотой мы наблюдали выделение бесцветного газа с неприятным запахом ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Реакция проводилась в двойном кристаллизаторе, поскольку высокая температура в ходе проведения реакции не позволила бы безопасно провести её в обычной пробирке (приложение 1, рис.1).



Б) цинк – достаточно активный металл, но на его поверхности образуется оксидная плёнка. Как следствие, взаимодействие цинка с концентрированной серной кислотой может приводить к образованию разных продуктов восстановления серы [8]. Вероятнее всего, это зависит от концентрации кислоты, температуры, при которой протекает химическая реакция. В нашем случае мы наблюдали выделение бесцветного газа с неприятным запахом, что свидетельствует об образовании сероводорода (приложение 1, рис.2).

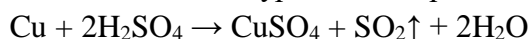


В) При проведении реакции между оловом и концентрированной серной кислотой мы также наблюдали выделение бесцветного газа с резким запахом –  $\text{SO}_2$  (приложение 1, рис.3). И мы можем предположить, что возможный продукт реакции – сера – также окислилась концентрированной серной кислотой с образованием  $\text{SO}_2$ :



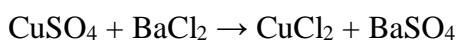
Г) взаимодействие меди с серной кислотой также вызвало большой интерес, поскольку реакция пошла не по правилам, описанным в школьном учебнике [1].

На первом этапе при нагревании (приложение 1, рис. 4) мы наблюдали выделение бесцветного газа с резким запахом жженных спичек ( $\text{SO}_2$ ), а затем – образование черного осадка (приложение 1, рис. 5, 6). Однако в соответствии с уравнением реакции [1]



никаких осадков быть не должно. После оседания частичек твердой фазы раствор остался бесцветным, не приобрел голубую окраску, характерную для гидратированных ионов меди  $\text{Cu}^{2+}$ . Это может быть связано с тем, что концентрированная серная кислота, являясь хорошим водоотнимающим средством, забрала всю воду себе.

Поэтому мы произвели отбор части полученного вещества в другую пробирку. И при добавлении воды раствор приобрел голубой оттенок (приложение 1, рис. 7). Это доказывает наличие ионов меди в растворе. При дальнейшем добавлении хлорида бария в получившийся раствор произошло выпадение осадка белого цвета, что свидетельствует о том, что прошла качественная реакция на сульфат-анион – взаимодействие с катионом бария (приложение 1, рис. 8, 9).

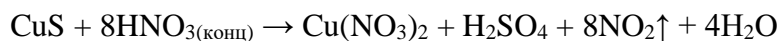


Далее мы продолжили выяснение природы осадка черного цвета. Нами было сделано предположение, что это могут быть либо оксиды:  $\text{CuO}$ , либо  $\text{Cu}_2\text{O}$ , или соли:  $\text{CuS}$  или  $\text{Cu}_2\text{S}$ , поскольку все остальные предполагаемые серосодержащие соли меди не имеют возможности к существованию в водном растворе. («?» в таблице растворимости).

Предполагаемые вещества в ходе проведения опыта не успели раствориться в концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , поэтому для попытки их распознавания в порцию вещества прибавили концентрированную  $\text{HNO}_3$ .

На первом этапе добавления концентрированной азотной кислоты ничего не происходило. После нагревания мы наблюдали выделение бурого газа и растворение осадка (приложение 1, рис.10). С оксидом меди (II) выделения газа не произошло бы, отсюда можно сделать вывод, что осадок обязательно включает следующие компоненты:  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{CuS}$  или  $\text{Cu}_2\text{S}$ .

Предполагаемые процессы, происходящие при нагревании:



Таким образом, мы доказали, что при взаимодействии меди с концентрированной серной кислотой протекают по меньшей мере две параллельные реакции: основная и побочные, в ходе которых образуются либо оксид меди (I), сульфид меди (II) или (I), а данные о протекании побочных реакций отсутствуют [1, 2, 4, 6].

В более авторитетных источниках [7, с. 176] мы нашли информацию о том, что при температуре ниже  $270^\circ\text{C}$  в ходе реакции образуется  $\text{Cu}_2\text{S}$ .

## Заключение

Проделав работу, мы убедились, что действительно концентрированная серная кислота даёт различные продукты реакции с металлами разной активности. При этом мы выяснили, что не всегда на практике реакция протекает в соответствии со схемами, представленными в учебной литературе, поэтому подобное разделение – условно и продукты зависят от различных факторов, таких, как – концентрация кислоты, активность металла, наличие оксидной плёнки на поверхности, температура, при которой проходит взаимодействие.

