



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
КАФЕДРА ХИМИИ, ЭКОЛОГИИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

## Молекулярное связывание циклодекстринами

Выпускная квалификационная работа  
по направлению 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями  
подготовки)

Направленность программы бакалавриата  
«Биология. Химия»

Проверка на объем заимствований:  
88,5 % авторского текста

Работа ср к защите  
рекомендована/не рекомендована

« 07 » июня 2018 г.  
зав. кафедрой Химии, экологии и МОХ  
(название кафедры)

ср Сутягин А.А.

Выполнила:

Студентка группы ОФ-501/068-5-1  
Экгардт Анастасия Александровна

anf

Научный руководитель:

к.х.н., зав. кафедрой

ср Сутягин Андрей Александрович

Челябинск  
2018

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ . . . . .	4
ГЛАВА 1. МОЛЕКУЛЯРНОЕ СВЯЗЫВАНИЕ В СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЙ ХИМИИ . . . . .	7
1.1. Соединения включения. . . . .	7
1.2. Получение и применение клатратных соединений . . . . .	11
1.3. Циклодекстрины как объекты супрамолекулярной химии . . . . .	18
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. . . . .	30
2.1. Методика определения связывания фенолфталеина $\beta$ -циклодекстрином. . . . .	30
2.2. Методика определения связывания одно- и двухатомных фенолов $\beta$ -циклодекстрином. . . . .	33
2.3. Определение связывания аминокислот $\beta$ -циклодекстрином методом формольного титрования . . . . .	35
ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО СВЯЗЫВАНИЯ ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ . . . . .	38
3.1. Исследование клатратных соединений $\beta$ -циклодекстрина с фенолом . . . . .	38
3.2. Исследование клатратных соединений $\beta$ -циклодекстрина с двухатомными фенолами . . . . .	39
3.3. Исследование клатратных соединений $\beta$ -циклодекстрина с фенолфталеином . . . . .	41
3.4. Исследование способности молекул $\beta$ -циклодекстрина связывать $\alpha$ -аминокислоты . . . . .	43
ГЛАВА 4. УГЛЕВОДЫ В ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ . . . . .	44
4.1. Изучение углеводов в школьном курсе химии . . . . .	44
4.2. Технология проектной деятельности учащихся . . . . .	46

4.3. Сопровождение проектной деятельности учащегося по химии	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ . . . . .	53
ВЫВОДЫ . . . . .	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ . . . . .	56
ПРИЛОЖЕНИЯ . . . . .	62

## ВВЕДЕНИЕ

В 1948 году Г. Пауэллом впервые введен термин «клатрат» для веществ, образующихся в результате внедрения молекул одного вида в полости кристаллической решетки или молекул другого вида. Способность к клатратообразованию определяется наличием в структуре вещества полости молекулярных размеров. Частным случаем клатратообразующих соединений являются циклодекстрины, представляющие собой циклические природные олигосахариды. Сами циклодекстрины и их многочисленные производные находят широко применение в науке и производственной деятельности. Так, представляет интерес применение циклодекстринов в качестве сорбентов при очистке газов и растворов от различных загрязнителей техногенного происхождения, в качестве переносчиков субстрата в межфазном катализе, в качестве инкапсуляторов для доставки лекарственных препаратов. Широкие возможности применения, как свободных, так и нативных циклодекстринов определяют актуальность изучения свойств этих соединений.

Благодаря своему уникальному строению, циклодекстрины обладают способностью к клатратообразованию. Они являются циклическими соединениями, имеющими гидрофильную внешнюю поверхность и гидрофобную внутреннюю полость, за счет которой возможно образование супрамолекулярных ансамблей с другими соединениями посредством возникновения супрамолекулярных (гидрофобных) взаимодействий.

Целью нашей работы является изучение способности циклодекстринов к образованию клатратных соединений.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

- изучение литературного материала, посвященного вопросам клатратообразования с участием циклодекстринов и их производных;
- изучение способности циклодекстрина включать во внутреннюю

полость молекулы соединений, имеющих ароматический фрагмент (фенолы, фенолфталеин);

- определение способности циклодекстрина включать во внутреннюю полость молекулы аминокислот;
- разработка методического сопровождения проектной деятельности учащегося.

Предметом исследования является клатратообразующая способность  $\beta$ -циклодекстрина.

Объект исследования – клатратные соединения  $\beta$ -циклодекстрина.

При проведении эксперимента были использованы следующие методы исследования:

- спектрофотометрия в видимой области;
- титриметрия в варианте кислотно-основного титрования (алкалиметрия).

Информационная база исследования: учебники, печатные и электронные научные периодические издания; ресурсы сети Интернет.

Решение поставленных задач определили структуру данной квалификационной работы.

Во введении определяется актуальность выбранной темы, объект и предмет исследования, сформулированы цели и задачи, приведены методы и информационная база исследования.

Первая глава представляет собой литературный обзор, посвященный клатратным соединениям, механизмам их образования, практическому применению. В этой главе циклодекстрин рассматривается как один из широко распространенных представителей молекул-хозяев.

Во второй главе приведены методики проведения исследования для определения способности  $\beta$ -циклодекстрина включать в свою внутреннюю полость одно- и двухатомные фенолы, фенолфталеин и  $\alpha$ -аминокислоты, на примере глицина и фенилаланина.

В третьей главе предоставлены экспериментальные данные,

демонстрирующий способность  $\beta$ -циклодекстрина образовывать клатратные соединения с приведенными веществами (таблицы, калибровочные графики).

Четвертая глава посвящена сопровождению проектной деятельности учащихся по теме «Углеводы» на примере проекта с ученицей 10 класса МБАУ СОШ № 121 Сагандыковой Анастасией «Влияние термической обработки на основные показатели качества вина».

В заключении подводятся итоги проделанной работы, отражаются результаты, достигнутые при решении задач и проблем, поставленных для достижения цели данной работы.

Результаты исследований были опубликованы в материалах международных конференций «Международная экологическая студенческая конференция», «Фундаментальные и прикладные проблемы получения новых материалов: исследования, инновации и технологии», на всероссийской конференции «Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях». Отмечены дипломом победителя II Всероссийского студенческого конкурса исследовательских проектов «Химия в жизни общества», а также конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ЮУрГГПУ.

# ГЛАВА 1. МОЛЕКУЛЯРНОЕ СВЯЗЫВАНИЕ В СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЙ ХИМИИ

## 1.1. Соединения включения

Соединения включения – это вещества, которые занимают промежуточное положение между твердыми растворами и истинными химическими соединениями. Впервые этот термин был введен в 1949 году В. Шленком для канальных соединений мочевины и тиомочевины [19].

Соединения включения являются объектом изучения супрамолекулярной химии. Супрамолекулярная химия является достаточно молодой дисциплиной и одной из наиболее быстро развивающихся областей исследования. Ее основателем является французский химик Жан-Мари Лен, который в 1987 году был удостоен Нобелевской премии за работы в этой области. Он определил супрамолекулярную химию, как «химию молекулярных ансамблей и межмолекулярных связей». В настоящее время её также определяют как «химию нековалентной связи» и «химию за пределами молекулы» [2]. Она имеет достаточно тесную связь с такими дисциплинами как физика, органическая химия, биохимия, биология, общая и неорганическая химия и др.

Супрамолекулярная химия сочетает в себе три основные научные ветви:

- общую химию (органические и неорганические макромолекулы и молекулярные ансамбли);
- биохимию, так как биохимическое действие, механизмы и закономерности превращений многих биологически важных соединений основаны именно на супрамолекулярных взаимодействиях;
- физическую химию, которая рассматривает природу связей, принципы структурной химии, физико-химические методы исследования ансамблей [42].

Важную роль в становлении супрамолекулярной химии сыграли работы Дж. Педерсена и Д. Дж. Крама. Эти ученые в 1987 году также получили Нобелевскую премию за определяющий вклад в развитие химии макрогетероциклических соединений, способных избирательно образовывать молекулярные комплексы типа «хозяин-гость» [7].

Вещества, которые в настоящее время называют соединениями включения, впервые наблюдали А. Корнстедт, который в 1756 году открыл цеолит стельбит, и Дж. Пристли, обнаруживший в 1778 году «аномальный лёд» ( $\text{SO}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ). В 1785 году Б. Пелетье и В. Карстен, а в 1811 году – Г. Дэви наблюдали образование кристаллов при охлаждении газообразного хлора. Формула полученного соединения –  $\text{Cl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  была установлена только в 1823 году английским химиком Майклом Фарадеем, а структура — немецкими химиками М. Штакельбергом и Г. Мюллером только в 1952 году [52]. Важной датой является 1962 г., когда Ч. Педерсеном были открыты краун-эфир, как побочный продукт при синтезе ингибиторов, стабилизирующих нефтяные масла от автоокисления [34]. При дальнейшем исследовании этих соединений, он обнаружил, что они способны к образованию прочных комплексов с катионами щелочных и щелочноземельных металлов, которые можно выделить в кристаллическом виде [35]. Исследования этих комплексов способствовали развитию представлений об относительно слабых многоцентровых взаимодействиях, что способствовало развитию первых моделей взаимодействия рецепторов с субстратами [41].

В настоящее время супрамолекулярная химия занимается вопросами молекулярного распознавания и селективного связывания молекул в супрамолекулы и супрамолекулярные ансамбли. Под термином «супрамолекулы» понимают отдельные крупные образования, состоящие из большого числа молекулярных олигомеров. Супрамолекулярные ансамбли — это полимолекулярные системы, возникающие в результате спонтанной ассоциации компонентов и обладающие определенной



пространственной организацией [21].

Соединения включения образуются в результате внедрения молекул одного вида в полости кристаллической решетки или внутреннюю полость молекул другого вида. При этом первые получили название «гостей», а вторые принято называть «хозяевами». «Хозяева» представляют собой крупные молекулы или агрегаты, имеющие в центре полость молекулярных размеров. В роли гостя может выступать многоатомный катион, простой неорганический анион или более сложная молекула [39]. Строение и свойства супрамолекулярных систем определяются химическим составом молекул и природой межмолекулярного взаимодействия между молекулами хозяина и гостя [1].

При включении молекул гостя во внутреннюю полость молекулы хозяина могут меняться ее физические и химические свойства, такие как растворимость, токсичность, реакционная способность и другие. Так, например, в ходе исследований было установлено, что при включении молекул ацетилсалициловой кислоты во внутреннюю полость циклодекстрина глубокого ацилирования не происходит [29].

В супрамолекулярных ансамблях выделяют разные типы взаимодействий: координационные взаимодействия, электростатические силы, ван-дер-ваальсовы взаимодействия, водородные связи. В целом, межмолекулярные взаимодействия соединений включений менее термодинамически стабильны, более лабильны кинетически и более гибки динамически, чем связи в истинных химических соединениях [27]. Чаще всего между гостем и хозяином имеются только ван-дер-ваальсовы взаимодействия. В таком случае термодинамическая устойчивость соединений включений будет обеспечиваться благоприятной геометрией расположения молекулы гостя внутри молекулярной полости хозяина. В результате этого слабые межмолекулярные взаимодействия приводят к выигрышу энергии по сравнению с энергией исходных компонентов, находящихся в свободном состоянии [19].

Все супрамолекулярные структуры имеют общие свойства:

1. молекулы-хозяева имеют несколько центров связывания (например, за счет наличия неподеленных электронных пар на атомах кислорода);

2. молекулы хозяина и гостя должны быть комплементарны друг другу, то есть размеры молекулы гостя не могут превышать диаметр внутренней полости молекулы хозяина;

3. комплексы, которые имеют большее число связей между хозяином и гостем обладают более высокой структурной организацией и устойчивостью.

