

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НИУ «БелГУ»)**

ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КАФЕДРА ИНФОРМАТИКИ, ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН И МЕТОДИК
ПРЕПОДАВАНИЯ

**ХИМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ КАК СРЕДСТВО УСТАНОВЛЕНИЯ
МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ХИМИЕЙ И БИОЛОГИЕЙ**

Выпускная квалификационная работа магистранта по направлению подготовки
44.04.01 Педагогическое образование магистерская программа
Естественнонаучное образование
заочной формы обучения, группы 02041562
Гостищева Игоря Александровича

Научный руководитель:
к.б.н., доцент
Чернявских С.Д.

Рецензент:
доцент кафедры морфологии и
физиологии БелГАУ, к.б.н.
Литвинов Ю.Н.

БЕЛГОРОД 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Теоретическая часть:	
1.1 Основные понятия.....	7
1.2 История вопроса.....	9
1.3 Химический эксперимент.....	11
1.4 Особенности межпредметных связей, возникающих между предметами естественнонаучного цикла.....	16
2. Практическая часть:	
2.1 Химический эксперимент с биологическими объектами:	
2.1.1 Реактивы и оборудование, методика эксперимента.....	22
2.1.2 Блок-схема исследования.....	23
2.1.3 Результаты эксперимента – содержание исследовательской работы учащегося.....	26
2.1.4 Перечень вопросов по химии и биологии, которые были проработаны при выполнении исследования.....	36
2.2 Биологический эксперимент с химическими веществами:	
2.2.1 Реактивы и оборудование, семена, методика эксперимента.....	37
2.2.2 Блок-схема исследования.....	38
2.2.3 Результаты эксперимента – содержание исследовательской работы учащегося.....	40
2.2.4 Перечень вопросов по химии и биологии, которые были проработаны при выполнении исследования.....	50
2.3 Химический эксперимент с экологическим значением:	
2.3.1 Реактивы и оборудование, методика эксперимента.....	51
2.3.2 Блок-схема исследования.....	52
2.3.3 Результаты эксперимента – содержание исследовательской работы учащегося.....	54
2.3.4 Перечень вопросов по химии, биологии и экологии, которые были проработаны при выполнении исследования.....	65
Заключение.....	66
Список использованных источников.....	68

ВВЕДЕНИЕ

Химический эксперимент играет ключевую роль в преподавании химии в школе. Это основной и специфический метод обучения, который непосредственно знакомит с химическими явлениями и одновременно развивает познавательную деятельность учащихся. Такое обучение, которое формирует навыки учебной деятельности учащихся и непосредственно влияет на умственное развитие и интенсификацию их практической деятельности, принято считать развивающим обучением. В системе современного обучения особенно велика роль химического эксперимента, если он используется не только в качестве иллюстрации, но и как средство познания.

В настоящее время очень актуальна **проблема** осуществления взаимосвязи между химией и биологией, многие учащиеся испытывают сложности при использовании химических знаний вне урока химии, например, для объяснения биологических явлений в окружающей среде.

Цель – разработать обобщенную схему исследовательской работы учащихся, позволяющей установить межпредметные связи между химией и биологией.

Задачи:

1. Разработать методику проведения химического эксперимента с биологическими объектами, биологического эксперимента с химическими веществами, а также химического эксперимента с экологическим значением.
2. Апробировать методику проведения химического эксперимента, устанавливающего взаимосвязь между химией и биологией.
3. Проанализировать список вопросов по химии и биологии, которые были затронуты при выполнении исследовательской работы учащихся (межпредметные связи на уровне фактов).

Данная выпускная квалификационная работа выполнена на базе МБОУ СОШ №4 г. Белгорода. Первая глава посвящена обзору литературы, вторая часть – посвящена разработке и апробации методики эксперимента, устанавливающего взаимосвязь между химией и биологией. В ходе выполнения

выпускной квалификационной работы использовались общенаучные методы (анализ, синтез, сравнение, описание, обобщение, формализация), а также специфические методы (сбор и анализ теоретических источников по проблеме, химический лабораторный эксперимент, биологический лабораторный эксперимент).

Научная новизна. В результате выполнения данной выпускной квалификационной работы разработана и применена на практике обобщенная блок-схема выполнения межпредметной исследовательской работы учащихся на стыке наук химии и биологии. Разработанная блок-схема исследования позволяет, оставаясь в рамках данной тематики, осуществить целую серию научных работ учащихся, изменяя только объект исследования. В процессе выполнения исследовательской работы учащихся устанавливаются межпредметные связи между химией и биологией, актуализируются, закрепляются и применяются на практике знания, полученные на уроках биологии и химии.

Практическая значимость. Результаты данной выпускной квалификационной работы призваны помочь педагогам средней школы (в рамках уроков и внеурочной деятельности) заниматься проектной деятельностью с учениками, интересующимися предметами естественнонаучного цикла, участвовать в муниципальном и региональном этапах всероссийской олимпиаде школьников по экологии.

Апробация. В качестве тем исследовательских работ учащихся были выбрано:

1. «Влияние экстракта *Chelidonium majus L.* на скорость растворения железа в уксусной кислоте».

Результаты исследования были представлены 23 апреля 2015 г. на Межрегиональном открытом конкурсе исследовательских и творческих работ учащихся «Юность науки Центрального Черноземья» (диплом победителя) и 25 апреля 2015 г. на I Шуховском фестивале научно-исследовательских и проектных работ (диплом I степени).

2. «Изучение процесса прорастания семян фасоли обыкновенной в присутствии солей марганца (II)».

Результаты исследования были представлены 20 апреля 2016 г. на Областной конференции школьников «Юность науки Центрального Черноземья» и 23 апреля 2016 г. на II Шуховском фестивале научно-исследовательских и проектных работ.

3. «Особенности травления железа в водных растворах лимонной кислоты».

Исследовательская работа учащегося представлена 5-8 февраля 2016 г. в очном финале XII Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ обучающихся общеобразовательных организаций имени Д.И. Менделеева (диплом I степени, золотая медаль) в г. Москве, 20 апреля 2016 г. на Межрегиональном открытом конкурсе исследовательских и творческих работ учащихся «Юность науки Центрального Черноземья» (диплом победителя) в г. Белгороде и 24 апреля 2016 г. на XIX Российской научной конференции школьников «Открытие» в г. Ярославле (диплом I степени, золотая медаль).

Результаты данной выпускной квалификационной работы были представлены в следующих публикациях:

1. Гостищев И.А., Попова Н.В. Проектная деятельность как форма интеграции преподавания химии и математики // Сборник «Учитель – учителю. Из опыта работы учителей Белгородской области». – Вып. 5, серия «Естественно-математические и прикладные дисциплины». – Белгород: Изд-во БелИРО, 2015. – С.60-63.

2. Гостищев И.А. Изучение коррозии железа в уксусной кислоте в присутствии экстракта листьев и корней *Chelidonium majus* L. [Текст] // Современная химия: Успехи и достижения: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Чита, апрель 2016 г.). – Чита: Молодой ученый, 2016. – С.1-3.

3. Гостищев И.А. Влияние раствора сульфата цинка на прорастание семян фасоли обыкновенной [Текст] // Экологическое краеведение: материалы научно-практич. конф. – Ишим: Изд-во ИПИ им. П.П. Ершова, 2016. – С.24-27.

4. Гостищев И.А., Хорольская Е.Н. Изучение процесса прорастания семян фасоли обыкновенной в присутствии солей марганца (II) [Текст] // Экологическое краеведение: материалы научно-практич. конф. – Ишим: Изд-во ИПИ им. П.П. Ершова, 2016. – С.28-31.
5. Гостищев И.А., Князева Н.В., Чернявских С.Д. Химический эксперимент как средство установления межпредметных связей между химией и биологией [Текст] // Актуальные вопросы современной педагогики: материалы IX Междунар. науч. конф. (г. Самара, сентябрь 2016 г.). – Самара: АСГАРД, 2016. – С.34-36.

1. Теоретическая часть

1.1 Основные понятия

Биология – учебный предмет в школе; основы знаний о живой природе. Отражает современные достижения наук, изучающих строение и жизнедеятельность биологических объектов всех уровней сложности (клетка, организм, популяция, биоценоз, биосфера) [43].

Демонстрация – метод обучающего взаимодействия педагога с детьми на основе показа реальных событий жизни, явлений природы, научных и производственных процессов, действия приборов и аппаратов в целях обращения внимания обучаемых на существенные характеристики изучаемых предметов, явлений и процессов [25].

Демонстрационный эксперимент – это химический эксперимент, проводимый преподавателем (в редких случаях подготовленным учеником). [10, 11, 33].

Домашний эксперимент – это опыты, выполняемые учащимися в домашних условиях и способствующие удовлетворению познавательных интересов и потребностей учащихся, а также развитию опыта их творческой деятельности [10, 11, 33].

Естественный эксперимент – эксперимент, осуществляемый в естественных условиях деятельности человека и построенный так, что испытуемый не подозревает, что подвергся изучению. Метод разработан А.Ф. Лазурским [25].

Лабораторные занятия (лабораторные работы) – один из видов самостоятельной практической работы и исследования учащихся в средней общеобразовательной, специальной и высшей школе с целью углубления и закрепления теоретических знаний, развития навыков самостоятельного экспериментирования [43].

Лабораторный эксперимент – метод обучающего взаимодействия учителя и учащихся на основе воспроизведения ими в условиях учебной

лаборатории естественных процессов и результатов, полученных ранее наукой [25].

Лабораторный эксперимент – эксперимент, который осуществляется в искусственных условиях, как правило, с применением специальной аппаратуры, со строгим контролем всех влияющих факторов [25].

Лабораторные работы – совокупность лабораторных опытов, позволяющих изучить многие стороны химических объектов и процессов [10, 11, 33].

Лабораторные опыты – эксперимент, который выполняют учащиеся под непосредственным руководством учителя [10, 11, 33].

Межпредметная интеграция – основополагающий методический принцип, способствующий сближению различных учебных дисциплин, объединяющий знания, умения и навыки учебно-исследовательской деятельности по различным предметам в целостную систему [23].

Практикум – форма организации учебного процесса; самостоятельное выполнение учащимися практических и лабораторных работ [43].

Практические работы – один из видов экспериментальной учебной деятельности школьников [10, 11, 33].

Практические работы – один из видов учебной деятельности школьников, по целям и задачам аналогичный лабораторным работам [43].

Учебный химический эксперимент – специальным образом организованный фрагмент процесса обучения, направленный на познание объектов химии и развитие экспериментальной деятельности обучаемых [10, 11, 18].

Химия – учебный предмет, в содержание которого входят основы науки о веществах, их составе, строении, свойствах, процессах превращения, об использовании законов химии в практической деятельности людей [43].

Эксперимент – эмпирический метод познания педагогических явлений и процессов в контролируемых и управляемых условиях [9].

Эксперимент – общенаучный метод исследования, который заключается в активной теоретико-практической деятельности экспериментатора, определенным образом преобразующего ситуацию для планомерного изучения объекта в процессе естественного или искусственного, однако, заранее запланированного его развития и функционирования [25].

Эксперимент – метод познания, при помощи которого в контролируемых и управляемых условиях исследуются явления действительности. Эксперимент осуществляется на основе теории, определяющей постановку задач и интерпретацию его результатов. Нередко главной задачей эксперимента служит проверка гипотез и предсказаний теории, имеющих принципиальное значение [54].

Экспериментальный практикум – вид самостоятельной работы учащихся, проводимой в основном в старших классах [10, 11, 33].

1.2 История вопроса

В классической педагогике, в частности в работах Я.А. Коменского, Д.Локка, И.Г. Песталоцци, К.Д. Ушинского, уделялось большое внимание проблеме взаимосвязей между учебными предметами. Великие дидакты обосновали необходимость межпредметных связей для отражения целостности природы в содержании учебного материала, для создания истинной системы знаний и миропонимания [45]. И.Г. Песталоцци, указывая на опасность отрыва одного предмета от другого, писал о том, что нужно приводить в своем сознании все взаимосвязанные между собой предметы в ту именно связь, в которой они действительно находятся в природе [6]. К.Д. Ушинский подчеркивал, что системность в обучении обеспечивается развитием ведущих идей и понятий и общих понятий с помощью внутрипредметных и межпредметных связей [6].

В отечественной педагогике XX века идея межпредметных связей получила свое развитие в исследованиях В.Н. Федорова, Д.М. Кирюшина, В.Н. Максимовой. С общепедагогических позиций межпредметные связи являются одним из средств комплексного подхода к обучению и воспитанию, в

методическом плане межпредметные связи – это средство обеспечения согласованности программ и учебников по разным предметам. И.Д. Зверев и В.Н. Максимова подчеркивают, что межпредметная связь в логически завершённом виде представляет собой выраженное во всеобщей форме, осознанное отношение между элементами структуры различных предметов. А.С. Адыгозалов в своей диссертации [6] под межпредметными связями понимает отражение в учебных предметах средней школы объективных взаимосвязей, существующих между науками. Реализация межпредметных связей служит важным средством интеграции знаний, разобъединённых по разным учебным предметам. Средства реализации межпредметных связей могут быть различны: например, *химический эксперимент* – если предметом его являются биологические объекты и химические явления, происходящие в них.

После революции в нашей стране были созданы две программы по химии, в которых особое внимание было уделено химическому эксперименту [58]. Большой вклад в разработку методики химического эксперимента в школе внес В.Н. Верховский [8]: результаты его многолетней деятельности изложены в книге «Техника и методика химического эксперимента в школе», явившейся незаменимым руководством для учителей и преподавателей химии. В 80-е годы были сделаны шаги по осуществлению взаимосвязи между преподаванием химии и биологии: в курс химии введены сведения о нуклеиновых кислотах, смещено во времени изучение белков, жиров и углеводов. С 90-х гг. на занятиях по химии все большее внимание уделяется использованию химического эксперимента [43].

Химический эксперимент имеет большое значение и во внеурочной работе. Например, в книге М.М. Гостева (1959 г.) [16] предлагаются методики проведения химического эксперимента, с помощью которых устанавливаются межпредметные связи между химией и биологией: исследование почвы, качества пищевых продуктов, животных кормов, роль химических элементов в жизни растений, получение глюкозы и сахарозы из растений.

1.3 Химический эксперимент

В методической литературе химическому эксперименту уделено значительное внимание [38, 40, 56, 57, 30]. Характеристика химического эксперимента проводится в трех аспектах: оборудование школьного химического эксперимента, техника и методика проведения [38, 46-49].

В школьном курсе химии эксперимент является своеобразным объектом изучения, методом исследования, источником и средством нового знания. Химический эксперимент как источник знания о веществе и химической реакции является важным условием активизации познавательной деятельности учащихся, воспитания устойчивого интереса к предмету, формирования научной картины мира, а также представлений о практическом применении химических знаний [38]. Ознакомление с химическим экспериментом как методом научного исследования, овладение навыками химического экспериментирования для добывания новых знаний и применения их в практической деятельности играют важную роль для формирования научного мировоззрения учащихся [38, 58]. Школьный эксперимент одновременно дает представление о методах самой науки и является одним из средств обучения ее основам [55, 2]. Результаты учебного эксперимента, в отличие от научного, известны заранее, условия проведения подобраны так, чтобы в процессе проведения опыта учащиеся пришли к ожидаемым результатам [38].

Через эксперимент у учащихся формируются универсальные учебные действия личностного, познавательного, регуляторного и коммуникативного характера [21]. В современной школе возрастает роль виртуального химического эксперимента (например, в случае работы с ядовитыми реактивами) [1], также особое внимание уделяется социально-экологической направленности химического эксперимента [10, 11, 21].

Важным моментом в организации химического эксперимента является его направленность: просто учебный эксперимент не является мотивационным образовательным событием, не убежденные в его необходимости и жизненности, учащиеся с небольшим энтузиазмом и вниманием его

выполняют, нарушая технику безопасности. Если же эксперимент носит социальный, чаще всего, экологический характер и является частью разрабатываемого проекта, учащиеся готовы проводить его в любое свободное время с огромным энтузиазмом [21, 10, 11].

Л.А. Цветков выделяет четыре задачи химического эксперимента.

Задача 1. Обеспечение наглядного ознакомления с химическими веществами. Реализуется через демонстрацию коллекций, раздаточного материала, а также характеристику физических свойств веществ.

Задача 2. Иллюстрация химических реакций в наглядной форме – «живое созерцание действительности».

Задача 3. Раскрытие идеи развития в химии: генетическая связь веществ, превращения между классами неорганических и органических веществ, синтезы.

Задача 4. Демонстрация зависимости химических свойств веществ от их строения и характера взаимного влияния атомов в молекулах [55].

Функции химического эксперимента:

1. *Информативная функция* проявляется в тех случаях, когда химический эксперимент служит первоначальным источником познания предметов и явлений. С помощью эксперимента обучающиеся узнают о свойствах и превращениях веществ.