Выбранная тема позволяет продолжить работу в дальнейшем, например, с помощью цифровой лаборатории «Полус» в рамках дополнительного образования в ДТ «Кванториум», можно определить температурный диапазон, в котором будут образовываться те или иные вещества, и направлять химический процесс в сторону необходимых продуктов реакций.

Цель работы была достигнута, все задачи выполнены, гипотезу в ходе выполнения работы мы подтвердили: продукты взаимодействия металлов с концентрированной серной кислотой действительно зависят не только от активности металла, но и от концентрации кислоты, а также температуры, при которой протекает химическая реакция.

## Список литературы

1. Габриелян О.С., Остроумов И.Г., Сладков С.А. Химия, 9 класс, учебник для общеобразовательных организаций. М.: Просвещение, 2019 – 223 с.
2. Дацук Е.А., Овчинникова О.В., Степенин А.А. Тренировочные варианты и справочные материалы для подготовки к ЕГЭ по химии. М.: Буки Веди, 2023. – 360 с.
3. Кузьменко Н.Е., Еремин, В.В., Попков В.А. Начала химии. Современный курс для поступающих в вузы. – М.: Издательство «Экзамен», 2007 – 831 с.
4. Крышилович Е.В., Мостовых В.А. Справочник по химии. М.: Эксмо, 2018 – 320 с.
5. Металлы. [Электронный ресурс]. URL: <https://neofamily.ru/himiya/smart-directory/603> (дата обращения: 23.11.2024)
6. Окислительные свойства концентрированной серной кислоты. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.yaklass.ru/p/himiya-spo/programma-144-ch/stroenie-i-svoistva-neorganicheskikh-veshchestv-7446461/fiziko-khimicheskie-svoistva-neorganicheskikh-veshchestv-7446463/re-9172be0d-3b76-4a8e-9dfb-ec1b54659b98> (дата обращения: 16.12.2024)
7. Третьяков Ю.Д. Тамм М.Е. Неорганическая химия: В 3-х т. Т. 3: Химия переходных элементов. М.: Академия, 2007. – 400 с.
8. Химические свойства переходных металлов. [Электронный ресурс]. URL: <https://scienceforyou.ru/teorija-dlja-podgotovki-k-egje/himicheskie-svoistva-perehodnyh-metallov>. (дата обращения: 02.12.2024)



Рис 1. Взаимодействие натрия с конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$



Рис 2. Взаимодействие цинка с конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$



Рис 3. Взаимодействие олова с конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$



Рис 4. Нагревание меди с конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$



Рис 5. Образование черного осадка в ходе реакции между медью и конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$



Рис 6. Отбор части черного осадка после реакции между медью и конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$



Рис 7. Гидратированные ионы  $\text{Cu}^{2+}$



Рис. 8. Проведение качественной реакция на сульфат-анион



Рис. 9. Выпадение белого осадка сульфата бария



Рис. 10. Взаимодействие черного осадка с конц.  $\text{HNO}_3$

Рецензия руководителя на исследовательскую работу

обучающегося 8 «Б» класса

МБОУ СОШ №67 г. Пензы

Семина Ивана Дмитриевича

*«Изучение особенностей взаимодействия концентрированной серной кислоты с металлами разной активности»*

Работа Семина Ивана представляет собой исследование о особенностях взаимодействия концентрированной серной кислоты с металлами разной активности: натрием, оловом, цинком, медью. Актуальность работы заключается в том, что тема «Свойства серной кислоты» является достаточно сложной в курсе неорганической химии и одной из самых значимых в химическом производстве. Поэтому изучение свойств необходимо вести не только на основе знаний о закономерностях протекания химических реакций, но и подтвердить, опровергнуть или дополнить данные сведения с помощью практики.

Содержание работы соответствует заявленной теме.

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

В первой главе рассматриваются теоретические аспекты данной темы. Первая часть работы носит в том числе и исследовательский характер, потому что именно на основе данного теоретического материала была реализована практическая часть. Вторая часть работы представляет собой практическое исследование.

Работу Семина Иван выполнял самостоятельно, используя литературу, рекомендованную для исследования. Под руководством учителя 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.



Директор МБОУ СОШ №67 г. Пензы:

М. П.

*Волчкова* Волчкова Ирина Юрьевна

Научный руководитель:

Малышева Настальгия Юрьевна,

*Малышева* учитель химии МБОУ СОШ №67 г. Пензы

25.12.2024