Соединения «хозяева» подразделяются на два класса: кавитанды и клатранды. Кавитанды – хозяева, имеющие внутримолекулярную полость, за счет чего включение гостя является их собственным молекулярным свойством. Соединения «хозяин-гость», которые были образованы кавитандом, получили название кавитатов. Такие соединения устойчивы как в растворе, так и в кристаллическом состоянии. Клатранды – хозяева, имеющие молекулярные полости, которые представляют собой зазор между несколькими молекулами-хозяевами. Агрегаты «хозяин-гость», образованные клатрандом, получили название – клатраты. Такие комплексы являются устойчивыми только в том случае, если они находятся в кристаллическом состоянии. При дальнейшей классификации соединений-хозяев нужно учитывать силы взаимодействия между «хозяином» и «гостем». Если агрегат «хозяин-гость» связан преимущественно электростатическими силами (диполь-дипольное, ион-дипольное взаимодействие, водородные связи и т.д.), то его принято называть «комплексом». Для структур, удерживаемых более слабыми взаимодействиями (гидрофобными, ван-дер-ваальсовыми или эффектами плотной упаковки), наиболее принято употреблять термины «кавитаты» и «клатраты» (таблица 1) [39].

**Классификация соединений хозяин-гость для нейтральных хозяев [39]**

Хозяин	Гость	Взаимодействие	Класс
Краун-эфир	Катион металла	Ион-дипольное	Комплекс
Сферанд	Катион алкиламмония	Водородные связи	Комплекс
Циклодекстрин	Органическая молекула	Гидрофобное/ ван-дер- ваальсово	Кавитат
Вода	Органическая молекула, галоген	Ван-дер-ваальсово/ кристаллическая упаковка	Клатрат
Каликсарен	Органическая молекула	Ван-дер-ваальсово/ кристаллическая упаковка	Кавитат
Циклотривера- трилен	Органическая молекула	Ван-дер-ваальсово/ кристаллическая упаковка	Клатрат

При отсутствии химического взаимодействия между компонентами устойчивость клатратных соединений обеспечивается за счет благоприятной пространственной комплементарности гостя и хозяина [18]. Внутри этой классификации соединений, относящихся к типу «хозяин-гость», существует множество промежуточных стадий, и точная классификация конкретного соединения часто бывает весьма спорной.

## 1.2. Получение и применение клатратных соединений

Образование клатратных комплексов происходит за счет связывания атомно-молекулярных частиц в надмолекулярные структуры посредством химических или физических взаимодействий [5]. Для получения клатратных соединений существует множество различных способов, отличающихся друг от друга по своей сложности. Выбор того или иного метода будет зависеть от структуры и химической природы, как «гостя», так и «хозяина». Молекула гостя узнает хозяина по таким характеристикам как размер, форма, конформация, хиральность, заряд, полярность, липо- и

гидрофильность. Этот процесс описывают термином «молекулярное распознавание», введенным в 1894 году Э. Фишером [42].

Клатратные соединения можно получить в водных и неводных растворах, расплавах, в твердой и газовой фазе [37]. Для образования соединений включений необходимо, чтобы выполнялись два условия. Во-первых, между молекулами должно существовать какое-либо взаимодействие. Во-вторых, молекулы, участвующие в образовании супрамолекулярной системы должны иметь возможность перемещаться в пространстве. Первое условие определяет структуру и стабильность образующегося супрамолекулярного соединения, а второе — возможность образования этого соединения [1]. При отсутствии химического взаимодействия между компонентами устойчивость клатратных соединений обеспечивается за счет благоприятной пространственной комплементарности гостя и хозяина [31].

Образование супрамолекулярных систем представляет собой самопроизвольный процесс, протекающий в результате смешения двух растворов, компоненты которых самоорганизуются в комплексы с определенной архитектурой. Примером может служить образование катиона металла с краун-эфиром, протекающее в органическом растворителе [42]. В гетерогенных системах образование клатратных комплексов протекает при наличии поверхностной диффузии. В твердых телах также возможно образование соединений включений, но лишь при условии наличия в твердом теле свободного объема или при пластической деформации твердого тела. Создание металлокомплексных катализаторов предполагает использование специально синтезированных лигандов, которые обеспечивают высокую скорость и избирательность протекающих процессов за счет электронных и пространственных факторов [25].

При введении молекул хозяина в реакционную смесь, образование соединений включений может происходить с реагентами, продуктами реакций, а также молекулами растворителя, что может значительно влиять

на направление химической реакции [10]. Для комплексообразования участие растворителя является необходимым условием. Однако, если в конечном результате необходимо получение комплекса без растворителя, то он должен легко удаляться «гостем» [4]. При синтезе супрамолекулярных комплексов может использоваться не только метод замещения гостем молекул растворителя во внутренней полости молекул хозяев, но и замещение другого, ранее включенного гостя [37]. Возможность такого замещения определяется стабильностью образующегося клатратного соединения.

Связывание молекул в супрамолекулярные системы происходит за счет сил межмолекулярного взаимодействия, который также задают этой системе определенное стереостроение. Супрамолекулы представляют собой «нежесткие структуры», имеющие множество различных конформационных состояний с низкими барьерами переходов между ними [1]. Изменения в строении этих систем влекут за собой изменение спектрохимических и фотохимических характеристик.

В некоторых случаях для образования соединения включения необходимо протекание химической реакции. Так происходит образование комплексов, в составе которых имеются полипиридиниевые лиганды и дву- или трехвалентный катион рутения (рис. 1) [42].

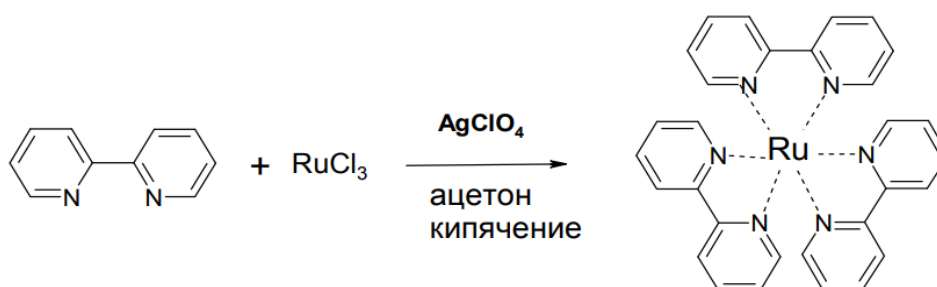


Рис. 1. Реакция образования полипиридиниевого комплекса Ru(III)

Основное условие, которое необходимо для образования устойчивого супрамолекулярного комплекса — это наиболее полное совпадение размеров внутренней полости молекулы «хозяина» и молекулярных

размеров «гостя». В случае, если размер молекулы гостя больше, чем размер внутренней полости хозяина, то клатратообразование не происходит. Если же размеры «гостя» слишком малы, то такой комплекс будет очень не устойчив, так как он сможет закрепиться во внутренней полости «хозяина» только при высоком давлении.

Конструирование супрамолекулярных ансамблей связано с осуществлением суммарных взаимодействий. Таким образом, может образоваться устойчивый комплекс даже за счет различных слабых нековалентных взаимодействий между молекулами. Во многих соединениях значение энергии связывания в комплексе превышает суммарную энергию взаимодействий между молекулами. В таком случае принято говорить об эффекте множественности, который основан на хелатном и макроциклическом эффектах.

Силы притяжения, действующие между любой парой электрически нейтральных атомов или молекул, получили название силы Ван-дер-Ваальса. Часто в образовании супрамолекулярных систем принимают участие водородные связи. Особенность такого типа связи – направленность и насыщаемость. Это приводит к тому, что молекулы, связанные за счет водородных связей, формируют супрамолекулы одинакового стереостроения. В ряде случаев важную роль в образовании супрамолекулярных систем играют гидрофобные взаимодействия. Именно благодаря такому типу взаимодействий образуются супрамолекулярные ансамбли циклодекстрина и кукурбитурилы. Но чаще всего, межмолекулярные взаимодействия в супрамолекулярной системе, обеспечивающие образование супрамолекулярных систем, являются комбинацией нескольких типов взаимодействий [1].

Важную роль в процессе образования супрамолекулярных ансамблей является расположение центров связывания в молекуле хозяина таким образом, чтобы обеспечить их взаимодействие с молекулами гостя. При этом конформация молекулы хозяина должна способствовать связыванию.

Если эти требования удовлетворяются, то можно говорить о комплементарности хозяина к гостю. В случае если хозяин не комплементарен гостю, то на первом этапе происходит его активация, при этом изменяется конформация молекулы хозяина. Такой процесс энергетически невыгоден, так как хозяин должен оставаться в такой конформации все время существования комплекса, следовательно, эта энергия никогда не компенсируется. На втором этапе происходит собственно образование комплекса «хозяин-гость». Этот процесс энергетически выгоден, так как при этом происходит взаимодействие между комплементарными центрами хозяина и гостя. Исходя из этого, полную свободную энергию комплексообразования можно выразить как разность между энергией, затраченной на реорганизацию молекулы хозяина, и энергией, выделившейся при связывании [39].

Сродство гостя к данному хозяину оценивают с помощью константы связывания, которая представляет собой константу равновесия для процесса связывания  $\text{Хозяин} + \text{Гость} \leftrightarrow (\text{Хозяин} * \text{Гость})$ :

$$K = [\text{Хозяин} * \text{Гость}] / [\text{Хозяин}][\text{Гость}]. [39]$$

Значение сродства гостя и хозяина очень велико. Например, транспортный белок крови — гемоглобин — тонко настроен на селективное поглощение кислорода, что обеспечивает бесперебойность процесса доставки кислорода по организму.

Таким образом, важную роль в процессе образования соединений включений играют следующие факторы:

1. пространственная комплементарность (возможность гостя подойти к хозяину);
2. комплементарность в осуществлении взаимодействия между хозяином и гостем (взаимодействие донора с акцептором, диполя — с диполем);
3. стабильность образующегося соединения включения;
4. эффект растворителя (при взаимодействии со средой связи между

хозяином и гостем не должны разрушаться).

В ходе многочисленных исследований было выявлено влияние природы растворителя, особенностей строения молекул хозяина и гостя на возможность выделения комплексов в индивидуальном виде [36, 12].

В процессе комплексообразования меняются многие исходные физические и химические свойства включаемых соединений. Например, многие нерастворимые в воде вещества, приобретают большую растворимость, становятся более стабильными в процессах окисления и гидролиза, меняют вкус, цвет и запах. Из жидкостей и некоторых благородных газов могут быть получены порошкообразные соединения, из маслообразных веществ — полностью растворимые в воде препараты.

В настоящее время химия супрамолекулярных ансамблей масштабно развивается. Это объясняется широким применением клатратных соединений в сорбции и селективном катализе. Супрамолекулярные системы также являются перспективными кандидатами для захоронения радиоактивных отходов. Наличие у рецептора функциональных групп, помимо центров распознавания и связывания, позволяет ему выступать в роли носителя и направленно транспортировать связанный субстрат в определенные области организма. Эта особенность лежит в основе использования супрамолекулярных систем для разработки лекарственных препаратов нового поколения [48].

Супрамолекулярные системы широко используются для моделирования биологических процессов. В этой области выделяют следующие основные направления:

- разработка методов определения аминов, карбоновых кислот, аминокислот и пептидов;
- разработка флуоресцентных меток, других типов маркеров для ДНК;
- создание аналогов гема;
- искусственные каталитические системы;



- разработка моделей для изучения мембранного транспорта [42].

Концепции супрамолекулярной химии могут быть применены для анализа стереомерной чистоты аминов и аминокислот. Данный анализ проводится в фармакологии для определения активности препаратов, так как D и L формы имеют различную фармакологическую активность. При добавлении краун-эфиров, стереоизомеры разделяются на отдельные компоненты.