2. *Эвристическая функция* обеспечивает не только установление фактов, но и служит активным средством формирования многих эмпирических понятий, выводов, зависимостей и закономерностей в химии.

В учебной деятельности химический эксперимент не только позволяет устанавливать факты, но и служит активным средством формирования многих химических понятий и представлений. Химический эксперимент также позволяет выводить зависимости и закономерности.

3. *Критериальная функция* проявляется в том случае, когда результаты опытов подтверждают предположения (гипотезы) обучаемых, т.е. служат той «практикой, что является критерием истины». Это необходимое средство

практического доказательства правильности или ошибочности предположительных суждений, выводов, а также подтверждения ряда известных положений.

4. *Корректирующая функция* позволяет преодолевать трудности в освоении теоретических знаний: уточнять имеющиеся знания в процессе приобретения экспериментальных умений и навыков, исправлять ошибки обучаемых, осуществлять контроль за приобретенными знаниями.

5. *Исследовательская функция* связана с развитием исследовательских компетентностей по анализу и синтезу веществ, поиску знаний о свойствах веществ и исследованию их простейших признаков, конструированию приборов и установок, т.е. освоению простейших методов научно-исследовательской работы. Наиболее распространенными и доступными исследованиями являются практические работы по качественному анализу веществ. Экспериментальные исследовательские работы ценны в творческом отношении и дают возможность обучаемым самим создавать опытные установки для исследования веществ. Важными и изначально мотивированными являются эксперименты по определению тех или иных химических элементов в продуктах питания. Данные эксперименты имеют здоровьесберегающий характер, что является самой эффективной подводящей к ведению здорового образа жизни.

6. *Обобщающая функция* учебного химического эксперимента создает условия для выработки предпосылок при построении различных типов эмпирических обобщений. С помощью серии учебных экспериментов можно сделать обобщенный вывод.

7. *Мировоззренческая функция* определяется дидактической ролью учебного химического эксперимента в научном химическом познании. Эксперимент является составной частью в цепи диалектического процесса познания учащимися объективной действительности. Правильно поставленный учебный химический эксперимент – важнейшее средство формирования

научного мировоззрения учащихся в процессе усвоения основ химической науки.

Все перечисленные функции учебного химического эксперимента взаимосвязаны. От возможности выполнения этих функций зависят успех и эффективность проводимого учебного химического эксперимента [1, 11, 18, 21, 38, 55].

По организационным формам учебный эксперимент подразделяется на: а) демонстрационный, б) лабораторный, в) практические занятия учащихся, г) домашний эксперимент. В школе имеют место и внеклассные формы работы по химии, где эксперименту отводится значительное место. Экспериментальная работа в кружке помогает углубить знания по химии, приучить к самостоятельной работе в лаборатории и правильному выполнению лабораторных операций [27, 55]. Химические кружки работают по разнообразной тематике, их деятельность может быть направлена на изучения методик синтеза неорганических и органических веществ, конструирование приборов, проведение интересных химических опытов, изучение химических процессов на местных производствах, проведение занятий по агрохимии, геохимии, биогеохимии, электрохимии [14].

Основные задачи *демонстрационного эксперимента*: раскрытие сущности химических явлений; показ учащимся лабораторного оборудования; раскрытие приемов экспериментальной работы и правил безопасности труда в химических лабораториях [10, 11, 22, 33]. Дидактические функции демонстрационного химического элемента различны. Часто эксперимент используется для создания проблемных ситуаций, проверки выдвигаемых гипотез при выяснении свойств веществ, возможных способов их получения и т.п. [26, 41, 43].

Лабораторные занятия способствуют формированию у учащихся убеждений в познаваемости природы, в наличии в ней причинно-следственных связей. В зависимости от методики изучения учебного материала фронтальные лабораторные занятия могут предшествовать его изложению, проводиться в

процессе его изложения или завершать изучение вопроса. Большой педагогический эффект достигается при проведении лабораторных работ исследовательского характера [43].

Практикум проводится при завершении крупных разделов учебных курсов или в конце периода обучения. Перечень работ, входящих в практикум, определён учебной программой [43]. Практические занятия отличаются более высокой степенью самостоятельности учащихся и способствуют совершенствованию их знаний и умений. Практические работы по химии способствуют развитию умения наблюдать и объяснять химические явления, получать и распознавать вещества, знакомят учащихся с приёмами работы в химической лаборатории, формируют навыки обращения с реактивами и оборудованием. К практическим работам по биологии относятся работы по определению природных объектов, наблюдения с последующей регистрацией явления, эксперимент [10, 11, 14, 33, 43].

Домашний эксперимент – это опыты, выполняемые учащимися в домашних условиях и способствующие удовлетворению познавательных интересов и потребностей учащихся, а также развитию опыта их творческой деятельности [5, 10, 11, 33, 44]. Домашний эксперимент является одним из видов самостоятельной деятельности учащихся, который позволяет решать все задачи обучения: образование, воспитание и развитие. Домашние химические опыты способствуют применению исследовательских форм организации учебной деятельности учащихся. При систематическом выполнении домашнего эксперимента развиваются творческие способности школьников, повышается интерес к процессу обучения, формируется самостоятельность, активность и измерительные навыки, закрепляются организационные, технические и интеллектуальные умения [4, 29, 61].

Одним из эффективных методов формирования творческой познавательной активности школьников при изучении химии является исследовательский метод [50, 60, 19, 59, 15]. Внесение элементов исследования в учебно-воспитательный процесс оказывает содействие формированию у

школьников творческой активности, инициативности, любознательности и развивает мышление, потребность в самостоятельном поиске и открытиях [24]. Исследовательский принцип обучения предусматривает такую организацию учебного процесса, при которой ученики знакомятся с основными методами научных исследований, усваивают доступные элементарные методики и приобретают умения самостоятельно осваивать новые знания путем исследования процессов и явлений природы.

В профильном обучении особое значение имеет научно-исследовательская деятельность школьников, которая включает в себя следующие взаимосвязанные элементы: обучение учеников элементам исследовательской деятельности, организации и методики научного творчества; научные исследования, которые осуществляют ученики под руководством учителей. Исследовательский метод в обучении предусматривает привлечение учеников к самостоятельному и непосредственному наблюдению, на основе которых устанавливаются связи предметов и явлений действительности, делаются выводы, познаются закономерности. Результатом такой организации учебного процесса является формирование у школьников необходимых исследовательских умений и навыков, которые являются неотъемлемой частью будущей профессиональной компетентности в разных сферах человеческой деятельности. Особую роль в организации развивающей образовательной среды при изучении химии играют разнообразные формы внеклассной работы, направленные на подготовку учеников-ученых. Среди них можно выделить такие: предметные кружки, школьные научные общества, индивидуальная исследовательская деятельность школьников, конкурсы, игры, олимпиады, индивидуальные проекты [14].

1.4 Особенности межпредметных связей, возникающих между предметами естественнонаучного цикла

Межпредметная интеграция – это основополагающий методический принцип, способствующий сближению различных учебных дисциплин,

объединяющий знания, умения и навыки учебно-исследовательской деятельности по различным предметам в целостную систему [23, 39].

Межпредметные связи являются объективным отражением взаимосвязей в науке и выражают их специфику. Они возникают в результате усвоения теоретического материала и приобретения умений и навыков. Многосторонние межпредметные связи углубляют содержание урока, повышают его познавательную ценность, учащиеся наглядно убеждаются во взаимосвязи процессов и явлений окружающего мира, применяют знания нескольких предметов к решению познавательных задач и проблемных вопросов [32]. Межпредметные связи исследованы в педагогической литературе в различных аспектах: как дидактическое средство повышения эффективности усвоения знаний, познавательной активности учащихся, их самостоятельности в процессе овладения знаниями, формирования их познавательных интересов и др. [23].

В основу классификации межпредметных связей могут быть положены различные критерии. По хронологическому критерию различают связи сопутствующие, предшествующие и перспективные по отношению к изучаемому предмету [45]. По информационному критерию различают фактические и понятийные теоретические связи. По структурным элементам смежных учебных дисциплин межпредметные связи подразделяются на: связи между фактами и понятиями; связи между методами исследования и научного мышления; связи формирования общих умений и навыков; связи обучения способом показательной деятельности [23]. Традиционно различают связи *внутрицикловые* (связи химии с физикой, биологией, географией) и *межцикловые* (связи химии с историей, литературой, мировой художественной культурой, математикой). Согласно принципам системно-деятельностного подхода, межпредметные связи подразделяют на группы, исходя из основных компонентов процесса обучения (содержания, методов, форм организации): содержательно-информационные, оперативно-деятельностные и организационно-методические [3, 20, 31].

Межпредметные связи на уровне фактов – это установление сходства фактов, использование общих фактов, изучаемых в курсах физики, химии, биологии, а также их рассмотрение с целью обобщения знаний об отдельных явлениях, процессах и объектах природы. Так, в обучении биологии и химии учитель может использовать данные о количестве воды в организме человека, о процессах, происходящих в клетке, о биодegradации полимеров, о связывании молекулярного азота цианобактериями и т.д.

Понятийные межпредметные связи – это расширение и углубление признаков предметных понятий и формирование общепредметных терминов и понятий (круговорот элементов в природе, принцип комплементарности, образование пептидной связи, принцип действия ферментов и др.) К общепредметным понятиям в курсах естественнонаучного цикла могут быть отнесены вводимые в теории строения вещества («вещество», «молекула», «строение», «свойство»), а также общие понятия – «явление», «процесс», «энергия». В процессе изучения химии эти понятия не только углубляются и конкретизируются, но и приобретают обобщённый, общенаучный характер [3].

Системное применение межпредметных связей развивает кругозор, глубину мышления, способствует быстрому восприятию происходящих явлений изучаемого материала и помогает развивать навыки использования потенциальных знаний в прикладных дисциплинах [23]. Многосторонние межпредметные связи углубляют содержание урока, повышают его познавательную ценность, учащиеся наглядно убеждаются во взаимосвязи процессов и явлений окружающего мира [32]. Межпредметность, как современный принцип обучения, влияет на отбор и структуру учебного материала целого ряда предметов, усиливая системность знаний учащихся, активизируя методы обучения, ориентирует на применение комплексных форм организации обучения, обеспечивая единство учебно-воспитательного процесса [23].

Межпредметные связи выполняют в обучении ряд функций.

1. *Методологическая функция*: межпредметные связи в процессе обучения отражают методологию современного естествознания, которое развивается по линии интеграции идей и методов с позиций системного подхода к познанию природы.

2. *Образовательная функция*: с помощью межпредметных связей формируются более качественные знания учащихся. Межпредметные связи выступают как средство развития химических понятий, способствуют усвоению связей между ними и общими естественнонаучными понятиями.

3. *Развивающая функция* межпредметных связей определяется их ролью в развитии системного и творческого мышления учащихся, в формировании их познавательной активности, самостоятельности и интереса к познанию природы. Межпредметные связи помогают преодолеть предметную инертность мышления и расширяют кругозор учащихся.

4. *Воспитывающая функция* межпредметных связей выражена в их содействии всем направлениям воспитания в процессе обучения химии. Опираясь на связи с другими предметами, реализуется комплексный подход к воспитанию.

5. *Конструктивная функция*: с помощью межпредметных связей совершенствуется содержание учебного материала, методы и формы организации обучения [3].

Средства реализации межпредметных связей могут быть различны: например, химический эксперимент – если предметом его являются биологические объекты и химические явления, происходящие в них.

Обучение биологии способствует формированию у учащихся естественнонаучной картины мира, пониманию единства живой и неживой природы, научных основ производства и экологических проблем, возникающих в процессе взаимодействия человека и природы [43, 52]. Наиболее характерными методами обучения биологии являются кратковременные и длительные наблюдения и эксперименты. Большое значение в преподавании биологии имеют межпредметные связи, направленные на координацию и

интеграцию научных знаний. Сущность биологических процессов раскрывается на основе физических и химических понятий, теорий, законов и фактов [43, 51].

Изучение химии направлено на усвоение учащимися фундаментальных научных фактов, основных понятий, наиболее общих законов и теорий науки, знаний о химическом производстве и на развитие интеллектуальных способностей и практических умений в области химии [43].

Межпредметные связи между химией и биологией устанавливаются при рассмотрении вопросов охраны окружающей среды [28, 36, 58], биологической роли химических элементов, физиологического действия веществ, связи органических веществ с биологическими объектами, круговорота азота и углерода в природе [35]. Специфические свойства живого (рост, размножение, возбудимость, способность реагировать на изменения внешней среды), связаны с комплексами химических превращений. С помощью химических методов в биологии установлена роль хлорофилла как основы фотосинтеза, гемоглобина как основы процесса дыхания, изучена природа передачи нервных импульсов, определена структура нуклеиновых кислот и т.д. [7].

Установление межпредметных связей между химией и экологией помогает учащимся ориентироваться в химических аспектах экологических проблем. Экологизация химии может проводиться на элективных курсах и в рамках эколого-химического кружка [12, 35-37, 42, 58]. Экологическая учебно-исследовательская работа направлена на приобретение исследовательских умений, формирования навыков, оценочных суждений об экологическом состоянии окружающей среды и всестороннее использование этого знания при изучении базовых и профильных предметов. Практические знания и навыки, полученные учащимися в процессе подготовки и выполнения экологических исследований, отвечают целям основного и дополнительного образования [34]. В экологическом образовании успешно реализуется междисциплинарный подход, позволяющий организовать взаимодействие учителей различных дисциплин [17]. В процессе экологического образования необходимо не просто передавать экологические знания и представления учащимся, но и развивать их

личностное отношение к природе. Это обуславливает освоение учащимися экологических ценностей [13]. По мнению С.М. Файрушиной [53], именно через предметы естественнонаучного цикла (химию и биологию) можно достичь ценностно-ориентированного, целенаправленно организованного, планомерно-систематического процесса формирования экологического сознания учащихся как базового компонента экологической культуры личности.

Таким образом, обзор литературы показывает, что проблема установления взаимосвязи между химией и биологией является чрезвычайно актуальной и, несмотря на долгую историю разработки, до сих пор не нашла эффективного решения.

2. Практическая часть

2.1 Химический эксперимент с биологическими объектами

В качестве темы для исследовательской работы учащихся было выбрано изучение процесса растворения железа в растворе уксусной кислоты в присутствии экстрактов листьев и корней чистотела большого *Chelidonium majus L.* Выбор темы обуславливает возможность использования ее для участия в конкурсах химической и технической направленности.

2.1.1 Реактивы и оборудование, методика эксперимента

Пробоподготовка гвоздей. Для удаления остатков смазочных материалов, гвозди промыли уайт-спиритом и высушили при комнатной температуре. Измерили массу гвоздя на электронных теххимических весах (точность до 2 знака после запятой).

Приготовление растворов уксусной кислоты. Разбавлением 70%-ного раствора уксусной кислоты приготовили серию водных растворов с концентрацией: 9%, 30%, 40%, 50%, 60% масс.

Приготовление экстрактов листьев и корней чистотела большого *Chelidonium majus L.* Листья и корни чистотела большого (*Chelidonium majus L.*) высушили в отсутствие прямых солнечных лучей при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния.

а) Среднюю пробу воздушно-сухого *корня* чистотела измельчили в фарфоровой ступке до однородной массы. Взяли навеску 1 г, перенесли в колбу с притертой пробкой, залили 25 мл 70%-ного раствора уксусной кислоты. Экстрагировали при комнатной температуре 2 суток. Затем отфильтровали с помощью фильтра «синяя лента» в мерную колбу на 25 мл и довели до метки 70%-ным раствором уксусной кислоты.

б) Среднюю пробу воздушно-сухих *листьев* чистотела измельчили в фарфоровой ступке до однородной массы. Взяли навеску 1 г, перенесли в колбу с притертой пробкой, залили 25 мл 70%-ного раствора уксусной кислоты. Экстрагировали при комнатной температуре 2 суток. Затем отфильтровали с

помощью фильтра «синяя лента» в мерную колбу на 25 мл и довели до метки 70%-ным раствором уксусной кислоты.

Проведение взаимодействия железа и уксусной кислоты. В колбу с притертой пробкой налили 25 мл раствора уксусной кислоты с известной процентной концентрацией, опустили гвозди с известной массой, оставили при комнатной температуре.

В контрольных точках извлекали гвозди из реакционной смеси, промывали под струей воды, высушивали при комнатной температуре и проводили измерения массы на технохимических весах.

Проведение взаимодействия железа и уксусной кислоты в присутствии ингибитора. В колбу с притертой пробкой налили 25 мл уксуснокислого экстракта корней чистотела большого, опустили 5 гвоздей с известной массой и диаметром, оставили при комнатной температуре.