В супрамолекулярной химии для создания искусственных каталитических систем используют закономерности ферментативного катализа. В супрамолекулярных системах также возможны процессы распознавания и связывания субстрата, катализируемая реакция, высвобождение продуктов, а также восстановление катализатора [42].

Клатраты начинают играть все большую роль в процессах разделения веществ и получения их в очень чистом виде. Широкое применение находят клатраты в промышленности для выделения нормальных парафинов из нефтяных фракций, разделения ароматических углеводородов, осушки газов, опреснения воды и др. Клатраты используются в химическом анализе и для препаративного получения многих чистых веществ и даже для разделения рацематов. Образование клатратов используется в хроматографии, для хранения газов и высокотоксичных веществ, опреснения воды и разделения морских соединений, близких по свойствам, но отличающихся геометрией молекул, например, цис-транс- углеводородов. В последнее время активно исследуется возможность применения клатратов на основе воды и металлоорганических каркасов для аккумуляирования и хранения водорода [2].

В фармацевтической промышленности при производстве новых лекарственных форм широкое распространение получил метод комплексообразования [24].

В настоящее время ведутся разработки молекулярного переключателя

на основе 4,4'-диаминодифенила и 4,4'-дигидроксидифенила, включенных в полиэфирную цепочку. В данной супрамолекулярной системе реализуются две конформации, которые находятся между собой в состоянии подвижного равновесия. Это состояние можно регулировать изменением кислотности среды и внешнего электрохимического потенциала. Многие ученые полагают, что подобные молекулярные устройства в будущем смогут вытеснить доминирующие в настоящее время полупроводниковые технологии [35].

### **1.3. Циклодекстрины, как объекты супрамолекулярной химии**

Циклодекстрины (циклоамилозы, циклополиглюканы, декстрины Шардингера) получили такое название, так как они, как частичные продукты распада крахмала, могут считаться декстринами и при этом имеют кольцевую структуру, то есть являются циклическими соединениями [49]. Само наименование «циклодекстрин» происходит от слова «декстроза» - старинного синонима слова «глюкоза» [39].

Историю циклодекстринов можно разделить на три отдельных этапа. Первый этап охватывает период с 1891 по 1930 гг., в это время произошло открытие циклодекстринов. На втором этапе с 1930 по 1970 гг. происходит активное исследование открытых соединений. В 1953 году был зарегистрирован первый патент с применением циклодекстринов. В 1976 году Япония выпускает на мировой рынок первый комплексный препарат на основе циклодекстринов — Prostarmon. Это событие послужило отправной точкой масштабного промышленного применения циклодекстринов [54].

Первое письменное упоминание о циклодекстринах было опубликовано в статье 1891 г. французского ученого А. Виллерса, где было описано выделение кристаллического вещества из бактериального гидролизата крахмала [55]. Полученное вещество было устойчиво к кислотному гидролизу и не обладало восстановительными свойствами.

Ф. Шардингер продолжил изучение этих соединений и установил, что они могут быть получены из крахмала различного происхождения и их образование связано с деятельностью определенного типа бактерий [49]. Принято считать, что именно Ф. Шардингер и заложил основы химии циклодекстринов.

Циклодекстрины представляют собой природные циклические олигосахариды, включающие обычно от шести до восьми D-глюкопиранозных единиц, соединенных 1,4-глюкозидными связями. Циклодекстрины полностью насыщены, и их жесткость обеспечивается внутримолекулярными водородными связями и радиусом кривизны их полости.

Циклодекстрины получают путём ферментативного гидролиза крахмала. Для этой цели используется штамм *Bacillus sp.* [3]. Как известно, в результате фотосинтеза в растениях образуются крахмал и целлюлоза. Крахмал включает в себя два полимера глюкозы: амилоза (линейный, состоящий из нескольких сотен остатков D-глюкопиранозида) и амилопектин (разветвленный). Гидролитическое разложение крахмала под действием ферментов ведет к образованию декстринов, в результате гидролиза глюкозидных связей. При разложении декстрина ферментом глюкозилтрансферазой, то линейный олигосахарид, образующийся за счет расщепления цепи, подвергается внутримолекулярной циклизации без участия воды. При этом образуется циклодекстрин [39]. В промышленности чистота производимого циклодекстрина обычно превышает 99%.

В промышленном масштабе используется неконтролируемый и контролируемый технологические подходы к получению циклодекстринов. В ходе неконтролируемого процесса в биохимический реактор вводится лишь ЦГТаза и раствор крахмала. А при контролируемом подходе в реакционную смесь добавляется еще и комплексообразователь — органическое или неорганическое соединение, образующее комплекс

включения с одним из циклических гомологов, в результате чего возрастает его выход [14]. Основное производство циклодекстринов сосредоточено в Японии, хотя технологиями по получению этих продуктов обладают также фармацевтические фирмы Венгрии, Франции, Бельгии и США [15].

Три наиболее важных представителя циклодекстринов –  $\alpha$ -циклодекстрин,  $\beta$ -циклодекстрин и  $\gamma$ -циклодекстрин, содержащие соответственно шесть, семь и восемь глюкопиранозидных единиц (рис. 2). Именно эти три представителя циклодекстринов являются наиболее широко распространенными и исследованными. Циклодекстрины, в составе которых содержится менее шести глюкопиранозидных единиц, изучены мало, так как они являются неустойчивыми в силу высокой напряженности образующихся циклов. Циклодекстрины, содержащие более восьми глюкозидных звеньев, также плохо изучены, так как являются труднодоступными [9].

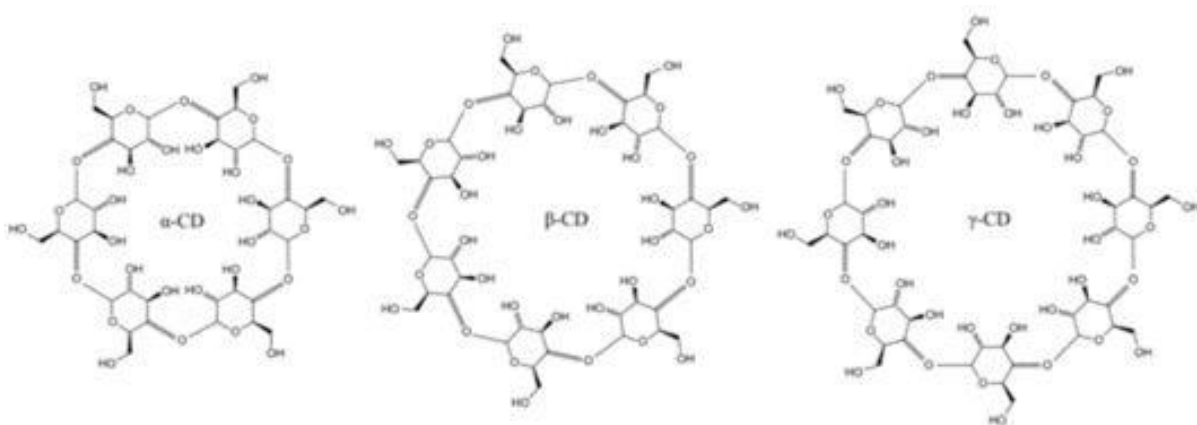


Рис. 2. Важнейшие представители циклодекстринов

Форма циклодекстрина представляет собой тор, который также напоминает полый усеченный конус, имеющий две различные торцевые поверхности: узкая и широкая (Рис.3). Данная форма стабилизирована водородными связями между гидроксильными группами, а также  $\alpha$ -D-1,4-гликозидными связями. Узкая поверхность включает в себя первичные гидроксильные группы. Более широкая поверхность содержит группы СНОН [39]. Так как все гидроксильные группы в молекулах

циклодекстрина находятся на внешней поверхности, то внутренняя полость является гидрофобной, что делает ее способной к включению молекул «гостей» за счет гидрофобных взаимодействий.

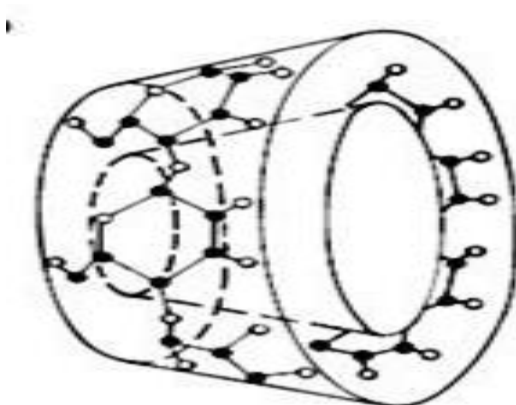


Рис. 3. Строение циклодекстринов

Таким образом, по своей природе циклодекстрины гидрофобны «внутри» и гидрофильны по «краям», что способствует образованию прочных комплексов включения с «гостями» (Рис. 4.) [26]. Благодаря своей уникальной структуре, они способны формировать клатратные комплексы с органическими, неорганическими, металлоорганическими и другими типами молекул [43].

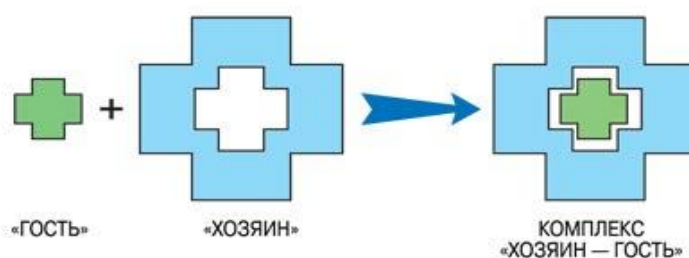


Рис. 4. Механизм образования клатратных соединений циклодекстринов

Молекулы циклодекстринов рассматривают также в качестве моделей центров связывания ферментов и веществ – каналобразователей, избирательность комплексообразования которых определяет многие каталитические и биохимические процессы [33].

Свойства циклодекстринов относительно равномерно изменяются от

$\alpha$ - до  $\gamma$ -циклодекстрина, хотя характеристики циклодекстринов, содержащих большее количество глюкопиранозных звеньев отклоняются от этого ряда, так как их жесткость значительно ниже, чем у представителей этого семейства меньших размеров, вследствие чего они проявляют меньшую способность к клатратообразованию. Важнейшие функциональные свойства циклодекстринов наряду с размерами их полостей приведены в таблице 2 [39].

Таблица 2

### Характеристика основных представителей циклодекстринов

Свойства	$\alpha$ - циклодекстрин	$\beta$ - циклодекстрин	$\gamma$ - циклодекстрин
Число остатков глюкозы	6	7	8
Молекулярный вес, Да	972,85	1134,99	1297,14
Внешний диаметр тора, Å	13,7	15,3	16,9
Внутренний диаметр полости тора, Å	5,2	6,6	8,4
Высота тора, Å	7,8	7,8	7,8
Объем внутренней полости, Å	174	262	472
Физический объём полости в навеске 1г ЦД, мл	0,1	0,14	0,2
Частичный молярный объём в растворах, мл*моль	611,4	703,8	801,2
Растворимость в воде при 25 °С, г/100 мл	14,5	1,85	23,2
Температура разложения, °С	278	299	267

Из таблицы 2 видно, что по сравнению с  $\alpha$ - и  $\gamma$ - циклодекстринами,  $\beta$ -циклодекстрин довольно плохо растворяется в воде. Это объясняют, как термодинамическими особенностями растворения, так и тем, что агрегаты, в виде которых циклодекстрины находятся в растворе, в случае  $\beta$ -циклодекстринов плохо «встраиваются» в трехмерную структуру водородных связей воды [9].

Такие сильные электрофилы, хлорангидриды карбоновых кислот

способны вступать в реакцию с гидроксильными группами циклодекстрина, в результате чего образуются соответствующие эфиры, в результате чего может происходить модификация внутренней полости циклодекстринов [11].