В колбу с притертой пробкой налили 25 мл уксуснокислого экстракта листьев чистотела большого, опустили 5 гвоздей с известной массой и диаметром, оставили при комнатной температуре.

В контрольных точках извлекали гвозди из реакционной смеси, промывали под струей воды, высушивали при комнатной температуре и проводили измерения массы на технохимических весах.

2.1.2 Блок-схема исследования

Блок 1. Выбор объекта для исследования

Для проведения эксперимента в качестве предмета, подвергаемого коррозии, были выбраны гвозди, сделанные из конструкционной углеродистой стали марки Ст1пс, содержащей ~99% железа.

Также было необходимо выбрать слабую органическую кислоту для обработки железных предметов. Для проведения эксперимента была выбрана уксусная кислота, которую используют в пищу и свободно продают в обычном магазине. В качестве ингибитора коррозии подойдет экстракт любого лекарственного растения, содержащего алкалоиды, поэтому в нашей работе

изучали коррозию железа в уксуснокислых экстрактах корней и листьев чистотела, который широко произрастает в Белгородской области.

Обязательным условием выбора объекта исследования была его безопасность для человека и возможность самостоятельной работы учащихся без дополнительных мер предосторожности.

Блок 2. Разработка методики эксперимента

При разработке методики эксперимента был сделан акцент на сопоставление процесса растворения железа в растворах уксусной кислоты разной концентрации без добавок и в уксуснокислых экстрактах корней и листьев чистотела большого. Результаты эксперимента могут быть использованы для разработки состава, который будет применяться, чтобы очистить предметы из железа и его сплавов от ржавчины в реставрации или для бытовых нужд.

В литературе известны различные параметры оценки коррозии металла, которые учитывают площадь поверхности предмета, подвергаемого коррозии, и подразумевают использование сложных измерительных приборов. Поскольку наше исследование направлено на подбор концентрации уксусной кислоты, в которой наблюдается максимальное и минимальное растворение железа, было достаточно сопоставить результаты протекания процесса в одинаковых условиях в данный момент времени для предметов с одинаковой площадью поверхности. Поэтому в нашей исследовательской работе для динамического контроля процесса растворения железа были разработаны два параметра оценки – эффективность коррозии и скорость коррозии.

Методика эксперимента была разработана с учетом нескольких допущений:

1. объем реакционной смеси считался постоянным, несмотря на то, что при очередном извлечении гвоздей из колбы происходили небольшие потери раствора;

2. не учитывалось испарение уксусной кислоты в течение длительного эксперимента;

3. при расчетах не учитывалось время, в течение которого гвозди находились вне реакционной смеси (промывание, сушка и взвешивание).

Блок 3. Получение и обработка первичных данных

Поскольку в распоряжении кабинета химии из точных приборов имеются лишь электронные теххимические весы, большая часть исследовательской работы учащихся строится на основе гравиметрических методов. Тем не менее, с помощью весов можно получить интересные результаты.

В каждой контрольной точке получали следующие первичные данные: время взаимодействия, масса каждого гвоздя и средняя масса гвоздя, эффективность коррозии, скорость коррозии. Данные эксперимента ежедневно заносили в файл Excel, в котором была построена матрица для обработки: таблица с данными и графики зависимости. Каждый новый день эксперимента давал новую точку на графиках изменения массы, эффективности и скорости коррозии. Кроме того, все этапы исследования фиксировали на фото.

Блок 4. Анализ первичных данных и получение результатов эксперимента

После окончания эксперимента была проведена обработка массива полученных первичных данных. По графикам зависимости эффективности коррозии от времени для разных мольных соотношений железо/уксусная кислота были определены тангенсы угла наклона прямой. Далее построен график зависимости тангенса угла наклона от мольного соотношения железо/уксусная кислота в начальный момент времени. Кроме того, проанализирована скорость коррозии в растворе уксусной кислоты и в уксуснокислых экстрактах корня и листьев чистотела большого.

Разработанная блок-схема исследования позволяет, оставаясь в рамках данной тематики, проводить целую серию научных работ учащихся, изменяя только объект исследования (слабая органическая кислота, экстракт различных растений, экстракт различных частей растения).

2.1.3 Результаты эксперимента – содержание исследовательской работы учащегося

При археологических раскопках находят предметы из черных металлов различной степени сохранности. Наличие продуктов коррозии недопустимо при консервации музейных экспонатов и окраске архитектурных деталей из чугуна и стали. В процессе реставрации приходится проводить расчистку от ржавчины и напластований красочных слоев, восполнение утрат, защиту от развивающейся коррозии. Удаление ржавчины и других продуктов коррозии – обязательный процесс в реставрации изделий из черного металла.

Проблема исследования. При использовании сильных кислот для обработки реставрируемого предмета наряду с удалением продуктов коррозии (ржавчины) железа происходит значительное растворение металла в кислоте, что крайне нежелательно, поскольку может привести к утрате внешнего вида и свойств обрабатываемого предмета. Специалисты-реставраторы для решения данной *проблемы* применяют: а) сложносоставные смеси сильных и слабых кислот, в том числе входящих в Список прекурсоров, оборот которых в РФ ограничен; б) сокращение времени обработки сильной кислотой, что не позволяет полностью удалить продукты коррозии и чревато риском испортить реставрируемый предмет; в) введение дорогих и труднодоступных для неспециалиста веществ-ингибиторов, уменьшающих скорость взаимодействия железа и его сплавов с кислотами. В литературе также описывается возможность применения солянокислых экстрактов чистотела, хохлатки, дымянки, алтея лекарственного и тысячелистника в качестве ингибиторов растворения железа.

К сожалению, эти способы не подходят для широкого применения реставраторами-любителями. Решению данной проблемы посвящено наше исследование.

Гипотеза. Мы предполагаем, что для уменьшения потерь железа во время обработки предметов из железа и его сплавов от продуктов коррозии (ржавчины) можно использовать не только водный раствор уксусной кислоты,

но и уксуснокислый экстракт корней и листьев чистотела большого (*Chelidonium majus L.*), который выступает в роли ингибитора растворения железа в уксусной кислоте.

Объектом исследования является процесс взаимодействия железа и уксусной кислоты при комнатной температуре.

Предмет исследования – влияние состава травильного раствора (избыток/недостаток кислоты, наличие экстракта корней и листьев чистотела) на характер растворения железа в уксусной кислоте при комнатной температуре.

Методы исследования: анализ литературы; гравиметрический – определение массы железного предмета, подвергаемого коррозии; построение и анализ графиков зависимостей.

Цель исследования – изучить влияние состава травильного раствора на характер растворения железа в уксусной кислоте при комнатной температуре.

Задачи:

1. Изучить динамику изменения массы железного предмета во времени при разных мольных соотношениях железо/уксусная кислота при комнатной температуре.

2. Изучить динамику растворения железа в уксуснокислом экстракте корней и листьев чистотела большого *Chelidonium majus L.* при комнатной температуре.

3. Разработать параметры оценки процесса растворения железа в уксусной кислоте.

4. Проанализировать зависимость эффективности коррозии от мольного соотношения железо/уксусная кислота в начальный момент времени.

5. Сравнить скорость коррозии в растворе уксусной кислоты и в уксуснокислых экстрактах корня и листьев чистотела большого.

Длительность исследования. Исследование выполняли в течение 6 месяцев.

Этапы осуществления исследования.

1. *Подготовительный этап* – изучение литературы, выбор темы, определение проблемы исследования, формулирование гипотезы, определение предмета и объекта, разработка цели и задач, разработка методики исследования.
2. *Основной этап* – проведение химического эксперимента.
3. *Заключительный этап* – обобщение и систематизация полученных результатов, формулирование выводов.

Практическое применение результатов исследования. Результаты данного исследования можно использовать:

1. для оценки процесса коррозии предметов из черных металлов в кислой среде;
2. для разработки состава, который будет применяться в реставрации или для бытовых нужд, чтобы очистить предметы из железа и его сплавов от ржавчины;
3. в качестве демонстрационного эксперимента при изучении темы «Металлы» в курсе химии 11 класса.

Смесь солей железа (III), получаемую при растворении железа в уксусной кислоте, можно использовать: для синтеза пиррофорного железа при проведении занимательных опытов по химии; для создания краски на водной основе, в которой в качестве красителя можно использовать смесь солей железа (III); как средство, применяемое для протравливания тканей кустарным способом.

Химические реакции, протекающие при растворении железа в уксусной кислоте

При взаимодействии железа с уксусной кислотой происходит образование ацетата железа (II) по реакции:



При взаимодействии уксусной кислоты и железа при комнатной температуре должны образоваться светло-зеленые кристаллы ацетата железа (II). Однако в нашей работе данное вещество не было выделено в чистом виде,

поскольку наличие кислорода, растворенного в реакционной смеси, приводит к дальнейшему окислению железа до трехвалентного состояния по уравнению:



Ацетат железа (III) гидролизуется до основной соли ацетата гидроксожелеза (III), которая со временем выпадает в осадок красно-коричневого цвета.

Изучение динамики растворения железа в уксусной кислоте при разных мольных соотношениях железо/уксусная кислота

Для изучения динамики растворения железа в уксусной кислоте приготовили серию растворов с мольным соотношением железо/уксусная кислота в пределах от 0,206 до 1,625 (см. Таблица 1).

Таблица 1. Мольные соотношения N железо/уксусная кислота

Кол-во вещества CH_3COOH , моль	Кол-во вещества Fe, моль	Мольное соотношение Fe/ CH_3COOH	Число моль		Избыток/недостаток
			Fe	CH_3COOH	
0,312	0,064	0,206	1	4,8	Избыток кислоты
0,266	0,060	0,225	1	4,4	Избыток кислоты
0,220	0,060	0,272	1	3,7	Избыток кислоты
0,175	0,092	0,526	1	1,9	Стехиометрическое соотношение
0,130	0,090	0,695	1	1,4	Недостаток кислоты
0,038	0,062	1,625	1	0,6	Недостаток кислоты

Далее были построены графики зависимости массы предмета, подвергаемого коррозии, от времени для изучаемых мольных соотношений железо/уксусная кислота при комнатной температуре. Обнаружено, что при недостатке кислоты взаимодействие начинается не сразу, а после некоторого периода (от 5 до 14 дней), во время которого продукты реакции не обнаруживаются в реакционной смеси (см. Рисунок 1).

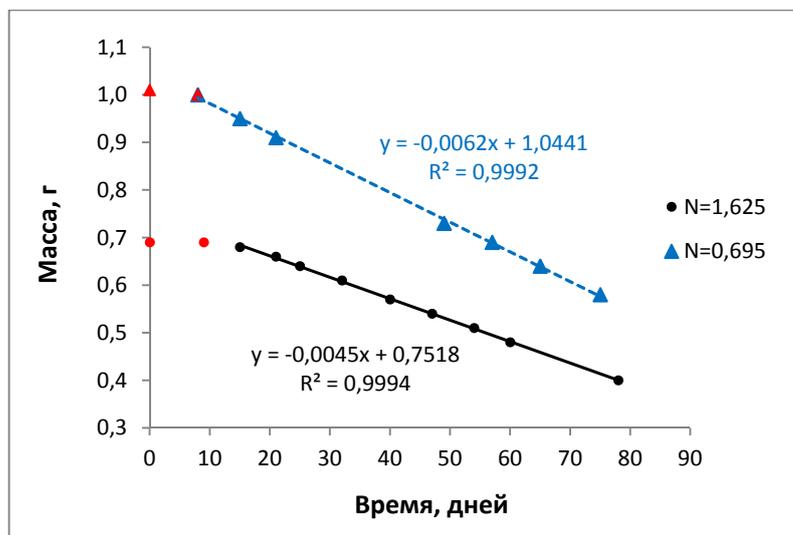


Рисунок 1 – Изменение массы при недостатке кислоты

При избытке кислоты растворение железа протекает с разной интенсивностью, в зависимости от мольного соотношения железо/уксусная кислота. Чем больше избыток кислоты, тем быстрее уменьшается масса предмета, подвергаемого коррозии (см. Рисунок 2).

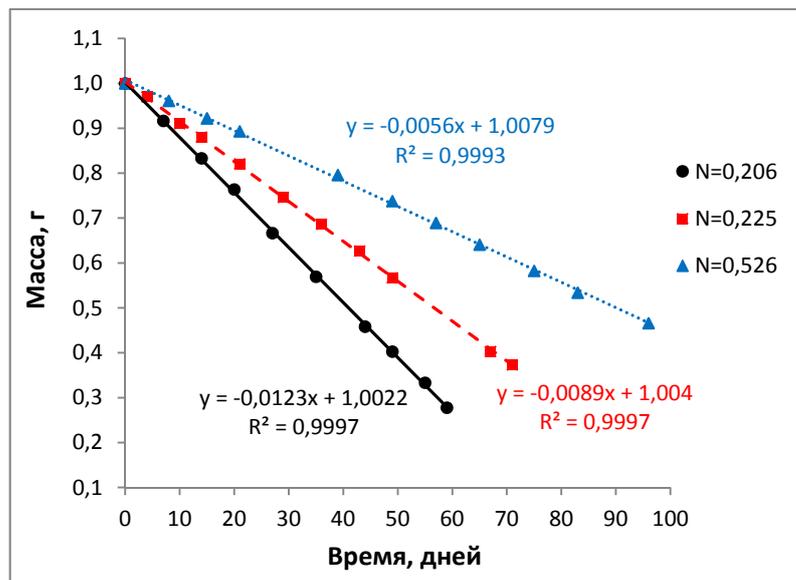


Рисунок 2 – Изменение массы при избытке кислоты

Изучение динамики растворения железа в уксуснокислом экстракте корней и листьев чистотела большого при комнатной температуре

Приготовили экстракт корней и листьев чистотела большого раствором уксусной кислоты с концентрацией 70%. Приготовили реакционные системы: железо – 70% уксусная кислота, железо – экстракт корней чистотела 70%-ной

уксусной кислотой, железо – экстракт листьев чистотела 70%-ной уксусной кислотой. В контрольных точках измеряли массу каждого гвоздя и вычисляли среднее арифметическое из 5 параллельных измерений.

В нашем исследовании были построены графики зависимости массы предмета, подвергаемого коррозии, от времени в исследуемых системах.

Использование уксуснокислого экстракта чистотела вместо раствора уксусной кислоты изменяет характер зависимости растворения железа с линейной на квадратичную. На графике, который описывает растворение железа в экстракте корня чистотела, наблюдается линейный участок в период, во время которого добавление ингибитора не имеет эффекта. В экстракте корня чистотела за первые 7 дней растворяется ~8% массы железа, что сопоставимо с чистым раствором уксусной кислоты без добавки ингибитора. В то время как использование экстракта листьев чистотела кардинально замедляет процесс растворения – за 7 дней потерян всего 1% от исходной массы железа (см. Рисунок 3).

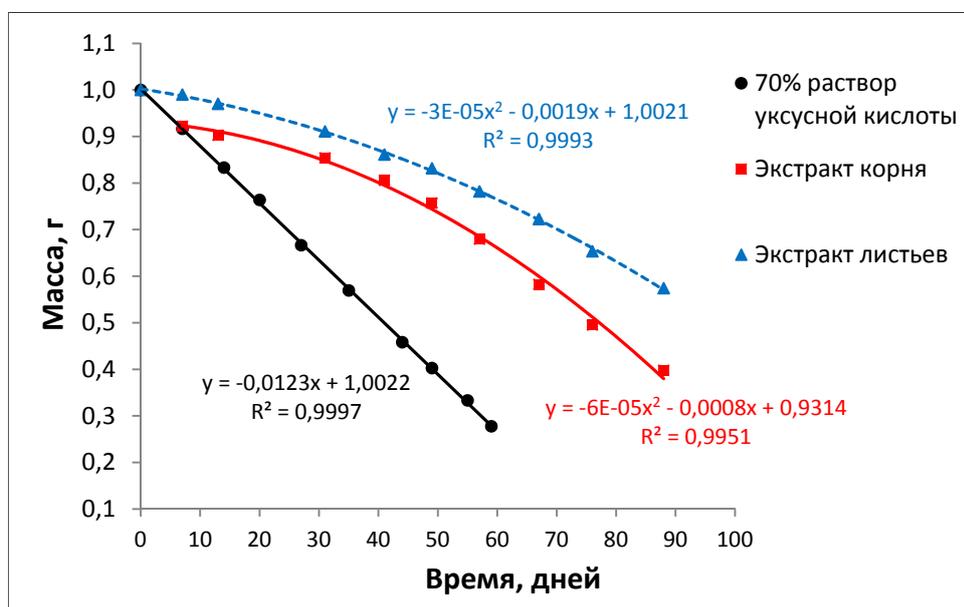


Рисунок 3 – Изменение массы железа в растворе 70% уксусной кислоты, в уксуснокислых экстрактах корня и листьев чистотела большого

С течением времени влияние ингибитора становится более заметным: за 55 дней в 70%-ном растворе уксусной кислоты растворяется ~67%, в экстракте корня за 57 дней – всего 32% от первоначальной массы железа, а в экстракте

листьев за тот же период – только 22%. За период 55-57 дней в экстракте корня чистотела коррозия замедлилась в 2 раза, а в экстракте листьев – в 3 раза относительно раствора уксусной кислоты без добавок (см. Таблица 2).

Таблица 2. Влияние экстракта чистотела на скорость растворения железа в уксусной кислоте

	70% раствор уксусной кислоты	Экстракт корня чистотела	Экстракт листьев чистотела
Потеря массы за 55-57 дней, масс.%	67%	32%	22%
Замедление коррозии	-	В 2 раза	В 3 раза

Разработка параметров оценки коррозии железа в кислоте

Для более информативного описания процесса коррозии введем понятие «эффективность коррозии» \mathcal{E}_m – отношение массы растворившегося железа к исходной массе, умноженное на 100%:

$$\mathcal{E}_m = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100\%, \text{ где}$$

m_1 – масса предмета, подвергаемого коррозии, в данный момент времени, г,

m_0 – исходная масса предмета, подвергаемого коррозии, г.

Чем больше эффективность коррозии в данный момент времени, тем больше потеря массы предмета, подвергаемого коррозии, а значит, быстрее растворяется железо за изучаемый промежуток времени при данных мольных соотношениях железо/уксусная кислота.

Также в нашей работе оценивали *скорость коррозии* по значению величины K_t – процентное отношение массы растворившегося железа к исходной массе за единицу времени (эффективность коррозии в единицу времени):

$$K_t = \frac{m_0 - m_1}{m_0 \cdot t} \cdot 100\% = \frac{\mathcal{E}_m}{t}, \text{ где}$$

m_1 – масса предмета, подвергаемого коррозии, в данный момент времени, г;

m_0 – исходная масса предмета, подвергаемого коррозии, г;

t – время коррозии, дней;

\mathcal{E}_m – эффективность коррозии – отношение массы растворившегося железа к исходной массе, умноженное на 100%.

Зависимость эффективности коррозии от мольного соотношения железо/уксусная кислота в начальный момент времени

Эффективность коррозии за данный промежуток времени возрастает с увеличением избытка кислоты – увеличивается тангенс угла наклона прямой, описывающей зависимость процентного отношения массы растворившегося железа к исходной массе от времени. Наименьшая эффективность коррозии зафиксирована при стехиометрических соотношениях железо/уксусная кислота 1 к 2 по реакции: $\text{Fe} + 2\text{CH}_3\text{COOH} = \text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{H}_2\uparrow$ (см. Рисунок 4).

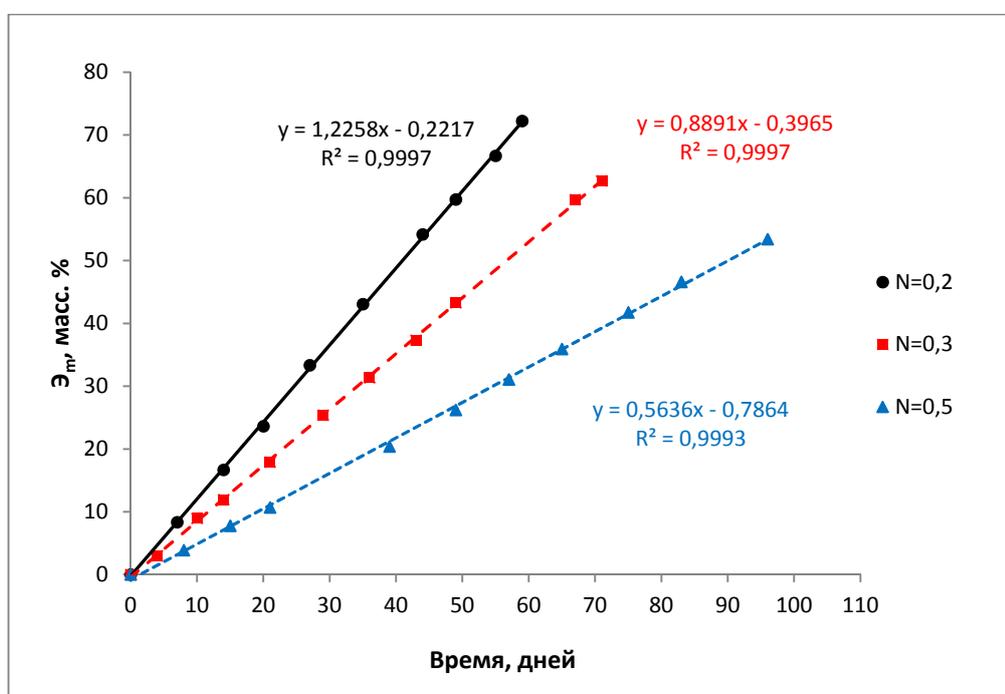


Рисунок 4 – Зависимость эффективности коррозии от времени при избытке кислоты

Построив зависимость тангенса угла наклона данных прямых от мольного соотношения железо/уксусная кислота, можно создать карту значений изменения эффективности коррозии во времени (см. Рисунок 5).

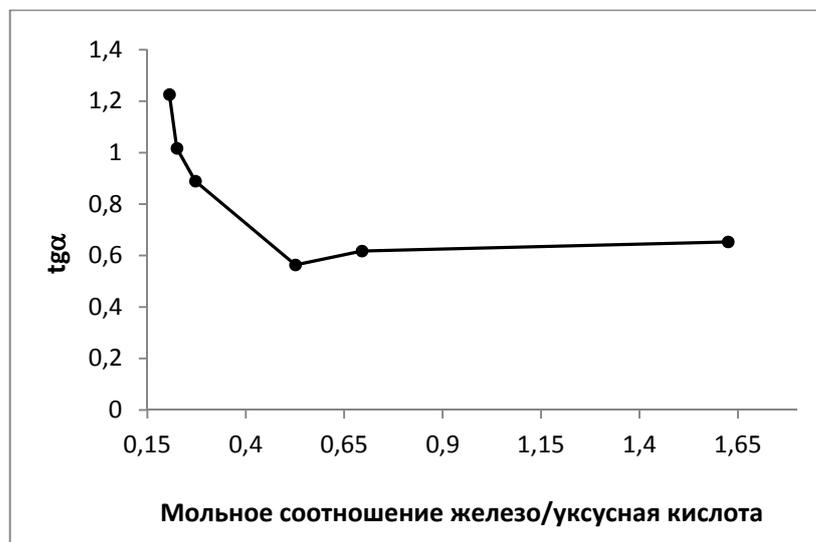


Рисунок 5 – Зависимость эффективности коррозии от мольного соотношения железо/уксусная кислота

Изучив данную карту, сделаем вывод, что для целей реставрации металла можно использовать:

а) Слабые растворы уксусной кислоты (порядка 10-30 масс. %) (большой недостаток кислоты), что дает некоторый период неактивности, во время которого не наблюдается растворение металла, но в дальнейшем тангенс угла наклона для эффективности коррозии сопоставим с системами, в которых наблюдается сильный избыток кислоты. При этом есть риск возникновения дополнительной коррозии металла в водной среде (ржавление) и развития плесневых грибков в реакционной системе после того, как вся кислота прореагировала.

б) Системы с мольным соотношением, соответствующим стехиометрическим коэффициентам в реакции образования ацетата железа (II). При этом наблюдается наиболее пологий график зависимости эффективности коррозии от времени.

Изучение скорости коррозии в растворе уксусной кислоты и в уксуснокислых экстрактах корня и листьев чистотела большого

Проанализировав график зависимости скорости коррозии от времени, заметим, что в экстракте листьев чистотела наблюдается равномерное увеличение скорости коррозии за весь изучаемый период при сравнительно

маленьких значениях величины K_t . В то время как на графике для экстракта корня чистотела есть резкий скачок, который говорит об изменениях в характере взаимодействия железа с экстрактом, которые можно объяснить относительно медленным связыванием уксусной кислоты в комплекс или процессом сорбции экстрактивных веществ на поверхности предмета, подвергаемого коррозии (см. Рисунок 6).

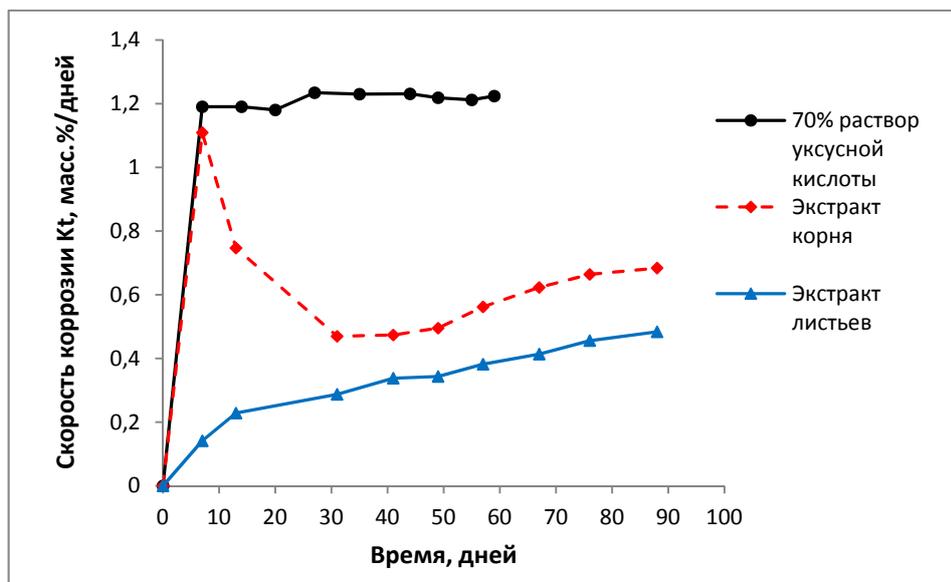


Рисунок 6 – Зависимость скорости коррозии от времени

Таким образом, для целей реставрации металла предпочтительно использовать не раствор уксусной кислоты, а уксуснокислый экстракт листьев чистотела большого, содержащий природные ингибиторы коррозии.

Были получены следующие результаты:

1. Изучена динамика изменения массы железного предмета во времени при разных мольных соотношениях железо/уксусная кислота при комнатной температуре. Выявлена линейная зависимость уменьшения массы железа при взаимодействии с уксусной кислотой. Для систем с недостатком кислоты растворение начинается по истечении некоторого периода неактивности. Чем больше избыток кислоты, тем больше потеря металла за равный промежуток времени.

2. Исследована зависимость эффективности коррозии от мольного соотношения железо/уксусная кислота в начальный момент времени.

Наименьшая эффективность коррозии железа в уксусной кислоте наблюдается при стехиометрических соотношениях реагирующих веществ.

3. Изучена динамика растворения железа в уксуснокислом экстракте корней и листьев чистотела большого *Chelidonium majus L.* при комнатной температуре в избытке уксусной кислоты. Показано положительное влияние уксуснокислого экстракта листьев и корней чистотела большого *Chelidonium majus L.* на замедление растворения железа в уксусной кислоте: скорость коррозии железа в экстракте корней чистотела замедляется в 2 раза, а в экстракте листьев – в 3 раза по сравнению с чистым раствором уксусной кислоты.

4. Для описания процесса коррозии железа в уксусной кислоте предложен параметр «эффективность коррозии» \mathcal{E}_m , связанный с изменением массы предмета, подвергаемого коррозии, а также параметр «скорость коррозии K_p », характеризующий изменение эффективности коррозии во времени.

Таким образом, для целей реставрации металла предпочтительно использовать не раствор уксусной кислоты, а уксуснокислый экстракт листьев чистотела большого, содержащий природные ингибиторы коррозии, либо травильный раствор, содержащий добавки экстракта листьев чистотела большого.

2.1.4 Перечень вопросов по химии и биологии, которые были проработаны при выполнении исследования

Классификация растений. Характеристика семейства Маковых. Химический состав растений. Отличия растительной клетки от животной. Биологически активные вещества. Лекарственные растения.

Работа с весами, пипетками и мерными колбами. Определение объема воды, необходимой для получения раствора нужной процентной концентрации разбавлением исходного.

Экстракция биологически активных веществ. Пробоподготовка растительного сырья для экстракции. Экстракция алкалоидов водным раствором уксусной кислоты. Сорбция. Десорбция.

Коррозия. Виды коррозии. Способы оценки результатов коррозии. Продукты коррозии. Ингибиторы коррозии. Химия в реставрации.

Металлы. Сплавы. Продукты взаимодействия железа с кислотами. Условия выпадения осадков. Окислительно-восстановительные реакции. Гидролиз солей.

Как видим, перечень затрагиваемых вопросов и тем весьма обширен и содержит большой потенциал для дальнейших исследований не только для учащихся, но и для ученых и учителей, работающих в области методики преподавания химии и биологии. Кроме того, данные вопросы и темы служат прочным базисом для установления межпредметных связей между химией и биологией на уровне фактов и обобщений.

2.2 Биологический эксперимент с химическими веществами

В качестве темы для исследовательской работы учащихся было выбрано изучение процесса прорастания семян фасоли обыкновенной в присутствии водных растворов хлорида и сульфата марганца (II) разной концентрации. Выбор темы обуславливает возможность использования ее для участия в конкурсах химической, биологической и экологической направленности.

2.2.1 Реактивы и оборудование, семена, методика эксперимента

Для проведения эксперимента взяли семена фасоли обыкновенной, выращенной на приусадебном участке в г. Белгороде. В качестве питательной среды использовали водопроводную воду, водные растворы хлорида и сульфата марганца (II).

Изучение характеристик процесса прорастания

Отбирали по 20-25 семян белого цвета, среднего размера. Определяли среднюю массу семян на электронных теххимических весах (точность до второго знака после запятой), затем заворачивали семена в прочную хлопчатобумажную ткань и замачивали в питательной среде в стеклянной емкости. По мере высыхания добавляли питательную среду (примерно 1-2 раза в сутки). Проращивание проводили при нефиксированной влажности воздуха и комнатной температуре, колеблющейся в пределах 17-22 °С.

Один раз в сутки семена извлекали, подсчитывали количество проросших семян, взвешивали, не высушивая. Затем помещали обратно в емкость, в которой проводилось проращивание. При появлении первичных корешков семена считали проросшими и взвешивали отдельной группой. Измерения прекращали по истечении 7-8 суток с момента начала эксперимента.

Приготовление 0.1M раствора хлорида марганца (II)

Брали навеску кристаллогидрата хлорида марганца (II) $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, растворяли в воде, доводили до pH=7 соляной кислотой, чтобы сместить равновесие гидролиза, затем доводили до метки водой.

Приготовление 0.1M раствора сульфата марганца (II)

Брали навеску кристаллогидрата сульфата марганца (II) $MnSO_4 \cdot 5H_2O$, растворяли в воде, доводили до pH=7 серной кислотой, чтобы сместить равновесие гидролиза, затем доводили до метки водой.

Приготовление разбавленных растворов сульфата марганца (II)

Разбавлением 0.1M раствора сульфата марганца (II) приготовили растворы с концентрацией 0.01 и 0.001 моль/л.

2.2.2 Блок-схема исследования

Блок 1. Выбор объекта для исследования

В нашем случае выбирали, какой вид растений можно использовать для проращивания (овес или фасоль). Решено было остановиться на семенах фасоли, поскольку они достаточно крупные, легко прорастают, легко можно фиксировать стадии процесса прорастания. Кроме того, фасоль имеет большое распространение в быту (выращивание на приусадебных участках, употребление в пищу).

Также был выбор, какие соли металлов можно применять для исследования. В школьном кабинете химии оказались в наличии сульфат цинка, сульфат и хлорид марганца (II), медный купорос. Марганец и цинк являются микроэлементами, которые в малых дозах необходимы растениям, ионы меди Cu^{2+} более токсичны, хотя тоже применяются в сельском хозяйстве как микроудобрения. Хлорид-ионы не рекомендуется применять в составе

удобрений. Было решено изучить воздействие ионов Mn^{2+} в паре с сульфатами и хлорид-ионами на процесс прорастания семян фасоли обыкновенной.

Обязательным условием выбора объекта исследования была его безопасность для человека и возможность самостоятельной работы учащихся без дополнительных мер предосторожности.

Блок 2. Разработка методики эксперимента

При разработке методики эксперимента был сделан акцент на создание комплекса неблагоприятных условий для проращивания семян, поскольку результаты нашего эксперимента имеют экологическое значение и будут использованы для создания методики стресс-тестирования семян растений.

В литературе известны методики стимулирования прорастания семян с помощью кратковременного замачивания (или протравливания) семян в растворе микроудобрений с последующей промывкой и дальнейшим проращиванием в чистой воде.