Многие свойства циклодекстринов, такие как, растворимость в воде и органических растворителях, способность к образованию соединений включений, могут быть направленно изменены путем селективной модификации их молекул.

Однако, несмотря на хорошо разработанные методики синтеза применительно к моносахаридам и линейным олигосахаридам, простой перенос этой техники на циклодекстрины оказался невозможен из-за наличия большого количества близких по реакционной способности пространственно сближенных гидроксильных групп, а также из-за наличия внутренней полости, обладающей склонностью к образованию соединений включения с растворителем и реагентами. Поэтому, несмотря на обилие работ по синтезу производных циклодекстринов, общие возможности и закономерности их функционализации исследованы ограниченно даже для относительно простых реакций [20].

Для повышения растворимости исходных нативных циклодекстринов их модифицируют путем гидроксиалкилирования, алкилирования и сульфоалкилирования [6].

Молекулы циклодекстринов имеют гидрофильную внешнюю поверхность и сквозную внутреннюю гидрофобную полость. Эта полость по размерам сопоставима с размерами молекул многих органических и неорганических соединений. Это обеспечивает способность циклодекстрина связывать молекулы «гостя» посредством гидрофобных взаимодействий [23].

Внутренняя полость молекул циклодекстринов недостаточно велика для полного их самовключения, однако, хорошо подходит для включения менее крупных молекул или их частей [8]. Циклодекстрины способны

образовывать соединения типа «хозяин-гость» с различными веществами – от малых молекул газов до относительно больших молекул органических красителей и стероидов. При образовании супрамолекулярных ансамблей молекула циклодекстрина практически не изменяет форму и размеры внутренней полости, за исключением незначительной деформации. Однако, при образовании клатратных соединений могут изменяться физические и химические свойства включаемых молекул. Например, благодаря образованию клатратов с циклодекстринами возможно увеличение растворимости трудно растворимых веществ и стабилизация соединений, чувствительных к действию света, тепла или кислорода воздуха [23].

При получении препаратов на основе  $\beta$ -циклодекстрина технологически важной задачей является получение супрамолекулярного ансамбля, с максимальным содержанием «гостя». Большое разнообразие соединений, способных выступать в роли «гостя» не позволяет выделить универсальный способ для приготовления клатратов с ними. Приготовление клатратных комплексов на основе  $\beta$ -циклодекстрина с каждым отдельным «гостем» требует выбора индивидуального способа получения, оптимизации условий, а также соотношений реагентов [53]. Различные способы приготовления приводят к образованию продуктов различного состава, структуры и, соответственно, свойств. Способы приготовления клатратов  $\beta$ -циклодекстрина можно классифицировать по фазовому состоянию исходных веществ [8].

Первым способом является получение комплексов из растворов, в которых находятся «гость» и «хозяин». Преимуществом данного метода является низкое содержание в продукте свободных «хозяина» и «гостя» в виде отдельных фаз. Недостаток такого метода заключается в необходимости использования крупных резервуаров и большого количества воды, так как  $\beta$ -циклодекстрин имеет достаточно низкую растворимость в воде.



Второй способ – получение соединений включений при условии, что циклодекстрин находится в растворенном виде, а молекулы «гостя» - в твердой фазе. В данном случае происходит образование суспензий «гостя» с последующим связыванием растворенным «хозяином». Минусом данного способа, как и в предыдущем случае, является необходимость использования крупных резервуаров и большого количества воды. Данный метод не получил широкого практического применения.

При следующем способе «гость» находится в жидкой фазе, а циклодекстрин – в твердой. При этом подразумевается некоторый пороговый уровень гидратации «хозяина». То есть молекулы «гостя» вытесняют молекулы воды из внутренней полости циклодекстрина. Вытесненная в ходе данного процесса вода, приводит к образованию раствора циклодекстрина, и дальнейший процесс связывания протекает фактически в жидкой фазе. В данном случае в качестве «гостя» чаще всего выступают метиловый или этиловый спирт, а также совместное наличие этих спиртов.

Ещё одним способом приготовления клатратов циклодекстринов, согласно классификации по исходному фазовому состоянию «хозяина» и «гостя», является смешивание твёрдых циклодекстрина и «гостя». В этом случае производят перемешивание и/или запекание кашиц или паст, содержащих твёрдые «гость» и «хозяин», а также небольшое количество воды. Добавление воды является необходимым для получения клатратов с большинством «гостей», так как сухой  $\beta$ -циклодекстрин, не содержащий кристаллической воды, способен связывать лишь молекулы не крупнее ацетона. Данный способ требует существенно меньшего количества воды, чем соосаждение, поэтому более привлекателен для крупных промышленных производств.

Главными движущими силами комплексообразования в водном растворе предполагаются гидрофобный эффект и уход «высокоэнергетической» воды из полости циклодекстрина. Гидрофобный

эффект связан с переносом гидрофобных «гостей» из водного раствора во внутреннюю гидрофобную полость циклодекстрина. Высокие константы устойчивости комплексов циклодекстринов с гидрофобными «гостями» в концентрационной шкале в основном обусловлены низкой растворимостью гидрофобных соединений в воде. При этом, лишь небольшая часть энергии Гиббса образования комплекса вызвана включением «гостя» в полость циклодекстрина [8].

Уход «высокоэнергетической» воды из внутренней полости  $\beta$ -циклодекстрина рассматривается в качестве одной из значимых движущих сил при комплексообразовании с участием циклодекстринов. Согласно литературным источникам, вода, находящаяся во внутренней полости циклодекстрина считается «энтальпийно насыщенной», и её уход даёт энергетический выигрыш [8].

Обычно взаимодействие циклодекстрина с неполярной молекулой-гостем приводит к образованию молекулярных соединений включений состава 1:1. Включение представляет собой термодинамически равновесный процесс, характеризующийся константой связывания  $K$ :

$$K = \frac{[CD * G]}{[CD] * [G]}$$

Обычны также равновесные процессы более высокого порядка, в которых входит образование комплексов 1:2 или кратных агрегатов с участием более одного циклодекстрина, часто существующих одновременно [39]. Движущую силу включения гостя определяют следующие факторы: стерическое соответствие, высвобождение высокоэнергетической воды, гидрофобные эффекты, взаимодействия Ван-дер-Ваальса, дисперсионные силы, диполь-дипольные взаимодействия, взаимодействия с переносом заряда, электростатические взаимодействия, водородные связи.

В настоящее время циклодекстрины и их многочисленные производные широко применяются в различных отраслях науки: в химии, медицине и в разнообразных междисциплинарных прикладных

направлениях. Инкапсуляции ароматизаторов в циклодекстрины является важным процессом, который помогает защитить хрупкие молекулы, гарантировать контролируемого высвобождения, уменьшить неустойчивость, а также повысить растворимость, растворение, и биодоступность. Поэтому макромолекулы циклодекстринов широко используются для инкапсуляции соединений, обладающих вкусом и ароматом, в пищевой и фармацевтической продукции. Циклодекстрины нашли применение в косметике и в производстве средств бытовой химии (в растворах глазных капель, в качестве композиций для стабилизации вкусов и ароматов или, напротив, для ликвидации неприятных вкусов, ароматов, продуктов для доставки аромат или для контроля запаха в парфюмерии, или в качестве добавки к моющим средствам).

Циклодекстрины также чрезвычайно важны как имитаторы ферментов. Одно из главных их преимуществ – абсолютная нетактичность в широком диапазоне дозировки [28].

Благодаря своим уникальным свойствам циклодекстрины получили широкое применение в пищевых технологиях, фармацевтике, косметике, биотехнологии, аналитической химии, имеют хорошие перспективы использования в текстильной промышленности, в процессах очистки воды и даже в добыче нефти.  $\beta$ -циклодекстрин зарегистрирован в качестве пищевой добавки E459. В настоящее время циклодекстрины доступны по низким ценам, их мировое производство оценивается в объёмах десятков тысяч тонн. Благодаря своей способности абсорбировать этиловый спирт (до 60% от собственной массы), циклодекстрины используют как основу для создания порошкообразных растворимых алкогольных напитков.

Использование циклодекстринов при обогащении пищевых продуктов направлено, главным образом, на повышение качества получаемой продукции. Комплексообразование циклодекстринами дорогих душистых масел и специй, приготовленных из яблок, цитрусовых, корицы, чеснока, имбиря, мяты и тимьяна, значительно уменьшает их количества,

необходимые для достижения запаха определенной силы при добавлении к пище. Комплексообразование делает такие ароматизаторы более устойчивыми к процессам окисления, фотохимической деструкции, термическому разложению, а также уменьшает их летучесть [28]. Большой интерес представляют соединения включения циклодекстринов с витаминами. Клатратные комплексы с циклодекстринами повышают термическую устойчивость и биодоступность витаминов [26].

Для синтеза фрагментов, близких по структуре и природе к липидной матрице в клеточной мембране, были получены первые представители нового класса амфифильных циклодекстринов - фосфолипидоциклодекстрины [13].

Использование циклодекстринов при обогащении продуктов питания витаминами и другими биологически активными веществами направлено в первую очередь на повышение качества получаемых продуктов и их функциональности [47]. Циклодекстрины могут служить защитными агентами, которые предотвращают преждевременный метаболизм лекарственных препаратов. Они способны изменять особенности их биологического транспорта, увеличивая специфичность попадания к мишени. Увеличивая растворимость слаборастворимых лекарств, циклодекстрины исключают необходимость их химического модифицирования. Также известно, что клатратные соединения с циклодекстринами уменьшают местное раздражение или повреждения, вызванные лекарствами, и маскируют неприятные или горькие привкусы [28]. Циклодекстрины способны к образованию супрамолекулярных комплексов с такими лекарственными препаратами, как «Ибупрофен» (2-(4-изобутилфенил)пропионовая кислота), «Кетопрофен» (2-(3-бензоилфенил)пропионовая кислота), «Напроксен» (2-(6-метоксинафталин-2-ил)пропионовая кислота) и др. [54]. Известный противоопухолевый препарат – доксорубицин, будучи в свободном виде очень токсичным не только для больных клеток, но и здоровых, в комплексе с

циклодекстринами проявляет существенно меньшую токсичность [44]. Аналогичным образом циклодекстрин действует на цитизин [32].

Было показано, что флурбипрофен в комплексах с  $\beta$ - и  $\gamma$ -циклодекстринами имеет более высокую растворимость и проницаемость. А при использовании его в послеоперационном периоде экстракции катаракты ингибирует повышение проницаемости барьера «кровь — глазная жидкость» [31]. Циклодекстрины в медицине широко используют также в качестве стабилизаторов лекарственных препаратов, ограниченно растворимых в воде [40]. При этом тип циклодекстрина определяет степень модификации свойств включаемого вещества [38].

Не менее важной областью применения циклодекстринов является аналитическая химия, где они снова выполняют роль комплексообразователей для изучаемых гостей-аналитов. Наличие циклодекстринов может повысить эффективность разделения и скорость анализа, а также привести к разделению родственных соединений и изомеров [28]. Циклодекстрины широко используются в качестве хиральных селекторов в высокоэффективной жидкостной хроматографии и капиллярном электрофорезе [51].

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования возможности комплексообразования циклодекстрина с ароматическими системами проводились фотометрическим методом. Оптические методы исследования веществ основаны на их способности порождать оптическое излучение или взаимодействовать с ним. Фотометрический анализ – один из самых старых и распространенных физико-химических методов, для него требуется относительно простое оборудование, в то же время он характеризуется высокой чувствительностью и возможностью определения большого количества органических веществ [17]. Метод основан на соблюдении законов Бугера и Ламберта – Бера, согласно которым оптическая плотность окрашенных растворов прямо пропорциональна толщине оптического слоя и концентрации раствора. Эта зависимость выражается в виде уравнения Бугера – Ламберта – Бера:

$$D = \epsilon l c,$$

где  $D$  – оптическая плотность раствора,  $\epsilon$  – удельный коэффициент светопоглощения, характеризующий природу вещества,  $l$  – толщина оптического слоя,  $c$  – концентрация вещества в растворе.

При сохранении первых двух показателей и изменении третьего, строится градуировочный график зависимости оптической плотности от концентрации растворенного вещества. По данному графику путем измерения оптической плотности можно определить концентрацию неизвестного раствора [17].

### 2.1. Методика определения связывания фенолфталеина $\beta$ -циклодекстрином

Фенолфталеин (4,4'-диоксифталофенон) представляет собой трифенилметановый краситель, использующийся в качестве индикатора

для определения реакции среды. Переход окраски обусловлен изменением структуры молекулы фенолфталеина в избытке гидроксид-анионов (рис. 5).

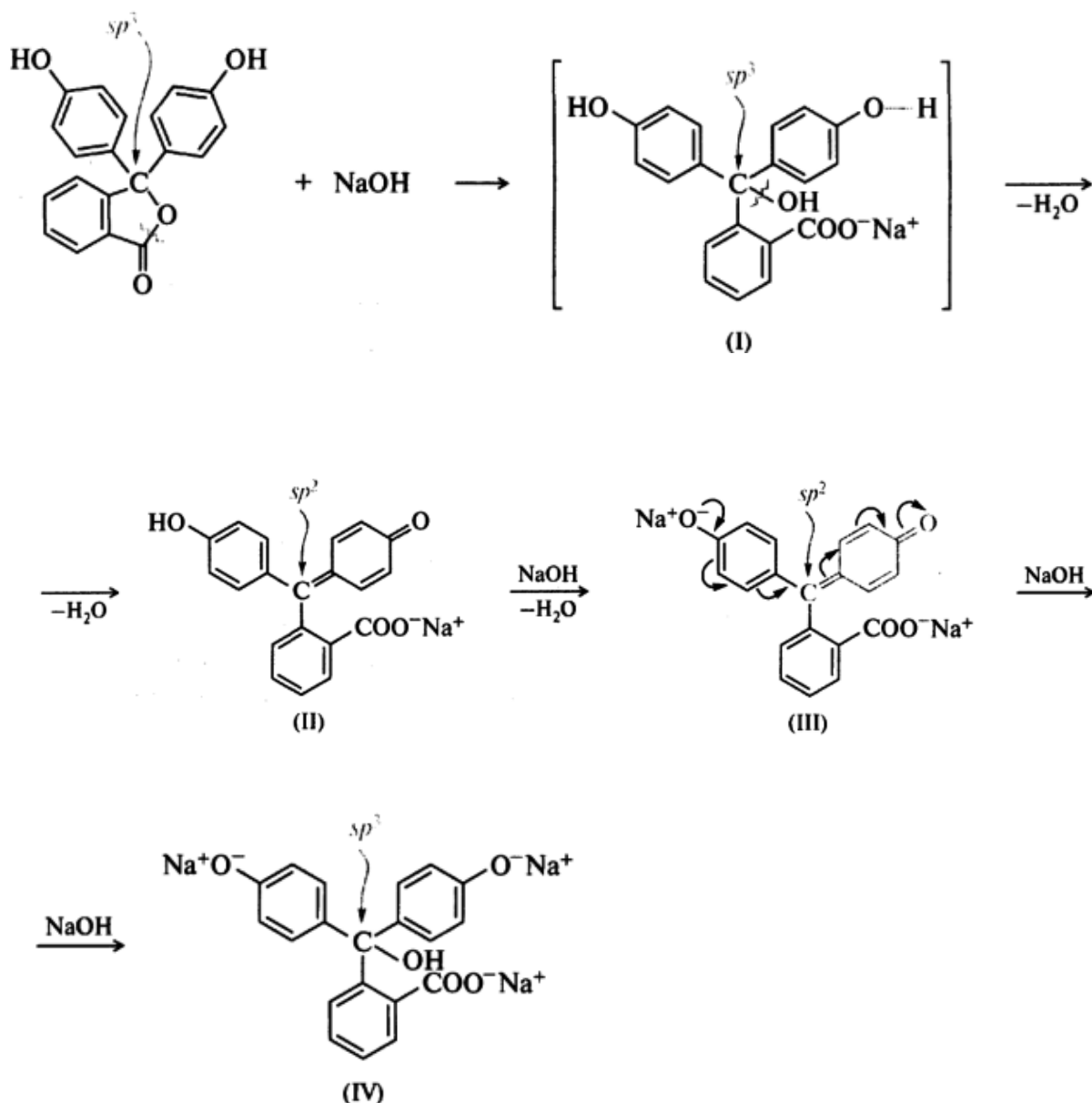


Рис.5. Изменение структуры фенолфталеина в различных средах

Метод основан на переходе фенолфталеина в щелочной среде в форму, дающую раствору малиновую окраску. При постоянной концентрации щелочи интенсивность окраски раствора находится в прямо пропорциональной зависимости от концентрации фенолфталеина.

**Оборудование:** 6 мерных колб на 50 мл, мерные пипетки на 1 мл; 2 мерные колбы на 1 л, мерная колба на 100 мл, кюветы (толщиной 3 см), фотоколориметр.

*Реактивы:*  $\beta$ -циклодекстрин; 0,1н раствор гидроксида натрия, фенолфталеин, этиловый спирт (96%).

*Ход работы:*

### 1. Приготовление растворов.

Готовим стандартный рабочий раствор фенолфталеина. Для этого на весах взвешиваем 1 г фенолфталеина и помещаем его в мерную колбу на 100 мл. Растворяем в небольшом количестве этилового спирта. Доводим спиртом до метки. Получаем спиртовой раствор фенолфталеина с концентрацией 1 мг/мл.

Для приготовления стандартного рабочего раствора циклодекстрина на технических весах навешиваем 3,6 г  $\beta$ -циклодекстрина, помещаем в мерную колбу ёмкостью 1 л, растворяем в небольшом количестве дистиллированной воды и доводим до метки. Получаем водный раствор  $\beta$ -циклодекстрина с концентрацией 3 ммоль/л.

Раствор гидроксида натрия с концентрацией 0,1 моль/л готовим в колбе ёмкостью 1 л из фиксаля разбавлением дистиллированной водой.

### 2. Построение градуировочного графика.

Для построения калибровочного графика в 6 мерных колб объёмом 50 мл помещаем соответственно 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 и 0,5 мл стандартного спиртового раствора фенолфталеина. В каждую колбу прилить по 1 мл 0,1н раствора NaOH и довести дистиллированной водой до метки. Измерить оптическую плотность полученных растворов при длине волны 500 нм и толщине слоя 3 см. По полученным данным построить калибровочный график, отражающий зависимость оптической плотности раствора от концентрации фенолфталеина.

### 3. Исследование возможности комплексообразования.

Для определения способности  $\beta$ -циклодекстрина связывать молекулы фенолфталеина в 6 мерных колб объёмом 50 мл помещаем соответственно 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 мл стандартного рабочего раствора фенолфталеина. В каждую колбу приливаем 0,1 мл стандартного рабочего раствора



циклодекстрина, перемешиваем и оставляем на 10 мин (для процесса комплексообразования). По истечении времени добавляем по 1 мл раствора гидроксида натрия и доводим до метки дистиллированной водой. Измеряем оптическую плотность растворов при толщине слоя 3 см и длине волны 500 нм. Аналогичные измерения провести с добавлением 0,2 мл стандартного рабочего раствора циклодекстрина.

#### 4. Определение степени связывания.

По калибровочному графику определяем изменение концентрации фенолфталеина при введении в раствор циклодекстрина. По полученным данным рассчитываем степень связывания.

## 2.2. Методика определения связывания одно- и двухатомных фенолов $\beta$ -циклодекстрином

Фенолы относятся к оксипроизводным ароматического ряда, у которых гидроксильная группа связана непосредственно с ароматическим кольцом. Фенолы занимают особое положение среди оксипроизводных углеводородов. Благодаря сильно выраженному взаимному влиянию гидроксильной группы и фенильного ядра (рис. 6) свойства фенолов значительно отличаются от свойств спиртов [22].

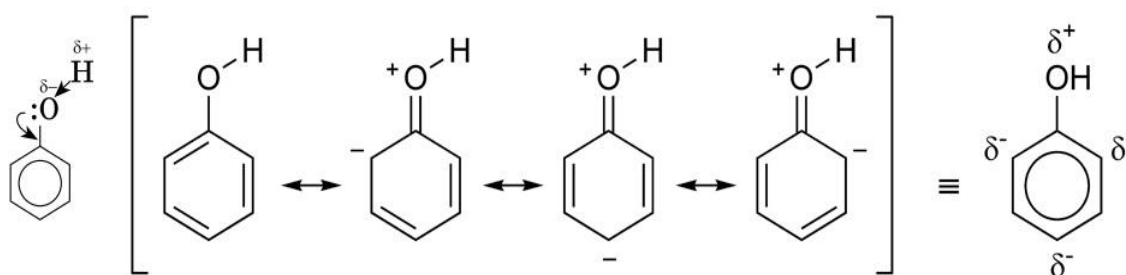


Рис. 6. Предельные резонансные структуры фенола

В зависимости от числа гидроксильных групп в ядре различают одно-, двух- и трехатомные фенолы. Для названия фенолов часто используют тривиальные названия. К двухатомным фенолам относятся пирокатехин (1,2-дигидроксибензол), резорцин (1,3-дигидроксибензол) и гидрохинон (1,4-дигидроксибензол). Благодаря наличию гидрофобного

бензольного кольца фенолы обладают способностью включаться во внутреннюю полость молекул циклодекстринов.

Отличительной особенностью фенолов является способность к образованию окрашенных комплексов в реакциях с хлоридом железа (III) (рис. 7). При этом фенол образует комплекс, сине-фиолетового цвета, пирокатехин – зеленого, резорцин – в фиолетового, гидрохинон – зеленого, очень быстро переходящего в желтый.

Именно на этой реакции основан метод количественного определения одно- и двухатомных фенолов.

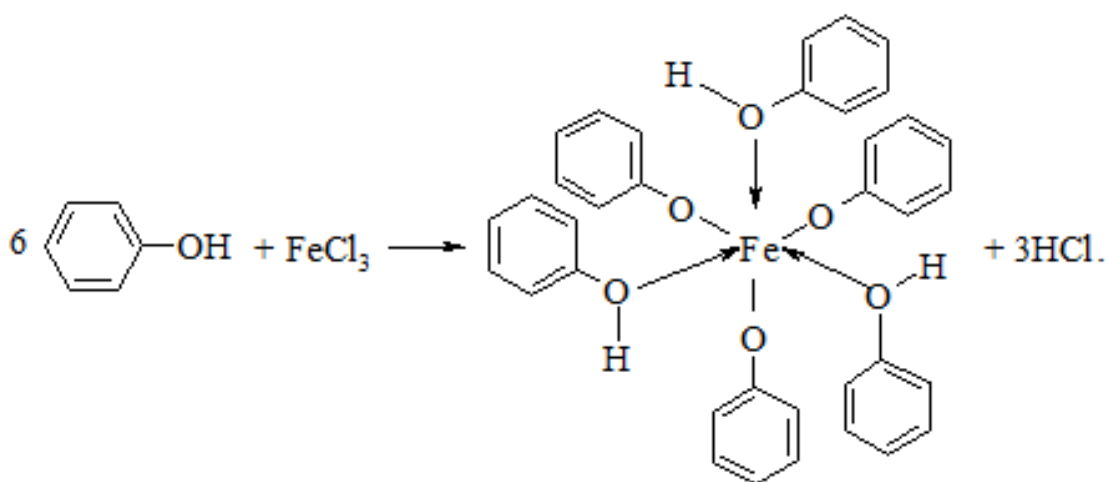


Рис. 7 Образование фенолята железа (III)

*Оборудование:* 5 мерных колб (50 мл); мерная пипетка (5 мл); пипетка Мора (10 мл), технические весы, шпатель, кюветы толщиной 3 см, фотоколориметр.