В нашем эксперименте проращивание вели в достаточно экстремальных условиях: без контроля температуры и влажности, в растворе с подавляющими концентрациями солей тяжелых металлов (хлорида и сульфата марганца (II)).

В предварительных опытах была определена длительность проращивания одного образца (7-8 суток), периодичность взвешивания (раз в сутки) и прочие условия эксперимента. Эксперимент проводился в трех повторностях: три емкости, в которых проросло по 20-25 семян. Поскольку семена являются биологическими объектами с постоянно изменяющимися свойствами, в каждом эксперименте использовался контрольный образец (проращивание в водопроводной воде), с которым в дальнейшем проводилось сопоставление результатов.

Блок 3. Получение и обработка первичных данных

В каждый день эксперимента получали следующие первичные данные: общая масса семян, число проросших семян (всхожесть), масса проросших семян. Данные эксперимента ежедневно заносили в файл Excel, в котором была построена матрица для обработки: таблица с данными и графики зависимости.

Каждый новый день эксперимента давал новую точку на графиках изменения массы и всхожести. Такой подход нагляден и позволяет эффективно контролировать ход эксперимента. Кроме того, все этапы проращивания фиксировали на фото.

Блок 4. Анализ первичных данных и получение результатов эксперимента

После окончания эксперимента была проведена обработка массива полученных первичных данных. Были построены графики изменения массы семян во времени на одной диаграмме для разных концентраций солей марганца (II) и водопроводной воды, а также графики изменения всхожести. Для характеристики изменений в процессе прорастания семян при использовании солей марганца (II) в качестве питательной среды были введены два новых параметра – прирост массы на 1 семя и потери прироста массы на 1 семя. Также были рассчитаны два параметра, характеризующих посевные качества семян, известные в литературе – дружность и средняя продолжительность прорастания.

Разработанная блок-схема исследования позволяет, оставаясь в рамках данной тематики, проводить целую серию научных работ учащихся, изменяя только объект исследования (семена других растений, соли других тяжелых металлов, являющихся микроэлементами).

2.2.3 Результаты эксперимента – содержание исследовательской работы учащегося

Проблема исследования и актуальность. В определенных концентрациях микроэлемент марганец необходим для нормальной жизнедеятельности растений, причем как избыток, так и недостаток марганца негативно сказывается на процессах обмена веществ. В настоящее время в условиях ухудшения экологической ситуации (рост загрязненности тяжелыми металлами, уменьшение плодородия почв, нестабильность погодных условий, ухудшение качества семян) существует проблема выведения сортов сельскохозяйственных растений, устойчивых к загрязнению окружающей среды и поиска эффективных стимуляторов проращивания семян

сельскохозяйственных культур. Известно много работ экологического характера, в которых в основном исследуют уровень накопления тяжелых металлов в различных частях растений в зависимости от состояния окружающей среды, а также их фитотоксичность. Также встречаются работы, в которых изучают взаимосвязь урожайности и предпосевной обработки семян растворами микроудобрений в совокупности с протравливанием и комплексной обработкой химическими веществами, предусмотренными агрономической практикой. Однако подробной информации о влиянии больших концентраций ионов марганца Mn^{2+} на посевные качества семян фасоли обыкновенной нами выявлено не было.

Гипотеза. Мы предполагаем, что использование растворов сульфата и хлорида марганца (II) в качестве питательной среды ингибирует процесс прорастания семян фасоли обыкновенной.

Объектом исследования является процесс прорастания семян фасоли обыкновенной в растворе солей марганца (II) при нефиксированной комнатной температуре и влажности.

Предмет исследования – влияние состава раствора, в котором ведется проращивание, на процесс прорастания семян фасоли обыкновенной.

Цель исследования – изучить влияние состава раствора, в котором ведется проращивание, на процесс прорастания семян фасоли обыкновенной.

Задачи:

1. Исследовать зависимость изменения массы проращиваемых семян фасоли от времени в водопроводной воде, в растворах сульфата и хлорида марганца (II).

2. Изучить зависимость изменения всхожести семян фасоли от времени при проращивании в водопроводной воде, в растворах сульфата и хлорида марганца (II).

3. Рассчитать количественные характеристики воздействия некоторых стресс-факторов (присутствие ионов Mn^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-}): прирост массы на одно семя, потери прироста, среднюю продолжительность и дружность прорастания

семян фасоли в растворах сульфата и хлорида марганца (II) разных концентраций.

Длительность исследования. Исследование выполняли в течение 6 месяцев.

Этапы осуществления исследования.

1. *Подготовительный этап:* изучение литературы, выбор темы, определение проблемы исследования, формулирование гипотезы, определение предмета и объекта, разработка цели и задач, разработка методики исследования.

2. *Основной этап:* проведение эксперимента по проращиванию.

Стадии проведения эксперимента:

1) Подготовка семян фасоли и приготовление растворов солей.

2) Изучение прорастания семян фасоли в водопроводной воде и 0.1M растворах хлорида и сульфата марганца (II). Контроль массы проращиваемых семян и числа проросших семян.

3) Изучение прорастания семян фасоли в водопроводной воде и в растворах сульфата марганца (II) разной концентрации. Контроль массы проращиваемых семян и числа проросших семян.

4) Расчет прироста массы, всхожести, средней продолжительности и дружности прорастания.

3. *Заключительный этап:* обобщение и систематизация полученных результатов, формулирование выводов.

Практическое применение результатов исследования. Результаты исследования можно использовать:

1. для создания методики стресс-тестирования растений, позволяющей выявить сорта и виды, наиболее устойчивые к загрязнению солями тяжелых металлов;

2. для изучения механизмов обмена ионов Mn^{2+} в семенах фасоли в процессе прорастания;

3. как демонстрационный эксперимент в школьном курсе биологии.

Определение изменений массы семян фасоли при проращивании в воде, растворах хлорида и сульфата марганца (II)

В нашем эксперименте проводили контроль массы прорастающих семян в водопроводной воде, в 0.1М растворах солей: хлорид марганца (II), сульфата марганца (II). Далее построили графики зависимости массы проращиваемых семян от времени (см. Рисунок 7).

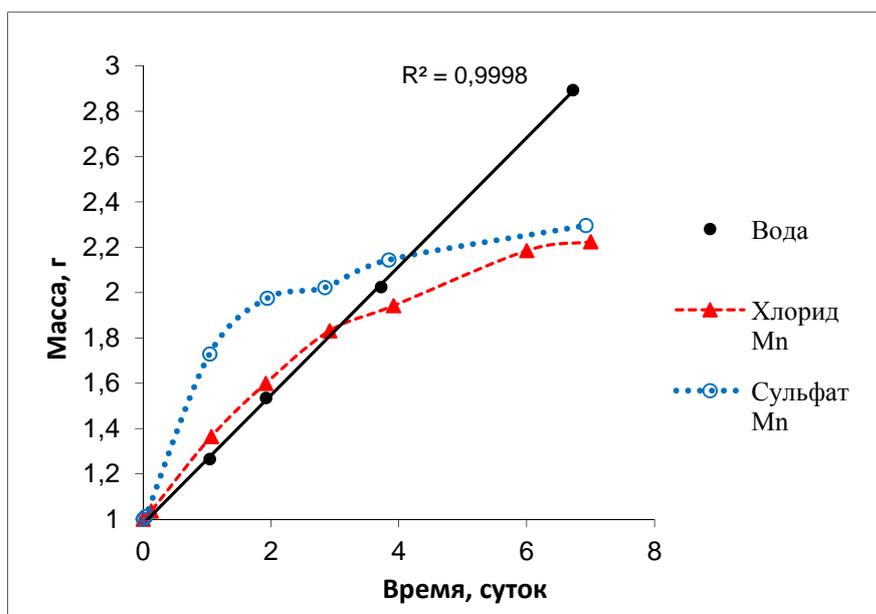


Рисунок 7 – Изменение массы семян фасоли при проращивании в водопроводной воде и 0.1М растворах хлорида и сульфата марганца (II)

Обнаружено, что при проращивании семян фасоли в водопроводной воде увеличение массы семян описывается прямо пропорциональной зависимостью с высокой достоверностью аппроксимации. Добавление пар ионов Mn^{2+}/Cl^- и Mn^{2+}/SO_4^{2-} приводит к более быстрому (по сравнению с проращиванием в водопроводной воде) набору массы на начальном этапе прорастания (до 3-4 суток), что соответствует фазе водопоглощения и набухания семян. Однако затем наличие сульфата и хлорида марганца (II) приводит к торможению фазы роста первичных корешков: под оболочкой семени видно выпячивание, но корешки не могут прорвать оболочку. Причем присутствие сульфат-ионов в растворе для проращивания значительно отражается на фазе водопоглощения и набухания семян, увеличивая массу семян на величину до 20% по сравнению с раствором, содержащим хлорид-ион.

На 6-7-е сутки проращивания семян фасоли в водопроводной воде семена вступают в фазу становления проростка – наблюдаются мощные проростки с зелеными листочками и крупными развитыми корнями. В то время как под действием хлорида и сульфата марганца (II) за 6-7 суток семена выпускают только слабые ломкие корешки.

При изучении изменений массы в процессе проращивания в растворах сульфата марганца (II) разной концентрации наблюдается та же закономерность, что и при сравнении действия солей марганца: до 3-4 суток происходит резкое увеличение массы семян (набухают, приобретают коричневато-желтый оттенок), однако затем процессы тормозятся по сравнению с проращиванием в водопроводной воде. Причем степень торможения прямо пропорциональна увеличению концентрации иона Mn^{2+} в растворе, используемом для проращивания (см. Рисунок 8).

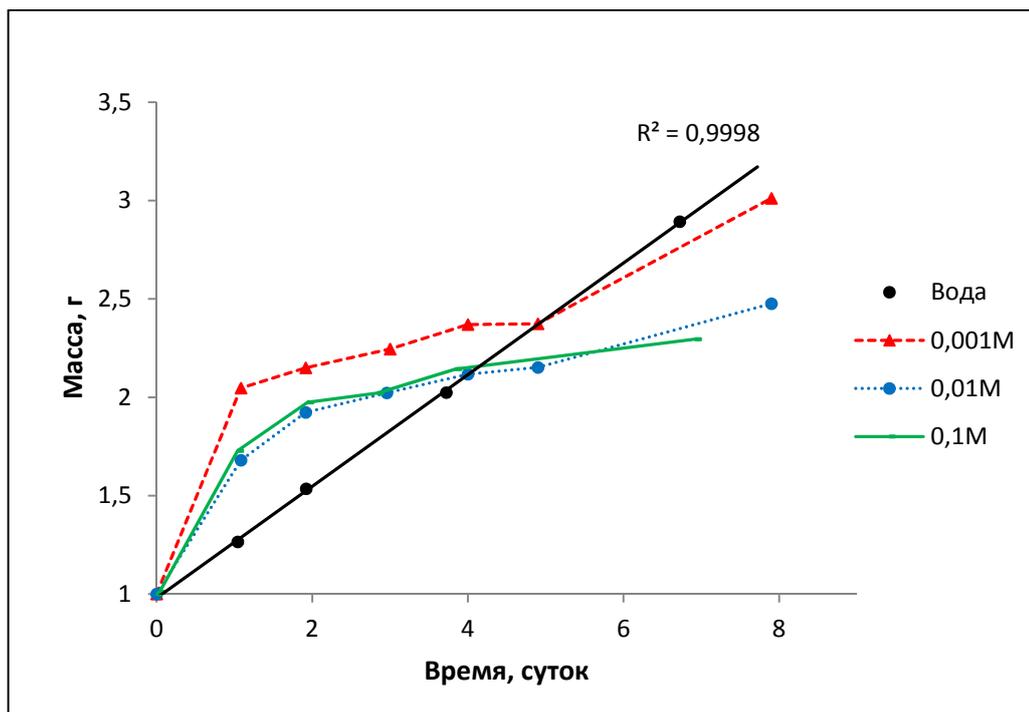


Рисунок 8 – Зависимость массы семян фасоли от времени при проращивании в водопроводной воде и растворах сульфата марганца (II) разной концентрации

Изучение всхожести семян фасоли в растворах хлорида и сульфата марганца (II) разных концентраций

Также в нашей работе было изучено влияние хлорида и сульфата марганца (II) на всхожесть семян фасоли. *Всхожесть семян* определяли как отношение числа проросших семян к общему числу семян, заложенных на проращивание. Были построены графики зависимости всхожести от времени для различных питательных сред (см. Рисунок 9).

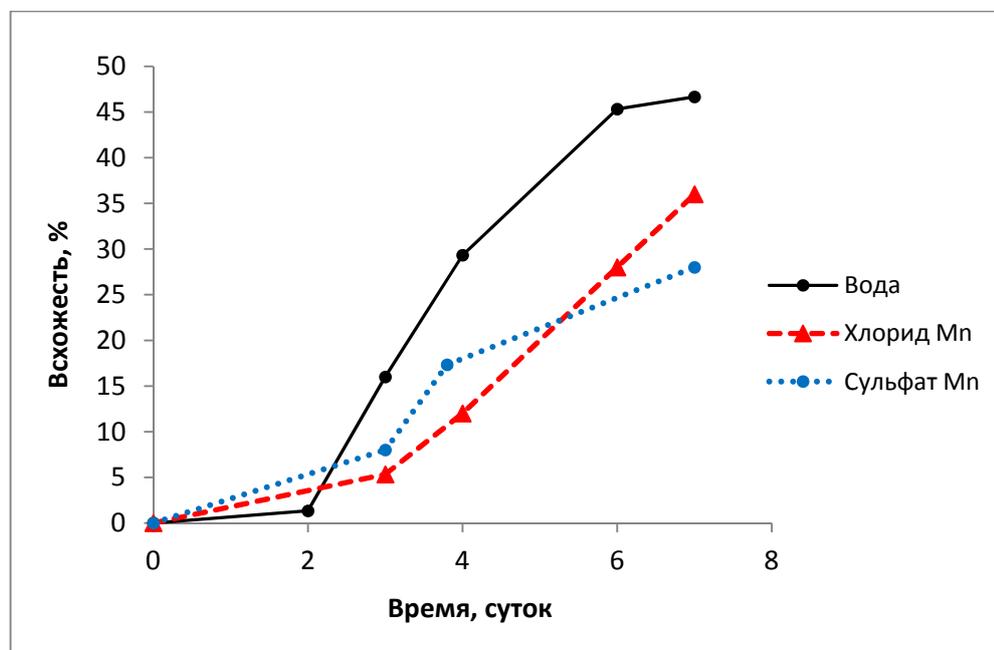


Рисунок 9 – Зависимость всхожести семян фасоли от времени при проращивании в водопроводной воде и 0.1М растворах хлорида и сульфата марганца (II)

Установлено, что при 47%-ной всхожести семян фасоли в водопроводной воде добавление раствора сульфата марганца (II) существенно снижает количество проросших семян (на 19%). Добавление хлорида марганца (II) также уменьшает число проросших семян в период до четырех суток по сравнению с проращиванием в водопроводной воде, но в дальнейшем число проросших семян начинает расти и, как видно из графика, может сравняться в период 8-9 суток проращивания.

В нашем эксперименте изучали всхожесть семян фасоли в растворах сульфата марганца (II) разной концентрации (см. Рисунок 10, Рисунок 11). Обнаружено, что проращивание в 0.001М растворе сульфата марганца (II) снижает всхожесть на 17% по сравнению с проращиванием в водопроводной воде, а проращивание в 0.01М растворе – снижает всхожесть на 28%. При

проращивании семян фасоли в 0.1M растворе сульфата марганца (II) всхожесть уменьшается на 44%.