*Реактивы:* 0,003М раствор  $\beta$ -циклодекстрина, 10% раствор хлорида железа (III), фенол, пирокатехин, резорцин, гидрохинон.

*Ход работы:*

1. Построение градуировочного графика.

Для построения калибровочного графика в 5 мерных колб помещаем соответственно 0; 30; 60; 90; 120 мг фенола. Растворяем в небольшом количестве воды. К каждому раствору приливаем по 0,5 мл 10%-го раствора хлорида железа (III). Доводим дистиллированной водой до метки.

Измеряем оптическую плотность полученных растворов при толщине слоя 3 см и длине волны 500 нм. По полученным данным строим калибровочный график, отражающий зависимость оптической плотности раствора от концентрации фенола.

## 2. Определение способности связывания.

Для определения способности  $\beta$ -циклодекстрина связывать молекулы фенола в 6 мерных колб объёмом 50 мл помещаем соответственно 0; 30; 60; 90; 120 мг фенола, растворяем в небольшом количестве воды, приливаем по 10 мл стандартного рабочего раствора циклодекстрина, перемешиваем и оставляем на 10 мин. Затем к каждому раствору приливаем 0,5 мл 10%-го раствора хлорида железа (III) и доводим до метки дистиллированной водой. Измеряем оптическую плотность полученных растворов при длине волны 500 нм и толщине слоя 3 см. Аналогично проводим измерения при увеличении концентрации циклодекстрина в растворах в 2 раза (при добавлении 20 мл стандартного рабочего раствора  $\beta$ -циклодекстрина).

## 3. Количественная обработка.

По калибровочному графику определяем изменение концентрации фенола при введении в раствор циклодекстрина. По полученным данным рассчитываем степень связывания.

### **2.3. Определение связывания аминокислот $\beta$ -циклодекстрином методом формольного титрования**

Аминокислоты представляют собой производные карбоновых кислот, у которых один из атомов водорода при  $\alpha$ -углеродном атоме заменен на аминогруппу. В водном растворе молекулы аминокислот представляют собой биполярные ионы, несущие положительный заряд на аминогруппе и отрицательный – на карбоксильной (цвиттер-ионная форма) (рис. 8).



Рис. 8. Образование биполярного иона аминокислоты (цвиттер-иона)

Таким образом, растворы аминокислот имеют реакцию среды близкую к нейтральной. Для количественного определения содержания аминокислот в растворе пользуются методом формольного титрования.

Сущность данного метода заключается в том, что аминогруппы при взаимодействии с альдегидом образуют метиленовые производные, в результате чего теряют свои основные свойства (рис. 9).

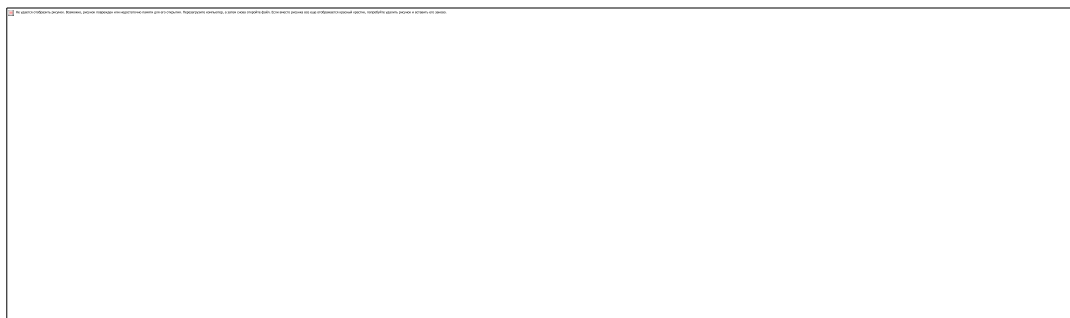


Рис. 9. Формилирование аминокислоты

*Оборудование:* 3 мерные колбы на 100 мл, пипетка Мора на 10 мл, мерные пипетки, груша, конические колбы 250 мл, бюретка, зажим, штатив, весы.

*Реактивы:* раствор  $\beta$ -циклодекстрина (3 ммоль/л), 0,01М раствор гидроксида натрия, спиртовой раствор фенолфталеина, фенилаланин, глицин, 40%-й раствор формалина.

*Ход работы:*

1. Приготовление растворов аминокислот.

В мерную колбу на 100 мл поместить 0,165 г фенилаланина, растворить в небольшом количестве дистиллированной воды. Полученный раствор довести до метки дистиллированной водой, перемешать.

В мерную колбу на 100 мл поместить 0,075 г глицина, растворить в небольшом количестве дистиллированной воды. Полученный раствор довести до метки дистиллированной водой, перемешать.

## 2. Приготовление формольного раствора

В коническую колбу прилить 20 мл 40 % раствора формалина, добавить 3 капли спиртового раствора фенолфталеина. Приливать раствор гидроксида натрия до появления слабо-розовой окраски

## 3. Проведение формольного титрования

Реактивы	Холостая проба	Опытная проба
Р-р аминокислоты	5 мл	5 мл
Формующая смесь	5 мл	5 мл
Дистиллированная вода	16,7 мл	–
Р-р циклодекстрина	–	16,7 мл
Фенолфталеин	3 капли	3 капли

Полученные растворы титровать 0,01М раствором гидроксида натрия до появления слабо-розовой окраски.

## ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОГО СВЯЗЫВАНИЯ ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ

### 3.1. Исследование клатратных соединений $\beta$ -циклодекстрина с фенолом

При проведении исследования способности циклодекстрина к образованию клатратных соединений с фенолом были получены данные, приведенные в таблице 6. На основании этих данных был построен градуировочный график, отражающий зависимость оптической плотности раствора от концентрации фенола, в присутствии хлорида железа (III) (Рис.10).

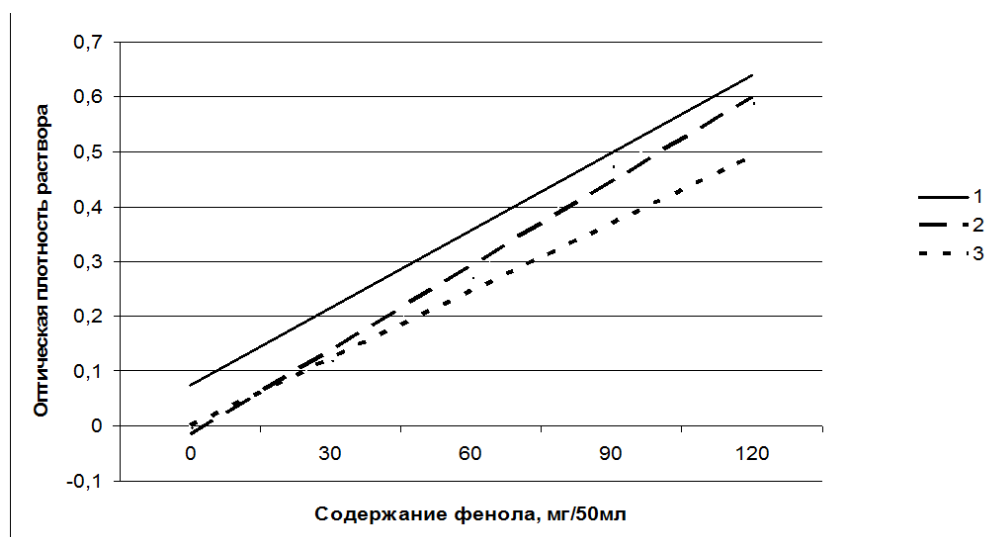


Рис. 10. Зависимость оптической плотности водного раствора фенола с хлоридом железа (III) от концентрации фенола: 1 – в отсутствии циклодекстрина; 2 – по опыту 1; 3 – по опыту 2 ( $\lambda = 500$  нм;  $l = 3$  см)

Из полученных результатов видно, что при добавлении к растворам циклодекстрина, оптическая плотность растворов уменьшается, что свидетельствует об уменьшении концентрации свободного фенола, то есть происходит связывание молекул фенола молекулами циклодекстрина.

По градуировочному графику определяли концентрации свободного

фенола в каждом из растворов. После чего проводились расчеты из которых следует, что при соотношении циклодекстрина : фенол 1:10, 1 молекула циклодекстрина включает 6 молекул фенола. При увеличении концентрации фенола в 2 раза связывание составляет 1:5. При дальнейшем увеличении концентрации фенола в растворе связывание уменьшается более значительно и составляет 1:1.

При увеличении в растворах концентрации циклодекстрина в 2 раза ситуация значительно меняется. И вне зависимости от концентрации добавленного фенола связывание не изменяется и составляет 1:3, другими словами 1 молекула циклодекстрина включает 3 молекулы фенола.

### 3.2. Исследование клатратных соединений $\beta$ -циклодекстрина с двухатомными фенолами

При исследовании способности молекул  $\beta$ -циклодекстрина включать в свою внутреннюю полость молекулы двухатомных фенолов, то есть пирокатехина (1,2-дигидроксибензол), резорцина (1,3-дигидроксибензол) и гидрохинона (1,4-дигидроксибензол) были получены результаты, представленные в таблице 7.

Было установлено, что циклодекстрин не образует клатратных соединений с молекулами гидрохинона, так как оптическая плотность растворов при введении циклодекстрина не изменяется (рис. 11).

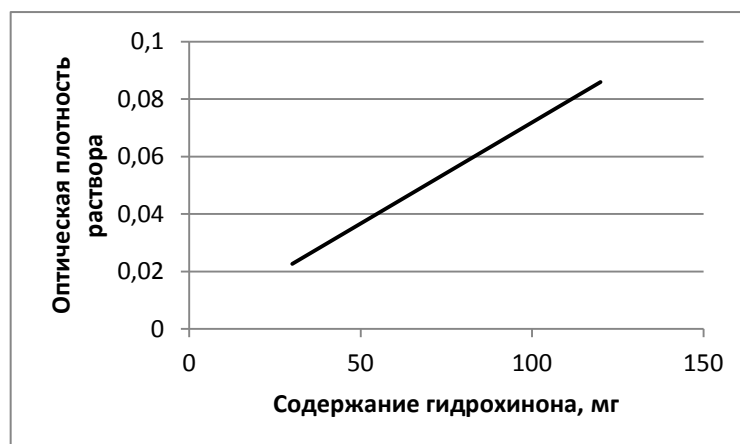


Рис. 11. Зависимость оптической плотности раствора от концентрации гидрохинона, в присутствии хлорида железа (III)

Данное явление обусловлено, скорее всего, тем, что гидроксильные группы в молекуле гидрохинона находятся в пара- положении, вследствие чего, значительно уменьшается его гидрофильность, что препятствует образованию клатратных соединений.

При проведении исследований клатратообразования  $\beta$ -циклодекстрина с резорцином, было установлено, что при малых концентрациях циклодекстрина оптическая плотность растворов не изменяется, то есть включения не происходит. Однако при увеличении концентрации циклодекстрина в 2 раза, оптическая плотность растворов становится выше, чем у исходных растворов (рис. 12).



Рис. 12. Зависимость оптической плотности водного раствора резорцина с хлоридом железа (III) от концентрации фенола: 1 – в отсутствии циклодекстрина; 2 – по опыту 1; 3 - по опыту 2 ( $\lambda = 500$  нм;  $l = 3$  см)

Наблюдаемое явление связано с эффектом свечения, которое может возникать при образовании клатратных соединений. Это говорит о том, что образование супрамолекулярных ансамблей происходит, однако, рассчитать точное соотношение включенных молекул не представляется возможным.