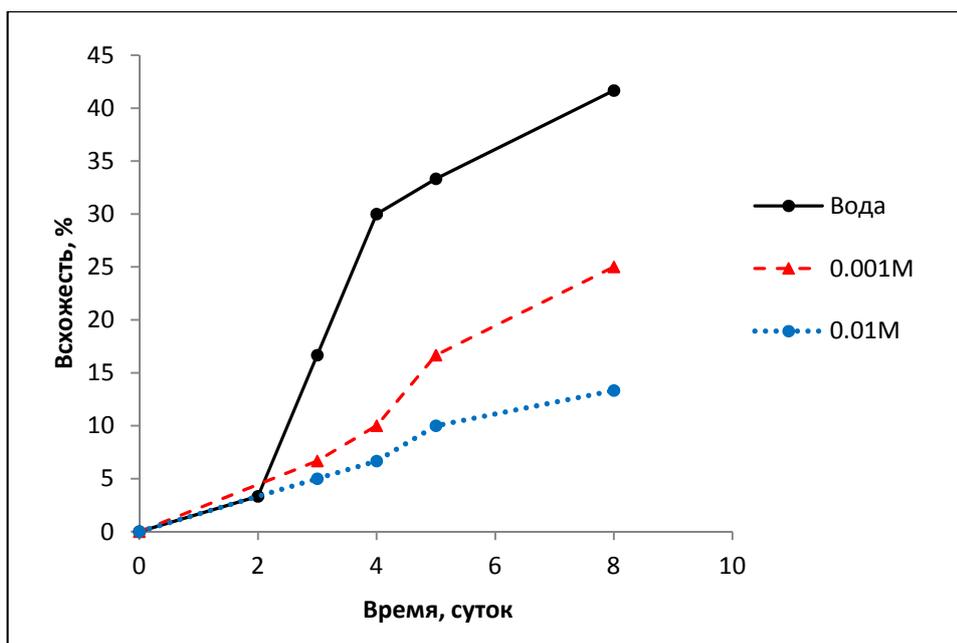


Рисунок 10 – Зависимость всхожести семян фасоли от времени при проращивании в водопроводной воде, 0.001M и 0.01M растворах сульфата марганца (II)

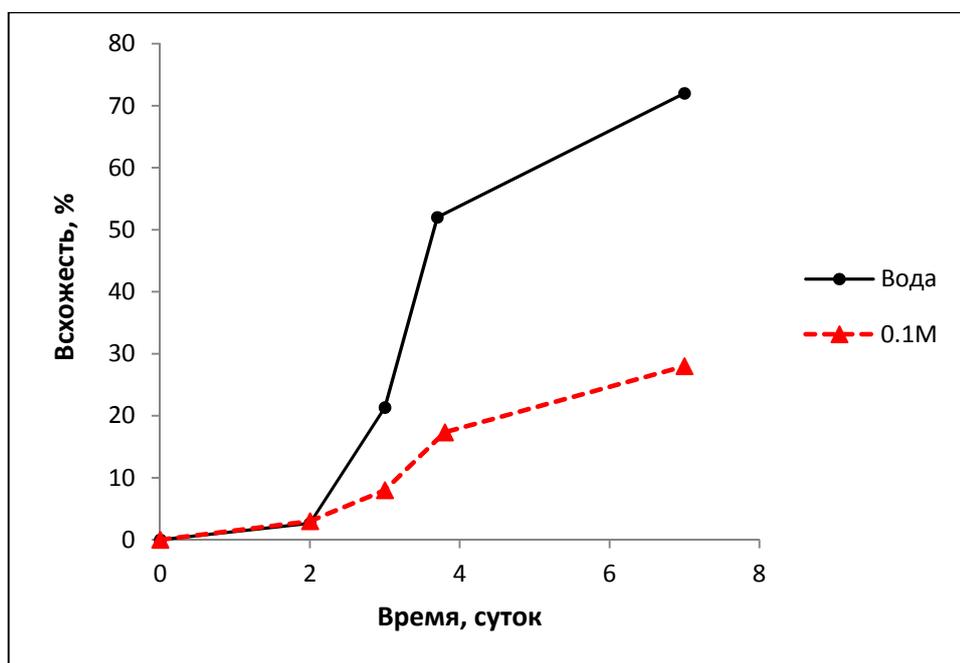


Рисунок 11 – Зависимость всхожести семян фасоли от времени при проращивании в водопроводной воде и 0.1M растворе сульфата марганца (II)

Определение потерь прироста, средней продолжительности и дружности прорастания семян фасоли в воде, растворах хлорида и сульфата марганца (II)

Также в нашей работе оценивали прирост массы семени в процессе проращивания (см. Таблица 3). Обнаружено, что при проращивании в водопроводной воде наблюдается прирост массы (включающий все фазы прорастания) порядка 1,2-1,3 г на одно семя. Проращивание в растворе хлорида марганца (II) приводит к снижению прироста массы на 35% в пересчете на одно семя, а в растворе сульфата марганца (II) – на 50%.

Таблица 3. Влияние солей марганца (II) на прирост массы семян фасоли в процессе проращивания

	Всхожесть, %	Масса 1 проросшего семени, г	Прирост на 1 семя, г	Потери прироста, г	Потери прироста, %
Вода	47	1,81	1,25		
0.1M MnCl ₂	36	1,37	0,81	0,44	35
0.1M MnSO ₄	28	1,40	0,84	0,40	50

При увеличении концентрации сульфата марганца в растворе наблюдается прямо пропорциональная зависимость: чем больше концентрация соли в растворе, тем более снижается прирост массы семени в процессе прорастания (см. Таблица 4). Проращивание в 0.001M растворе сульфата марганца приводит к снижению прироста массы на 5,1% в пересчете на одно семя, в 0.01M растворе сульфата марганца – на 26,9%. Присутствие сульфата марганца в концентрации 0.1моль/л в растворе для проращивания дает уменьшение прироста на 30% по сравнению с водопроводной водой.

Таблица 4. Влияние сульфата марганца (II) на прирост массы семян фасоли в процессе проращивания

	Всхожесть, %	Масса 1 проросшего семени, г	Прирост на 1 семя, г	Потери прироста, г	Потери прироста, %
<i>За 8 суток проращивания</i>					
Вода	41,67	1,71	1,28		
0.001M MnSO ₄	25	1,64	1,21	0,06	5,1
0.01M MnSO ₄	13,33	1,34	0,93	0,34	26,9
<i>За 7 суток проращивания</i>					
Вода	72	1,76	1,21		
0.1M MnSO ₄	28	1,40	0,85	0,35	29,1

В нашем эксперименте определяли *среднюю продолжительность прорастания* S по следующей формуле:

$$S = \frac{\sum t_i \cdot n_i}{p}, \text{ где}$$

t_i – время проращивания, суток,

n_i – число проросших семян, шт.,

p – общее число проросших семян в конце эксперимента, шт.

Среднее число семян, прорастающих за сутки (*дружность прорастания*) – определяли по формуле:

$$D = \frac{p}{t}, \text{ где}$$

p – число проросших семян за период эксперимента, шт.;

t – время проращивания, суток.

При проращивании семян фасоли в растворах хлорида и сульфата марганца (II) наблюдается уменьшение продолжительности прорастания семян фасоли (положительный эффект), что означает сокращение времени ожидания первых проростков, но в присутствии солей марганца (II) также снижается дружность прорастания, уменьшаясь примерно в 1.5-3 раза для сульфата марганца (II) (см. Таблица 5).

Таблица 5. Влияние хлорида и сульфата марганца (II) на показатели качества семян фасоли

	Прирост на 1 семя, г	Потери прироста на 1 семя, %	Всхожесть, %	Средняя продолжительность прорастания, суток	Дружность прорастания, штук/сутки
Вода	1,25		47	16,4	5,9
0,1M MnCl ₂	0,81	35,2	36	13,4	3,9
0,1M MnSO ₄	0,84	49,7	28	10,2	3,0

При проращивании в растворах хлорида и сульфата марганца (II) с концентрациями 0.1M, 0.01M, 0.001M наблюдается прямо пропорциональное уменьшение дружности прорастания при переходе от воды к хлориду и сульфату марганца (II) (см. Таблица 6).

Таблица 6. Влияние сульфата марганца (II) на показатели качества семян фасоли

	Прирост на 1 семя, г	Потери прироста на 1 семя, %	Всхожесть, %	Продолжительность прорастания, суток	Дружность прорастания, штук/сутки
<i>За 8 суток проращивания</i>					
Вода	1,28		41,67	16,2	3,1
0.001M MnSO ₄	1,21	5,1	25	13,7	1,9
0.01M MnSO ₄	0,93	26,9	13,33	14,9	1,0
<i>За 7 суток проращивания</i>					
Вода	1,21		72	10,34	7,7
0.1M MnSO ₄	0,85	29,1	28	10,21	3,0

Были получены следующие результаты:

1. Изучена зависимость изменения массы семян фасоли, проращиваемых в водопроводной воде, растворах сульфата и хлорида марганца (II). Установлено, что добавление пар ионов Mn^{2+}/SO_4^{2-} и Mn^{2+}/Cl^- в питательный раствор приводит к более интенсивному поглощению воды белковыми веществами семян в период до 3-4 суток (фаза водопоглощения и фаза набухания семян), но задерживает переход к фазе роста первичных корешков.

2. Изучена зависимость изменения всхожести семян фасоли от времени в водопроводной воде, 0.1M растворе $MnCl_2$ и растворах $MnSO_4$ с концентрациями 0.001 моль/л, 0.01 моль/л и 0.1 моль/л. Установлено, что присутствие сульфата марганца значительно снижает всхожесть семян фасоли по сравнению с проращиванием в водопроводной воде и 0.1 M растворе хлорида марганца.

3. Определены количественные характеристики воздействия стресс-факторов (присутствие ионов Mn^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-}) на процесс прорастания семян фасоли: прирост массы на одно семя, потери прироста, средняя продолжительность и дружность прорастания. Установлено, что присутствие хлорида и сульфата марганца (II) приводит к потерям прироста массы семян по сравнению с проращиванием в водопроводной воде. При проращивании семян фасоли в растворах хлорида и сульфата марганца (II) наблюдается уменьшение продолжительности прорастания семян фасоли (положительный эффект), что

означает сокращение времени ожидания первых проростков, но в присутствии солей марганца (II) также уменьшается дружность прорастания (примерно в два раза для сульфата марганца (II)).

Таким образом, можно сделать вывод, что использование растворов хлорида и сульфата марганца (II) для проращивания семян фасоли обыкновенной приводит к ингибированию развития проростков.

Представленные выше результаты получены при выполнении научной исследовательской работы учащимися 9Б класса МБОУ СОШ №4 города Белгорода.

2.2.4 Перечень вопросов по химии и биологии, которые были проработаны при выполнении исследования

Классификация растений. Характеристика семейства Бобовых. Различия между двудольными и однодольными растениями. Строение семян двудольных и однодольных растений. Физиология процесса прорастания семян (фазы прорастания). Условия прорастания: стратификация и скарификация. Дыхание семян. Химический состав клетки: органические и неорганические вещества (белки, жиры, углеводы). Макро- и микроэлементы, избыток и недостаток. Заболевания растений: хлороз, пятнистость, розеточность листьев. Причины выростания плесени на проращиваемых семенах. Метаболизм: катаболизм и анаболизм. Всхожесть, дружность и продолжительность прорастания.

Работа с весами, пипетками и мерными колбами.

Расчет массы навески соли. Расчет массы навески кристаллогидрата для приготовления раствора соли с точной концентрацией.

Приготовление растворов солей. Гидролиз, смещение равновесия гидролиза. pH раствора и его изменения. Разбавление растворов.

Экстракция красящих веществ (антоцианов) водой. Явление осмоса.

Окислительно-восстановительные реакции в живых клетках. Пространственное строение белка (первичная, вторичная, третичная, четвертичная структуры). Коллоидные системы, мицеллы. Набухание

коллоидов (белков). Активация ферментов ионами тяжелых металлов. Металлопротеины. Теория «ключ-замок».

Как видим, перечень затрагиваемых вопросов и тем весьма обширен и содержит огромный потенциал для дальнейших исследований не только для учащихся, но и для ученых и учителей, работающих в области методики преподавания химии и биологии. Стоит отметить также большое экологическое значение изучаемой темы.

2.3 Химический эксперимент с экологическим значением

Разработанная нами блок-схема исследовательской работы применима не только для выполнения химического эксперимента с биологическими объектами, но и для химического эксперимента с экологическим значением.

В качестве темы для исследовательской работы учащихся было выбрано изучение процесса травления железа в растворе лимонной кислоты. Выбор темы обуславливает возможность использования ее для участия в конкурсах химической и технической направленности. Также данная тема имеет большой потенциал для разработки в экологическом аспекте: травление железа лимонной кислотой помогает решить проблему появления вредных отходов травления.

2.3.1 Реактивы и оборудование, методика эксперимента

Пробоподготовка гвоздей. Для удаления остатков смазочных материалов, гвозди промыли уайт-спиритом и высушили при комнатной температуре. Измерили массу гвоздя на электронных теххимических весах (точность до 2 знака после запятой).

Приготовление растворов лимонной кислоты. Растворением навесок лимонной кислоты в воде приготовили серию водных растворов с концентрацией 5%, 10%, 20%, 30% масс.

Проведение взаимодействия железа и лимонной кислоты. В колбу с притертой пробкой налили 25 г водного раствора лимонной кислоты с известной процентной концентрацией, опустили гвозди с известной массой и сопоставимой площадью поверхности, оставили при комнатной температуре.

В контрольных точках извлекали гвозди из реакционной смеси, промывали под струей воды, высушивали при комнатной температуре и проводили измерения массы на теххимических весах.

2.3.2 Блок-схема исследования

Блок 1. Выбор объекта для исследования

Для проведения эксперимента в качестве предмета, подвергаемого коррозии, были выбраны гвозди, сделанные из конструкционной углеродистой стали марки Ст1пс, содержащей ~99% железа. Также было необходимо выбрать слабую органическую кислоту для обработки железных предметов. Для проведения эксперимента была выбрана лимонная кислота, которую используют в пищу и свободно продают в обычном магазине.

Обязательным условием выбора объекта исследования была его безопасность для человека и возможность самостоятельной работы учащихся без дополнительных мер предосторожности.

Процесс растворения железа в кислоте может рассматриваться с двух сторон: отрицательная – нежелательные потери металла в процессе коррозии, положительная – целевое удаление металла в процессе травления. Переход от коррозии к травлению железа дает совершенно новое приложение разработанной нами блок-схемы исследовательской работы учащихся, причем сохраняется методика и объект исследования.

Блок 2. Разработка методики эксперимента

При разработке методики эксперимента был сделан акцент на сопоставление процесса растворения железа в растворах лимонной кислоты разной концентрации. Результаты эксперимента могут быть использованы для разработки состава, который будет применяться, чтобы очистить предметы из железа и его сплавов от ржавчины в реставрации или для бытовых нужд.

Поскольку наше исследование направлено на подбор концентрации лимонной кислоты, в которой наблюдается максимальное и минимальное растворение железа, было достаточно сопоставить результаты протекания процесса в одинаковых условиях в данный момент времени для предметов с

одинаковой площадью поверхности. В нашей исследовательской работе для динамического контроля процесса растворения железа были использованы два параметра оценки – эффективность травления и скорость травления.

Методика эксперимента была разработана с учетом нескольких допущений:

1. объем реакционной смеси считался постоянным, несмотря на то, что при очередном извлечении гвоздей из колбы происходили небольшие потери раствора;
2. не учитывалось испарение воды в течение длительного эксперимента;
3. при расчетах не учитывалось время, в течение которого гвозди находились вне реакционной смеси (промывание, сушка и взвешивание).

Блок 3. Получение и обработка первичных данных

В каждой контрольной точке получали следующие первичные данные: время взаимодействия, масса каждого гвоздя и средняя масса гвоздя, эффективность травления, скорость травления. Данные эксперимента ежедневно заносили в файл Excel, в котором была построена матрица для обработки: таблица с данными и графики зависимости. Каждый новый день эксперимента давал новую точку на графиках изменения массы, эффективности и скорости травления. Кроме того, все этапы исследования фиксировали на фото.

Блок 4. Анализ первичных данных и получение результатов эксперимента

После окончания эксперимента была проведена обработка массива полученных первичных данных. Была изучена динамика изменения массы и динамика изменения эффективности травления, определены условия, которые необходимо использовать для травления в целях реставрации, определен состав травильного раствора, в котором наблюдается максимальная скорость травления.

2.3.3 Результаты эксперимента – содержание исследовательской работы учащегося

На поверхности металла, в зависимости от его природы, в результате воздействия окружающей среды (коррозии), а также под влиянием механической и термической обработки в процессе изготовления возникают оксидные пленки. Они не только ухудшают внешний вид изделий, но и препятствуют последующему нанесению покрытий на поверхность обрабатываемого изделия.

Оксидные пленки с металлической поверхности удаляются как химическим, так и электрохимическим травлением. Выбор способа и условий травления зависит от природы обрабатываемого металла, толщины и характера пленки, а также от типа обработки изделия до и после травления. Удаление ржавчины и других продуктов коррозии с помощью травления кислотами – один из этапов реставрации изделий из черного металла.

Проблема исследования. При использовании сильных кислот для обработки реставрируемого предмета наряду с удалением продуктов коррозии (ржавчины) железа происходит значительное растворение металла в кислоте, что крайне нежелательно, поскольку может привести к утрате внешнего вида и свойств обрабатываемого предмета. Специалисты-реставраторы для решения данной *проблемы* применяют: а) сложносоставные смеси сильных и слабых кислот, в том числе входящих в Список прекурсоров, оборот которых в РФ ограничен; б) сокращение времени обработки сильной кислотой, что не позволяет полностью удалить продукты коррозии, но чревато риском испортить реставрируемый предмет; в) введение дорогих и труднодоступных для неспециалиста веществ-ингибиторов, уменьшающих скорость взаимодействия железа и его сплавов с кислотами.

К сожалению, эти способы не подходят для широкого применения реставраторами-любителями. Решению данной проблемы посвящено наше исследование.

Гипотеза. Мы предполагаем, что можно подобрать такую концентрацию водного раствора лимонной кислоты для обработки предметов из железа и его сплавов от продуктов коррозии (ржавчины), при которой потери металла будут минимальны.

Объектом исследования является процесс взаимодействия железа и лимонной кислоты при комнатной температуре.

Предмет исследования – влияние состава травильного раствора на характер растворения железа в лимонной кислоте при комнатной температуре.

Методы исследования: анализ литературы; гравиметрический – определение массы железного предмета, подвергнутого травлению; построение и анализ графиков зависимостей.

Цель исследования – изучить влияние состава травильного раствора на характер растворения железа в лимонной кислоте при комнатной температуре.

Задачи:

1. Изучить динамику изменения массы железного предмета во времени для различных исходных концентраций раствора лимонной кислоты при комнатной температуре.

2. Разработать параметры оценки процесса растворения железа в растворе лимонной кислоты.

3. Оценить эффективность травления железа растворами с разным содержанием лимонной кислоты и определить время травления, при котором наблюдаются наименьшие потери металла.

4. Определить состав травильного раствора, в котором наблюдается максимальная скорость травления в единицу времени.

Длительность исследования. Исследование выполняли в течение 6 месяцев.

Этапы осуществления исследования.

1. *Подготовительный этап* – изучение литературы, выбор темы, определение проблемы исследования, формулирование гипотезы, определение

предмета и объекта, разработка цели и задач, разработка методики исследования.

2. *Основной этап* – проведение химического эксперимента.

3. *Заключительный этап* – обобщение и систематизация полученных результатов, формулирование выводов.

Практическое применение результатов исследования. Результаты данного исследования можно использовать:

1. для оценки процесса травления предметов из черных металлов в кислой среде;

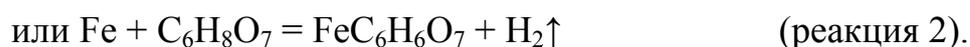
2. для разработки состава, который будет применяться в реставрации или для бытовых нужд, чтобы очистить предметы из железа и его сплавов от ржавчины;

3. в качестве демонстрационного эксперимента при изучении темы «Металлы» в курсе химии 11 класса.

Смесь солей железа (II) и железа (III), получаемую при растворении железа в растворе лимонной кислоты, можно использовать: для синтеза пиррофорного железа при проведении занимательных опытов по химии; для создания краски на водной основе, в которой в качестве красителя можно использовать смесь солей железа (III); как средство, применяемое для протравливания тканей кустарным способом.

Химические реакции, протекающие при взаимодействии железа с лимонной кислотой

При взаимодействии железа с лимонной кислотой происходит образование гидроцитрата железа (II) по реакции:



В водных растворах при взаимодействии лимонной кислоты и железа при комнатной температуре сначала образуется желто-зеленый FeHCyt – цитрат железа (II) FeC₆H₆O₇. Однако в нашей работе кристаллы данного вещества не были выделены в чистом виде, поскольку наличие кислорода, растворенного в

реакционной смеси, приводит к дальнейшему окислению железа до трехвалентного состояния по уравнению:



По мере протекания реакции в растворе накапливается FeCyt – цитрат железа (III) $\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где $n=3$ или 5, который в дальнейшем выпадает в виде красно-коричневых кристаллов.

Получим суммарное уравнение реакции растворения железа в лимонной кислоте с образованием цитрата железа (III), сложив четыре уравнения реакции 1 с уравнением реакции 3:



Изучение динамики растворения железа в травильном растворе, содержащем лимонную кислоту

Для изучения динамики растворения железа в лимонной кислоте приготовили серию водных растворов лимонной кислоты с концентрацией 5%, 10%, 20%, 30% масс. Увеличение концентрации свыше 30 массовых % представляется нецелесообразным из-за достижения предела растворимости кислоты в воде. В растворы лимонной кислоты опустили по 5 железных гвоздей с одинаковой массой и сопоставимой площадью поверхности.

Далее были построены графики зависимости уменьшения массы предмета, подвергаемого травлению, от времени для различных концентраций раствора лимонной кислоты (см. Рисунок 12). Обнаружено, что процесс травления железа в 5%-ном растворе лимонной кислоты описывается двумя прямыми, пересекающимися в точке, соответствующей 38 дням травления. Т.е. через 38 дней процесс травления значительно замедляется.

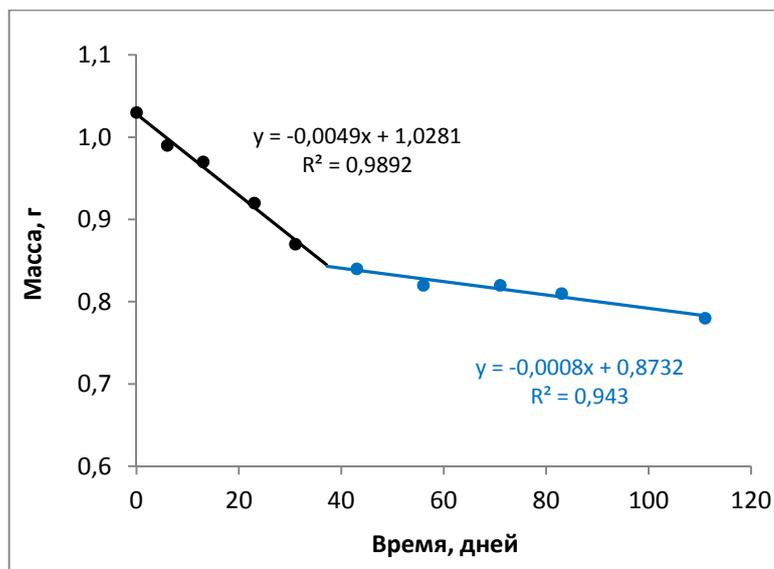


Рисунок 12 – Изменение массы железа в 5%-ном растворе лимонной кислоты.

При травлении железа в 10%-ном растворе лимонной кислоты на графике зависимости массы предмета от времени наблюдаются две критические точки, в которых наклон прямой меняется (см. Рисунок 13). С начала эксперимента в течение 10 дней железо растворяется незначительно, затем в период с 10 дня (первая критическая точка) до 37-го наблюдается максимальный тангенс угла наклона графика зависимости, свидетельствующий об увеличении интенсивности протекания процесса взаимодействия железа с лимонной кислотой. Далее, после второй критической точки (37 дней), травление железа идет с интенсивностью, сопоставимой с начальным периодом эксперимента.

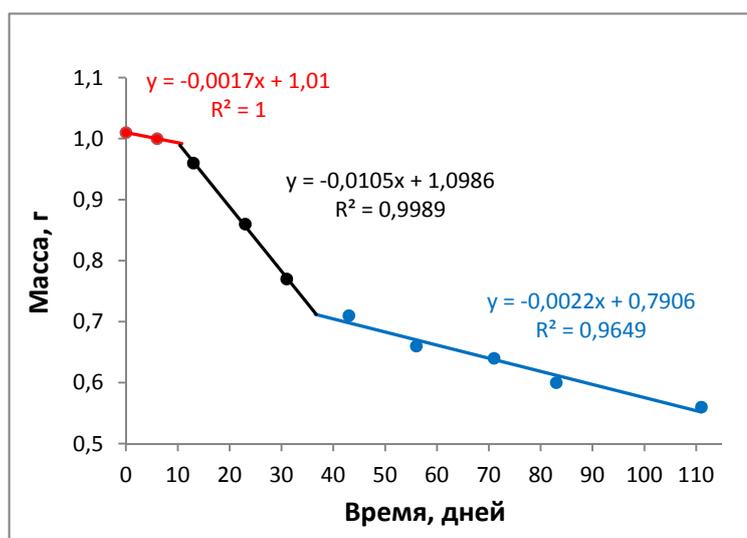


Рисунок 13 – Изменение массы железа в 10%-ном растворе лимонной кислоты.

При травлении железа в 20%-ном растворе лимонной кислоты на графике зависимости массы предмета от времени наблюдается всего одна критическая точка (6 дней), после которой процесс травления не претерпевает изменений и протекает с одинаковой скоростью в течение всего эксперимента (см. Рисунок 14).

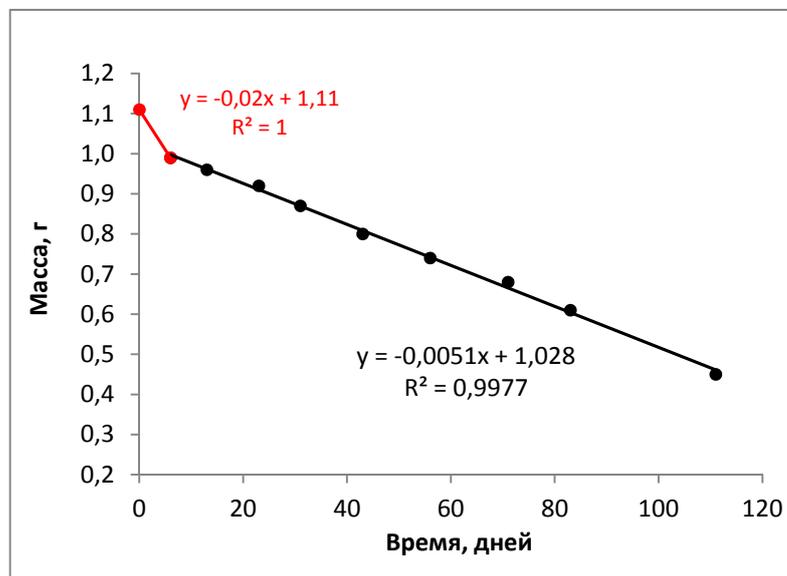


Рисунок 14 – Изменение массы железа в 20%-ном растворе лимонной кислоты.

Процесс травления железа в 30%-ном растворе лимонной кислоты описывается графиком, сходным с графиком для травления в 10%-ном растворе. Также присутствуют две критические точки (6 дней и 43 дня). Процесс травления сопровождается выпадением прозрачных кристаллов предположительно лимонной кислоты, начиная с 43-его дня.

Таблица 7. Критические точки на графиках потери массы

% -ная конц-ция H_3Cyt	Критические точки		max tgα участка графика
	I точка	II точка	
5	нет	38 дней	-0,0049
10	10 дней	37 дней	-0,1050
20	6 дней	нет	-0,0051
30	6 дней	43 дня	-0,0081

Проанализировав данные о максимальных тангенсах угла наклона участков ломаных и критических точках (см. Таблица 7) на графиках зависимости массы предмета, подвергаемого травлению, от времени при разной концентрации лимонной кислоты, можно выявить, что:

а) минимальный угол наклона наблюдается в 5%-ном растворе лимонной кислоты, который можно рекомендовать для бережного удаления ржавчины при реставрации;

б) максимальный угол наклона наблюдается в 10%-ном растворе лимонной кислоты в период с 13 до 37 дней эксперимента;

в) процесс взаимодействия железа с лимонной кислотой в водном растворе может менять свой характер дважды за период наблюдения вне зависимости от исходного содержания лимонной кислоты в реакционной системе.

Параметры оценки процесса травления железа в кислоте

Для более информативного описания процесса травления введем понятие *эффективность травления* \mathcal{E}_m – отношение массы растворившегося железа к исходной массе, умноженное на 100%:

$$\mathcal{E}_m = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100\%, \text{ где}$$

m_1 – масса предмета, подвергаемого травлению, в данный момент времени, г,

m_0 – исходная масса предмета, подвергаемого травлению, г.

Чем больше эффективность травления в данный момент времени, тем больше потеря массы предмета, подвергаемого травлению, а значит, быстрее растворяется железо за изучаемый промежуток времени.

Также в нашей работе оценивали *скорость травления* по значению величины K_t – процентное отношение массы растворившегося железа к исходной массе за единицу времени (эффективность травления в единицу времени):

$$K_t = \frac{m_0 - m_1}{m_0 \cdot t} \cdot 100\% = \frac{\mathcal{E}_m}{t}, \text{ где}$$

m_1 – масса предмета, подвергаемого травлению, в данный момент времени, г;

m_0 – исходная масса предмета, подвергаемого травлению, г;

t – время травления, дней;

\mathcal{E}_m – эффективность травления – отношение массы растворившегося железа к исходной массе, умноженное на 100%.

Оценка эффективности травления железа растворами с разным содержанием лимонной кислоты

Построим графики зависимости эффективности травления от времени для водных растворов лимонной кислоты с массовой долей 5%, 10%, 20% (см. Рисунок 15).

Эффективность травления за данный промежуток времени должна возрастать с увеличением содержания кислоты, так как должен увеличиваться тангенс угла наклона прямых, описывающих зависимость процентного отношения массы растворившегося железа к исходной массе от времени. Наиболее пологий график зависимости эффективности травления от времени наблюдается для раствора с концентрацией лимонной кислоты 5 масс. %, наиболее крутой – для раствора с концентрацией лимонной кислоты 20 масс. %.

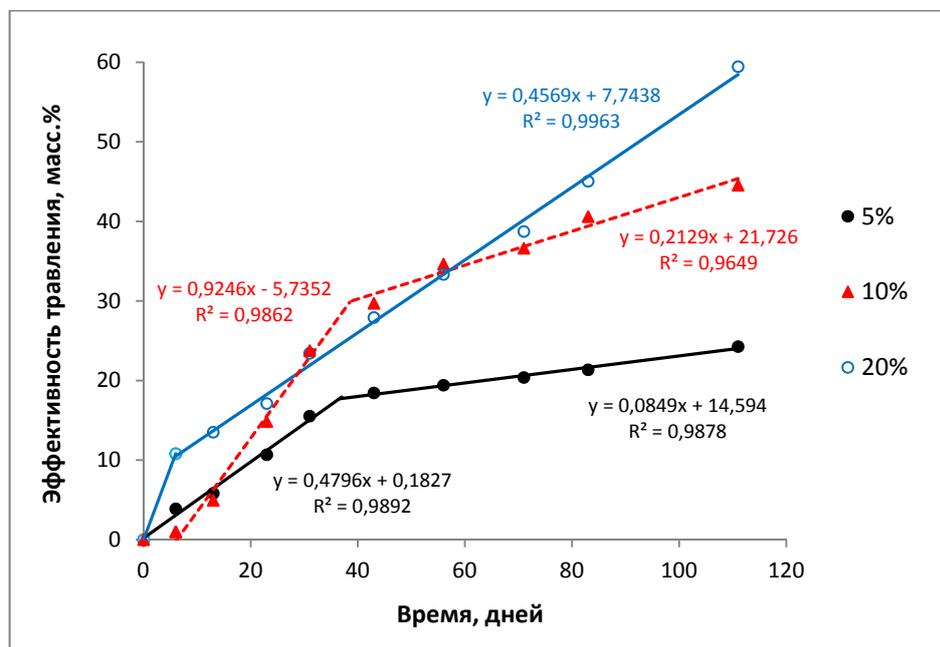


Рисунок 15 – Зависимость эффективности травления от времени для разного содержания лимонной кислоты в травильном растворе.

В период до 10 дней наименьшая эффективность травления зафиксирована в 10%-ном растворе лимонной кислоты, однако затем

наблюдается значительное увеличение потерь металла, причем во II критической точке (37 дней) потери больше, чем в 20%-ном растворе (см. Таблица 8).

Стоит отметить также точки, в которых графики пересекаются – при этом потери металла одинаковы для пар концентраций 5% и 10% (13 дней), 10% и 20% (29 дней, 57 дней).

Таблица 8. Сравнение эффективности травления для растворов с разным содержанием лимонной кислоты

% л.к.	Эффективность травления, масс. %			
	За 10 дней	За 20 дней	За 38 дней	За 111 дней
5	4,98	9,8	18,4	24,3
10	1,66	12,1	30,9	44,6
20	11,99	16,6	24,9	59,5

В данном эксперименте 30%-ный раствор лимонной кислоты не рассматривали, поскольку примерно через 40 дней эксперимента началось выпадение бесцветных прозрачных кристаллов лимонной кислоты, и результаты оказались несопоставимыми.

Таким образом, для травления предметов из черного металла в целях реставрации наиболее выгодно использовать 10%-ный раствор лимонной кислоты в воде в период до 13 дней (потери не больше 2% от исходной массы), а в период свыше 13 дней – 5%-ный раствор (потери не больше 25% от исходной массы за 111 дней эксперимента).