При исследовании соединений включений  $\beta$ -циклодекстрина с пирокатехином, наблюдалась ситуация, сходная с одноатомным фенолом (Рис. 13).

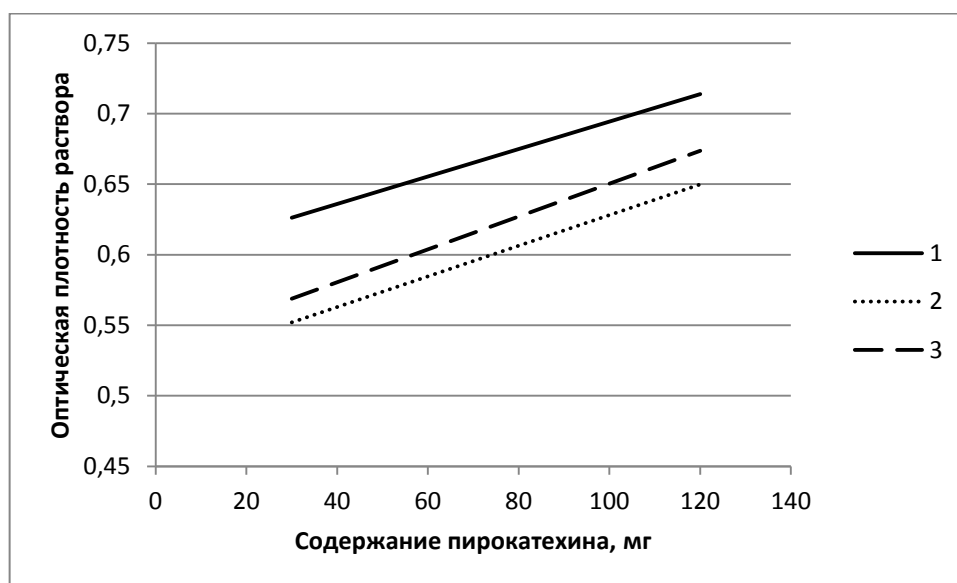


Рис. 13. Зависимость оптической плотности раствора пирокатехина с хлоридом железа (III) от концентрации фенола: 1 – в отсутствии циклодекстрина; 2 – по опыту 1; 3 – по опыту 2 ( $\lambda = 500$  нм;  $l = 3$  см)

По полученным данным были проведены расчеты, из которых следует, что при небольших количествах циклодекстрина связывание не зависит от концентрации пирокатехина и 1 молекула циклодекстрина способна включать в свою внутреннюю полость 2 молекулы пирокатехина. При увеличении концентрации циклодекстрина в 2 раза связывание уменьшается. Соотношение циклодекстрин: пирокатехин составляет 1:1, также не зависимо от концентрации пирокатехина.

### 3.3. Исследование клатратных соединений $\beta$ -циклодекстрина с фенолфталеином

Согласно данным, полученным в ходе исследования способности молекул  $\beta$ -циклодекстрина включать в свою внутреннюю полость молекулы фенолфталеина (Таблица 8), был построен градуировочный график, на котором представлена закономерность изменения оптической плотности раствора от концентрации фенолфталеина (рис. 14).

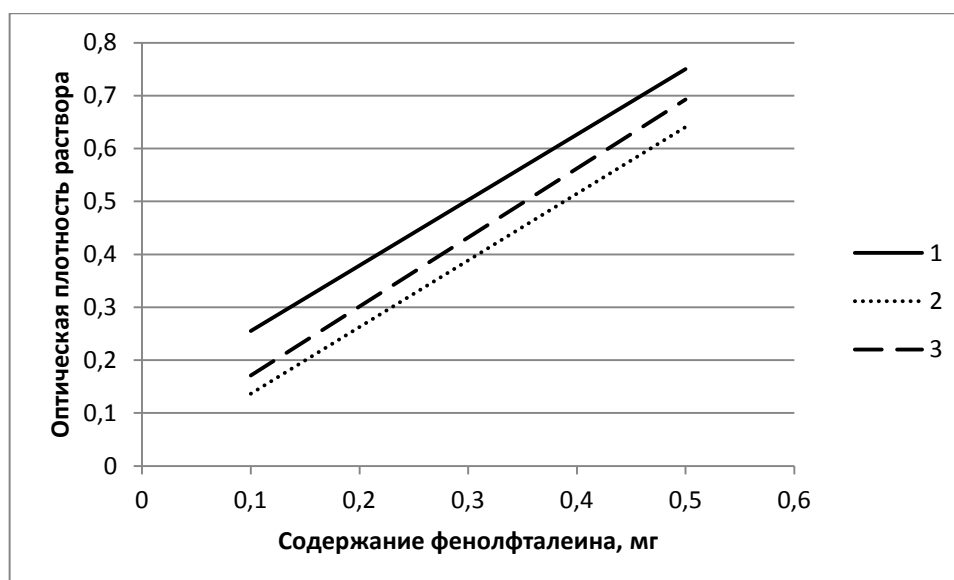


Рис. 14. Зависимость оптической плотности раствора фенолфталеина с гидроксидом натрия от концентрации фенолфталеина: 1 – в отсутствии циклодекстрина; 2 – по опыту 1; 3 – по опыту 2 ( $\lambda = 500$  нм;  $l = 3$  см)

Исходя из полученных результатов видно, что при добавлении в раствор циклодекстрина оптическая плотность растворов уменьшается. Это означает, что молекулы циклодекстрина включают в свою внутреннюю полость молекулы фенолфталеина, тем самым уменьшая концентрацию свободного фенолфталеина в растворе.

По числовым результатам видно, что при равных концентрациях циклодекстрина и фенолфталеина наблюдается связывание 2:1. При увеличении концентрации фенолфталеина, связывание увеличивается и составляет 1:1 при любых концентрациях последнего.

При увеличении концентрации циклодекстрина в 2 раза, оптическая плотность изменяется не так значительно, как в первом случае. При соотношении циклодекстрин : фенолфталеин связывание составляет 1:0,15. При увеличении концентрации фенолфталеина связывание увеличивается и составляет приблизительно 1:0,3. Это говорит о том, что молекула фенолфталеина связывается сразу несколькими молекулами циклодекстринов. Этот факт подтверждается так же тем, что при повышении концентрации циклодекстрина даже при эквимольных соотношениях

циклодекстрин: фенолфталеин связывание 1:1 не наблюдается.

### 3.4. Исследование способности молекул $\beta$ -циклодекстрина связывать $\alpha$ -аминокислоты

В ходе проведения исследования для определения способности циклодекстрина к клатратообразованию с молекулами  $\alpha$ -аминокислот были получены результаты, приведенные на рис. 15.

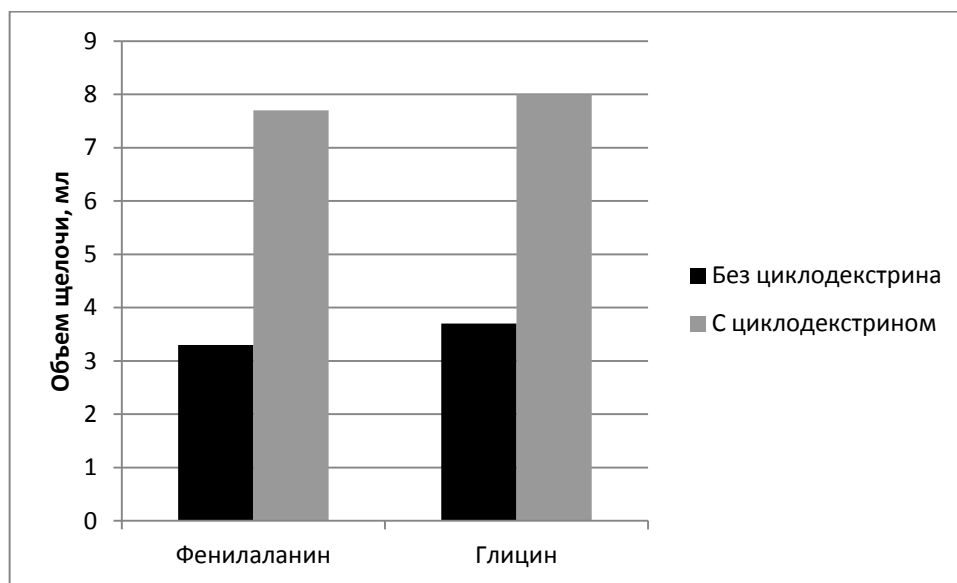


Рис 15. Объём 0,01М раствора гидроксида натрия, затраченного на титрование растворов аминокислот

Из полученных результатов следует, что при добавлении раствора циклодекстрина, количество раствора щелочи, затрачиваемой для титрования обеих проб, значительно увеличивается, вне зависимости от природы аминокислоты, в частности, наличия в ней ароматического ядра. Это свидетельствует о повышении кислотности растворов. Данная ситуация объясняется возможностью частичного включения аминогруппы во внутреннюю полость молекул циклодекстрина. Это препятствует её взаимодействию с формальдегидом. В результате может стабилизироваться буферная система, обусловленная образованием, цвиттер-иона. При добавлении фенолфталеина и начале титрования происходит частичный распад образовавшихся комплексов, и присутствующие в растворе цвиттер-ионы обуславливают появление «кажущейся кислотности».

## ГЛАВА 4. УГЛЕВОДЫ В ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ

### 4.1. Изучение углеводов в школьном курсе химии

В школьном курсе химии углеводы рассматриваются в 10 классе в рамках темы «Кислородосодержащие органические соединения и их природные источники». В рамках рабочей программы О.С. Gabrielyana на тему отводится 19 часов, из которых три посвящены изучению углеводов. Выписка из календарно-тематического планирования представлена в таблице 3.

Таблица 3

#### Календарно-тематическое планирование, химия 10 класс

№ п/п	Тема урока (тип урока)	Элементы содержания	Информационно-методическое обеспечение. Эксперимент	Планируемые результаты освоения материала
1	2	3	4	5
Тема 3. Кислородосодержащие органические соединения и их природные источники (19 часов)				
37	Понятие об углеводах. Моносахариды. (Урок изучения и первичного закрепления новых знаний)	Классификация углеводов. Глюкоза. Физические, химические свойства. Строение глюкозы. Применение	Образцы углеводов. Глюкоза, раствор $\text{CuSO}_4$ , $\text{NaOH}$ , спиртовка, спички, пробирки Презентация	Знать классификацию моносахаридов (глюкоза, фруктоза), молекулярные формулы и биологическое значение рибозы, дезоксирибозы, состав, строение глюкозы Уметь записывать уравнения реакций, отражающие химические свойства глюкозы – вещества с двойственной функцией. Проводить качественные реакции на глюкозу

## Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
38 - 39	Дисахариды. Полисахари ды (Урок изучения и первичного закрепления новых знаний)	Крахмал, целлюлоза. Физически е и химически е свойства. Превращен ие крахмала в организме. Понятие об искусствен ных волокнах	Крахмальный клейстер, раствор йода, вата, бумага	Знать: определение понятий «углеводы», «полисахариды», «дисахариды», «моносахариды», «реакции поликонденсации», «гидролиз»; состав, физические свойства, нахождение в природе и применение полисахаридов (крахмала и клетчатки) и дисахаридов (сахарозы и мальтозы); качественную реакцию на крахмал; правила безопасности с токсичными веществами (спирт- денатурат). Уметь: характеризовать биологическое значение углеводов; особенности строения крахмала и целлюлозы, характеризовать химические свойства крахмала, целлюлозы, сахарозы.