Изучение зависимости изменения скорости травления железа в растворе лимонной кислоты от времени

Проанализировав график зависимости параметра K_t (скорости травления) от времени (см. Рисунок 16), заметим, что в растворе, содержащем 20 масс. % лимонной кислоты, наблюдается наивысшее значение скорости травления в период от начала эксперимента до двух недель. Для травления железа в 20%-ном растворе лимонной кислоты максимальная скорость травления составляет 1,8 масс. % в день, однако затем в период после 20 дней протекания процесса скорость травления в 20%-ном растворе становится сопоставимой с остальными составами травильного раствора, что делает нецелесообразным

использование больших концентраций лимонной кислоты. Также наблюдается небольшой скачок на графике для 5%-ного раствора в период до 10 дней. Отметим, что при использовании травильного раствора с большой концентрацией лимонной кислоты (30%) со временем происходит накопление прозрачных кристаллов на поверхности металлического предмета, что мешает дальнейшему протеканию процесса травления.

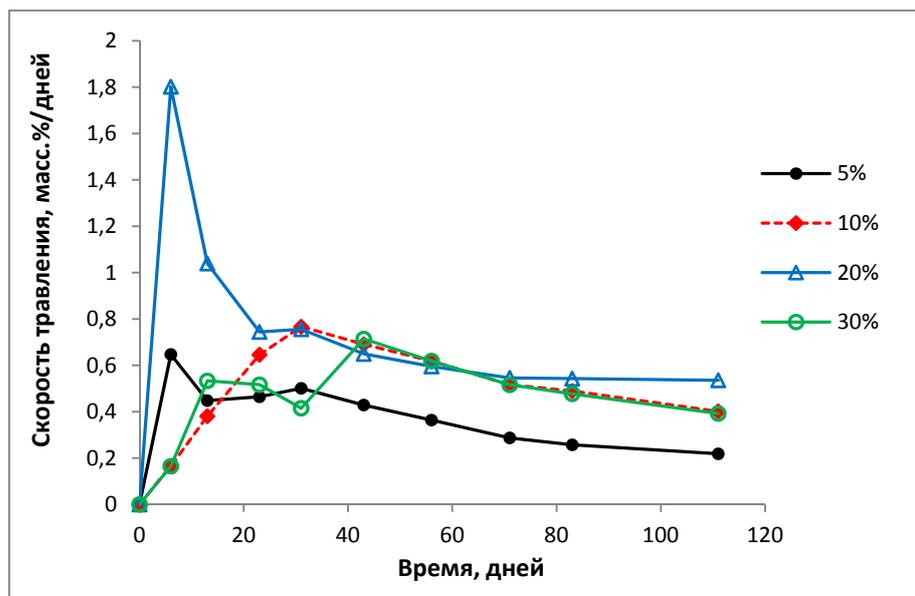


Рисунок 16 – Зависимость скорости травления от времени для разных составов травильного раствора

Таким образом, можно сделать вывод о наивысшей скорости потери металла в растворе с концентрацией 20 масс.% лимонной кислоты в период до 20 дней. В то время как остальные составы травильного раствора в нашем эксперименте показали сопоставимые значения параметра K_t .

Заключение. В ходе выполнения нашего эксперимента были получены следующие результаты:

1. Изучена динамика изменения массы железного предмета во времени для травильных растворов с концентрацией лимонной кислоты 5, 10, 20, 30 массовых %. Выявлен характер зависимости потери массы от времени, определены критические точки, в которых наблюдаются изменения процесса травления.

2. Для описания процесса травления железа в водных растворах лимонной кислоты предложен параметр «эффективность травления» E_m , связанный с изменением массы предмета, подвергаемого травлению (описывающий %-ное соотношение потерь металла в результате травления), а также параметр «скорость травления K_t », характеризующий изменение эффективности травления в единицу времени.

3. Оценена эффективность травления железа водными растворами лимонной кислоты при комнатной температуре. Определены условия, которые необходимо использовать для травления в целях реставрации: 10%-ный раствор лимонной кислоты в воде в период до 13 дней (потери не больше 2% от исходной массы).

4. Определен состав травильного раствора, в котором наблюдается максимальная скорость травления в единицу времени.

Результаты данного исследования можно использовать:

1) для оценки процесса травления предметов из черных металлов в кислой среде;

2) для разработки состава, который будет применяться в реставрации или для бытовых нужд, чтобы очистить предметы из железа и его сплавов от ржавчины;

3) в качестве демонстрационного эксперимента при изучении темы «Металлы» в курсе химии 11 класса.

Смесь солей железа (II) и железа (III), получаемую при растворении железа в растворе лимонной кислоты, можно использовать: для синтеза пиррофорного железа при проведении занимательных опытов по химии; для создания краски на водной основе, в которой в качестве красителя можно использовать смесь солей железа (III); как средство, применяемое для протравливания тканей кустарным способом.

2.3.4 Перечень вопросов по химии, биологии и экологии, которые были проработаны при выполнении исследования

Биологически активные вещества. Нахождение в природе лимонной кислоты. Применение лимонной кислоты в медицине и пищевой промышленности. Работа с весами, пипетками и мерными колбами. Приготовление растворов. Расчет массы навески кислоты. Расчет массы навески кристаллогидрата для приготовления раствора кислоты с точной концентрацией. Травление металлов. Виды травления. Механизм травления кислотами. Продукты травления. Способы оценки результатов травления. Химия в реставрации. Металлы. Сплавы. Продукты взаимодействия железа с кислотами. Условия выпадения осадков. Окислительно-восстановительные реакции. Химические свойства карбоновых кислот. Токсичные вещества, используемые для травления металлов. Токсичные продукты травления.

Как видим, перечень затрагиваемых вопросов и тем весьма обширен и содержит большой потенциал для дальнейших исследований не только для учащихся, но и для ученых и учителей, работающих в области методики преподавания химии и биологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современное преподавание биологии и химии отражает реальное положение науки о живой природе в системе научного знания. Биология и химия тесно взаимодействуют с естественнонаучными и гуманитарными дисциплинами; формирование научной картины мира — это результат всего школьного обучения, который не может быть достигнут без взаимодействия разных дисциплин, приёмов и методов обучения [7].

В результате выполнения данной выпускной квалификационной работы предложено решение проблемы поиска средств осуществления взаимосвязи преподавания химии и биологии в средней школе.

1. Разработана методика проведения химического эксперимента с биологическими объектами, биологического эксперимента с химическими веществами, а также химического эксперимента с экологическим значением.

2. Методика проведения химического эксперимента, устанавливающего взаимосвязь между химией и биологией, апробирована при выполнении исследовательских работ учащихся, которые оценены по достоинству и получили признание на мероприятиях регионального уровня (Межрегиональный открытый конкурс исследовательских и творческих работ учащихся «Юность науки Центрального Черноземья», Шуховский фестиваль научно-исследовательских и проектных работ), а также на Всероссийских конкурсах (XII Всероссийский конкурс научно-исследовательских работ обучающихся общеобразовательных организаций имени Д.И. Менделеева, XIX Российская научная конференция школьников «Открытие»).

3. Выявлен перечень вопросов по химии и биологии, которые могут служить базисом для установления межпредметных связей между предметами естественнонаучного цикла при выполнении исследовательской работы учащихся по данной методике.

В результате выполнения данной выпускной квалификационной работы разработана и применена на практике обобщенная блок-схема выполнения

межпредметной исследовательской работы учащихся на стыке наук химии и биологии.

Разработанная блок-схема исследования позволяет, оставаясь в рамках данной тематики, осуществить целую серию научных работ учащихся, изменяя только объект исследования (семена растений; соли тяжелых металлов, являющихся микроэлементами; органические кислоты; металлы, подвергаемые травлению; экстракты растений, применяемые в качестве природных ингибиторов коррозии). В процессе выполнения исследовательской работы учащихся устанавливаются межпредметные связи между химией и биологией, актуализируются, закрепляются и применяются на практике знания, полученные на уроках биологии и химии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Адаменко А.А. Анализ роли химического эксперимента в средней школе // Химия. – 2006. – № 8. – С. 13-15.
2. Аманов Х.Т. Место химического эксперимента в системе обучения // Непрерывное образование. – 2004. – № 5. – С. 42-45.
3. Антонов А.А., Дроздов А.А., Кузьменко Н.Е. Метапредметное и межпредметное в современной школе на примере изучения химии // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2011. – № 25. – С. 700-705.
4. Аскарлов И.Р., Думанов Б.М. Из опыта проведения домашнего химического эксперимента // Проблемы современного образования. – 2015. – № 2. – С. 126-130.
5. Балаев Л.И. Домашние практические задания // Химия в школе. – 2010. – № 3. – С. 71–74.
6. Блинова Т.Л., Кириллова А.С. Подход к определению понятия "Межпредметные связи в процессе обучения" с позиции ФГОС СОО // Педагогическое мастерство: материалы III междунар. науч. конф. (г. Москва, июнь 2013 г.). – М.: Буки-Веди, 2013. – С. 65-67.
7. Васильева Т.С. Межпредметные связи школьного курса биологии // Педагогическое мастерство: материалы III междунар. науч. конф. (г. Москва, июнь 2013 г.). – М.: Буки-Веди, 2013. – С. 72-75.
8. Верховский В.Н. Техника и методика химического эксперимента в школе. – М.: Учпедгиз, 1959. – Т.1. – 543 с.
9. Воронин А.С. Словарь терминов в общей и социальной педагогике. – Екатеринбург: Издательство УГТУ, 2006. – 135 с.
10. Габриелян О.С., Краснова В.Г. Компетентностный подход в обучении химии // Химия в школе. – 2007. – № 2. – С. 16-21.
11. Габриелян О.С., Ватлина Л.П. Химический эксперимент в школе. – М.: Дрофа, 2005. – 224 с.

12. Габрук Н.Г., Колчанова Л.В. Роль элективного практикума «Качество жизни» в эколого-химическом образовании учащихся // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 8. – С. 77-78.
13. Гагарин А.В. К проблеме формализма в экологическом образовании учащихся // Экологическое образование. – 2002. – № 1. – С. 29-34.
14. Гаркович А.Л. Организация развивающей образовательной среды при изучении химии в общеобразовательной школе // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – №4. – С. 80-85.
15. Гольдинштейн Л.В. Исследовательские проекты по химии во внеурочное время // Муниципальное образование: инновации и эксперимент. – 2010. – № 6. – С. 50-52.
16. Гостев М.М. Экспериментальная работа учащихся в химическом кружке. – М.: Учпедгиз, 1959. – 196 с.
17. Дракова Д.К. Уровни интеграции в экологическом образовании // Экологическое образование. – 2002. – № 1. – С. 26-28.
18. Жилин Д.М. Химический эксперимент в российских школах // Естественнонаучное образование: тенденции развития в России и в мире. – М.: Изд-во МГУ, 2011. – С. 125-149.
19. Зеленская Е.А. Организация исследовательской деятельности учащихся во внеурочное время // Химия в школе. – 2009. – № 8. – С. 55-59.
20. Зверев И.Д., Максимова В.Н. Межпредметные связи в современной школе. – М.: Педагогика, 1981. – 160 с.
21. Злотников Э.Г. Химический эксперимент в условиях развивающего обучения // Химия в школе. – 2001. – № 1. – С. 17-22.
22. Иванова М.А., Кононова М.А. Химический демонстрационный эксперимент. – М.: Высшая школа, 1969. – 248 с.
23. Квасных Г.С. Межпредметные связи как принцип интеграции процесса обучения // Вектор науки ТГУ. – 2013. – №1. – С. 105-107.

24. Киселева Е.В. Развивающий ученический эксперимент в системе проблемно-интегративного обучения химии // Проблемы и перспективы развития образования в России. – 2011. – № 11. – С. 189-192.
25. Коджаспирова Г.М., Коджаспиров А.Ю. Словарь по педагогике. – М.: ИКЦ «МарТ», 2005. – 448 с.
26. Колчанова Л.В., Дейнека Л.А. Из опыта совершенствования демонстрационного эксперимента // Химия в школе. – 2008. – № 9. – С. 67-69.
27. Колчанова Л.В., Колчанов Р.А. Инновационный подход к ученическому эксперименту // Химия в школе. – 2009. – № 5. – С. 55-57.
28. Комиссаров Б.Д. Методологические проблемы школьного биологического образования. – М.: Просвещение, 1991. – 160 с.
29. Корепанова Е.М., Макаева С.А. Организация домашнего школьного эксперимента по химии в условиях научно-педагогической практики // Вестник Удмуртского университета. – 2012. – № 3. – С. 94-97.
30. Космодемьянская С.С., Гильманшина С.И. Методика обучения химии. – Казань: ТГГПУ, 2011. – 136 с.
31. Максимова В.Н. Межпредметные связи в учебно-воспитательном процессе современной школы. – М.: Просвещение, 1987. – 157 с.
32. Максимова В.Н. Межпредметные связи и совершенствование процесса обучения. – М.: Просвещение, 1984. – 250 с.
33. Маркина И.В. Современный урок химии. – Ярославль: Академия развития, 2008. – 288 с.
34. Муравьев А.Г. Лабораторный экологический практикум в школьных курсах биологии, химии, экологии // Экологическое образование. – 2002. – № 2. – С. 36-38.
35. Назаренко В.М. Изучение круговорота веществ в школьном курсе химии // Химия в школе. – 1994. – №2. – С. 18.
36. Назаренко В.М. Роль социальных, естественнонаучных и технических понятий в формировании экологических знаний // Химия в школе. – 1993. – №2. – С. 37.

37. Назаренко В.М. Программа экологизированного курса химии в средней общеобразовательной школы // Химия в школе. – 1993. – №5. – С. 35.
38. Назарова Т.С., Грабецкий А.А., Лаврова В.Н. Химический эксперимент в школе. – М.: Просвещение, 1987. – 253 с.
39. Окольников Ф.Б. Химический эксперимент как средство естественнонаучной интеграции // Химия в школе. – 2007. – № 9. – С. 61-63.
40. Полосин В.С Школьный эксперимент по неорганической химии. – М.: Просвещение, 1970. – 330 с.
41. Пяткова О.Б., Кулакова И.В. Значение демонстрационного эксперимента для познания законов химии // Символ науки. – 2016. – № 4. – С. 165-169.
42. Рамонова Д.М., Неелова О.В. Изучение вопросов охраны окружающей среды на уроках химии в средней школе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – №1. – С. 195.
43. Российская педагогическая энциклопедия / под ред. В.В. Давыдова. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1993. – 1160 с.
44. Сафарова М.А., Карпенко Г.М. Химический эксперимент в современной школе как важнейший инструмент естественнонаучного образования // Концепт. – 2013. – № 12. – С. 224-226.
45. Синяков А.П. Дидактические подходы к определению понятия «Межпредметные связи» // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2009. – № 113. – С. 197-202.
46. Сурин Ю.В. Методика проведения проблемных опытов по химии. Развивающий эксперимент. – М.: Школа-Пресс, 1998. – 64 с.
47. Сурин Ю.В. Проблемный эксперимент как одна из форм химического эксперимента // Химия в школе. – 2007. – № 10. – С. 57-61.
48. Сурин Ю.В. Проблемно-развивающий эксперимент в обучении химии // Химия в школе. – 2005. – № 5. – С. 53-55.
49. Сурин Ю.В. Проблемно-развивающие опыты с растворами кислых солей // Химия в школе. – 2010. – № 4. – С. 57-64.

50. Тяглова Е.В. Исследовательская деятельность учащихся по химии. – М.: Глобус, 2007. – 224 с.
51. Уткина Т.В. Формирование целостного содержания естественнонаучного образования при профильном обучении // Биология в школе. – 2012. – № 7. – С. 24-31.
52. Уткина Т.В. Лабораторный практикум в классах химико-биологического профиля // Биология в школе. – 2010. – № 5. – С. 26-32.
53. Файрушина С.М. Экологический аспект в предметах естественнонаучного цикла стандартов второго поколения для основной школы // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9. – С. 641-647.
54. Философский энциклопедический словарь / под ред. Л.Ф. Ильичева. – М.: Советская энциклопедия, 1983. – 840 с.
55. Цветков Л.А. Эксперимент по органической химии в средней школе. – М.: Школьная пресса, 2000. – 192 с.
56. Цветков, Л.А. Эксперимент по органической химии. Методика и техника. Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1973. – 282 с.
57. Чертков И.Н., Черняк И.А., Колударов Ю.А. Самодельные демонстрационные приборы по химии. – М.: Просвещение, 1976. – 157 с.
58. Чернобельская Г.М. Методика обучения химии в средней школе. – М.: ВЛАДОС, 2000. – 336 с.
59. Широва М.Ф. Учебный проект как средство развития познавательной активности // Химия в школе. – 2008. – № 2. – С. 29-33.
60. Ширшина И.В. Химия. Проектная деятельность обучающихся. – Волгоград: Учитель, 2006. – 184 с.
61. Штремплер Г.И. Домашняя химическая лаборатория. – М.: Просвещение, 1996. – 96 с.