В авторских линиях Л.А. Цветкова и Г.Е. Рудзитиса углеводы изучаются отдельно от других кислородосодержащих органических соединений и им посвящены отдельные главы, состоящие из 5-6 параграфов.

В линии Н.Е. Кузнецовой тема «Углеводы» рассматривается в разделе, посвященном изучению веществ живой клетки.

Таким образом, во всех авторских линиях предусмотрено изучение углеводов в течение 3-5 уроков. Учащиеся должны научиться распознавать углеводы среди других классов органических соединений, знать классификацию углеводов и их свойства. Большой объём необходимого для усвоения материала, и нехватка аудиторных часов делают актуальной

внеурочную работу с учащимися по изучению свойств данного класса соединений.

#### **4.2. Технология проектной деятельности учащихся**

Согласно закону «Об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 года № 273, с 1 сентября 2013 года были утверждены Федеральные государственные образовательные стандарты нового поколения [16]. В связи с этим возросла важность использования и поиска новых методов, средств и технологий, обеспечивающих формирование метапредметных результатов и самостоятельности обучающихся.

В рамках ФГОС общего образования одним из наиболее продуктивных методов в формировании универсальных учебных действий учащихся, таких как умение самостоятельно добывать знания, применение полученных знаний в практической деятельности, является метод проектной деятельности.

Метод проектов – это образовательная технология, которая нацелена на приобретение новых знаний в тесной связи с практикой, формирование у обучающихся умений и навыков посредством проблемно-ориентированного учебного поиска [46].

Метод проектов возник в начале XX века. Основателями метода являются американские ученые Килпатрик и Дьюи. В основе их идеи было построение процесса обучения через практическую деятельность, которая была бы ориентирована на личные интересы обучающегося, а также на востребованность приобретенных знаний в дальнейшей жизни.

На сегодняшний день метод проектов приобретает все большую популярность, так как в нем рационально сочетаются теоретические знания и их практическое применение при решении поставленных задач. Данная технология дает возможность сделать учебный процесс индивидуальным, ученик может проявить самостоятельность и творческий подход при решении поставленных задач, самостоятельно планировать,

организовывать и контролировать свою деятельность.

При реализации проектной деятельности существенно меняется роль педагога. В данном случае он выступает в качестве консультанта, помощника, наставника. В то время как главным действующим лицом процесса обучения выступает сам ученик, являясь организатором собственной деятельности [45].

Применение метода проектной деятельности позволяет решить ряд педагогических задач:

- применение обучающимися базовых знаний, умений и навыков с целью поиска способа решения проблемных ситуаций;
- стимулирование познавательного интереса ученика, мотивация к процессу образования и самообразования;
- формирование межпредметных связей, за счет рассмотрения сложных объектов с позиции одновременно нескольких наук;
- вовлечение обучающихся в социально-значимую деятельность, которая обеспечивает формирование профессиональных и личностных качеств [46].

Результатом проектной деятельности выступает проект. Многообразие способов выполнения, содержания и организации проектной деятельности привели к появлению различных классификаций проектов, которые представлены в таблице 4.

Таблица 4

#### **Классификация проектов**

Признак	Виды проектов
Уровень творчества	исполнительский; конструктивный; творческий
Содержание	монопредметный; межпредметный; внепредметный
Вид деятельности	Исследовательский; информационный; игровой; практико-ориентированный

Характер контакта участников проекта	Внутриклассные, внутришкольные; региональные; международные
Количественный состав исполнителей	Индивидуальный; групповой; коллективный
Возрастной состав исполнителей	Одновозрастной; разновозрастной
Продолжительность выполнения	Мини-проект; четвертной; полугодовой; годовой; многолетний
База выполнения	Школьный; внешкольный
Назначение	Учебный; личный; общественный; производственный

Учебный проект подразумевает самостоятельную учебную деятельность учащегося, которая нацелена на приобретение новых знаний и их использование в практической деятельности в рамках изучаемых дисциплин. Данный вид проектов выполняется под непосредственным руководством учителя.

#### **4.3. Сопровождение проектной деятельности учащегося по химии**

При прохождении педагогической практике в МБОУ «СОШ №121» г. Челябинска было осуществлено сопровождение проектной деятельности учащейся 10Б класса Сагандыковой Анастасии по теме: «Влияние термической обработки на основные показатели качества вина».

Осуществление проектной деятельности включает в себя 3 основных этапа работы: начальный, технологический и заключительный.

Цель начального этапа: выявить индивидуальные интересы, знания и умения ученика, планирование дальнейшей деятельности. В связи с этим, на начальном этапе осуществляются следующие виды деятельности:

1. выбор тематики проектной деятельности: «Влияние термической обработки на основные показатели качества вина». Тематика работы была



предложена учащейся после прочтения статьи о пользе продуктов и напитков на основе термически обработанного вина.

2. постановка цели и задач работы. На основе заинтересовавшей ученицу тематики было решено провести исследование, демонстрирующее изменение основных характеристик вина после термической обработки. Для достижения цели были поставлены ряд задач: анализ литературных источников по основным процессам производства вина и основным параметрам, определяющим его качество, а также проведение эксперимента, демонстрирующего изменение этих параметров до и после термической обработки вина.

3. определение актуальности исследования. Актуальность выбранной тематики определило широкое распространение вина в различных кухнях мира, а также интерес учащейся к данной теме.

4. выдвижение гипотезы. На основе прочтенной литературы ученица узнала, что основными вкусовыми и качественными показателями вина являются кислотность, содержание сахара и спирта. На основе данной информации, нами было предположено, что термическая обработка будет оказывать влияние на качественные характеристики вина.

5. планирование технологического этапа (подбор методик для проведения эксперимента). Для подтверждения или опровержения выдвинутой гипотезы необходимо провести эксперимент, который демонстрирует изменение кислотности, содержания сахара и спирта в вине после кипячения. С помощью литературных источников и ресурсов сети Интернет совместно с ученицей были подобраны методики определения сахаров и спиртов в растворе, а также титруемой кислотности.

6. ознакомление со структурой исследовательской работы (титульный лист, оглавление, введение, литературный обзор, практическая часть, заключение, список литературы);

7. составление индивидуального плана работы (таблица 5).

**Планирование индивидуальной работы по осуществлению проектной деятельности с ученицей 10 класса**

Сроки	Развитие общеучебных умений	Специальные знания и умения	Информационная компетентность	Формы работы
1	2	3	4	5
1 неделя	Реферативные формы работы выбор темы проекта	Выбор тематики проекта: «Влияние термической обработки на основные показатели качества вина». Перевод статьи, содержащей экспериментальную часть	Базы данных	индивидуальные консультации
	Формулирование научной гипотезы	Выдвижение и формулировка рабочих гипотез	Работа со справочными и поисковыми системами	Индивидуальная работа
2 неделя	Отбор методов исследования. перевод текста	Анализ физико-химических методов, которые можно использовать для определения кислотности, содержания, сахаров, спиртов. Выбор методики проведения эксперимента.	Хранение и анализ информации	Индивидуальная работа
	Учебное проектирование	Разработка плана эксперимента	Форматирование фотографий	Индивидуальная работа

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5
3 неделя	Проведение эксперимента	1. Определение показателя преломления раствора	Методика работы с рефрактометром	Работа в вузе
		2. Определение плотности раствора	Методика работы со спиртометрами	Работа в вузе
4 неделя	Проведение эксперимента	3. Определение кислотности раствора титриметрическим методом	Техника безопасности при работе со щелочами	Работа в вузе
	Обработка данных	Расчеты по формулам	Работа в Excel	Индивидуальная работа
	Оформление результатов проекта	Обработка литературных источников, оформление результатов, подведение итогов работы	Критерии оценки выступления Рефлексивный анализ	Оформление отчета

Цель технологического этапа: способствовать дальнейшему развитию и реализации умений и навыков учащегося при проведении лабораторных экспериментов, а также углубление его теоретических знаний. На данном этапе совместно с учеником были осуществлены следующие формы работы:

1. подбор необходимого оборудования и реактивов, приготовление необходимых растворов;

2. проведение экспериментальной части исследования (определение содержания сахара, спирта и органических кислот в вине до и после термической обработки). Был проведен инструктаж по технике безопасности выполнения химического эксперимента, знакомство с лабораторным оборудованием, помощь в проведении эксперимента;

3. анализ литературных источников. Были проведены консультации для учащейся, на которых рассмотрены процессы брожения углеводов, основные процессы, лежащие в основе определения титруемой кислотности, причины изменения показателя преломления растворов.

Цель заключительного этапа: способствовать развитию умений учащегося обобщать, выделять главное, грамотно формулировать свои мысли. На данном этапе были реализованы следующие виды деятельности:

1. анализ полученных результатов, построение графиков. По результатам проведенных исследований совместно с ученицей были построены диаграммы и графики.

2. подведение итогов работы. Была оказана помощь ребенку формулировке выводов по работе и их оформлению.

3. оформление исследовательской работы.

Таким образом, были рассмотрены основные показатели, определяющие качество вина: содержание сахара, спирта и органических кислот. Изучен основной процесс, лежащий в основе получения вина — спиртовое брожение сахаров в анаэробных условиях, значение этого процесса. Проведено знакомство с лабораторным оборудованием и техникой безопасности при работе с химическими соединениями.

Проектирование эксперимента по теме: «Влияние термической обработки на основные показатели качества вина» включало в себя подбор методик, а также знакомство ученика с правилами работы с рефрактометром. Для проведения экспериментального определения кислотности совместно с ребёнком готовили раствор гидроксида натрия с концентрацией 0,1 моль/л.

Проектная работа (Приложение 4) была представлена на региональной научно-практической конференции школьников по биологии 21 апреля 2018 года и в рамках экологического марафона. Оценка проекта приведена в таблице 9.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были рассмотрены клатратные соединения, их структура, классификация, свойства, способы получения и область применения.

Внутри клатратных соединений молекулы «хозяина» и «гостя» связаны между собой слабыми межмолекулярными силами – водородными связями и силами ван-дер-ваальса. Образование таких соединений влияет на физические и химические свойства молекул «гостей». Они приобретают большую растворимость, могут изменять свои цвет, вкус и запах. Благодаря чему клатратные соединения получили широкое распространение в различных отраслях науки и промышленности.

В первой главе работы рассмотрены структура и основные свойства соединений включений, в частности циклодекстрина, как одного из важнейших представителей соединений «хозяев». Циклодекстрины имеют внутреннюю гидрофильную поверхность и сквозную гидрофобную полость, которая сопоставима с размерами многих органических и неорганических молекул, что и обуславливает их способность к клатратообразованию. Также рассмотрены способы образования клатратных соединений циклодекстринов, в зависимости от агрегатного состояния «хозяина» и «гостя». Описано практическое значение циклодекстринов и их клатратных соединений.

Во второй главе описаны материалы и методы, использованные при проведении исследования. Приведены методики для определения способности  $\beta$ -циклодекстрина к комплексообразованию с молекулами различных органических соединений на примере одно- и двухатомных фенолов, фенолфталеина и аминокислот. Приведены реакции, лежащие в основе процессов определения.

В третьей главе описаны результаты проведенных исследований,

которые демонстрирует способность образования клатратных соединений циклодекстрина с одноатомными и двухатомными фенолами, фенолфталеином, глицином и фенилаланином. В ходе проведения экспериментальной части работы было выявлено, что способность циклодекстрина включать в свою внутреннюю полость определяется возникновением гидрофобных взаимодействий между внутренней полостью молекул циклодекстрина и молекулами включаемых соединений. Соотношение молекул «хозяина» и «гостя» зависит от ряда факторов, таких как, концентрация «хозяина», концентрация «гостя», а также строение, свойства и размеры включаемого соединения.

В четвертой главе описано методическое сопровождение проектной деятельности учащегося по теме «Влияние термической обработке на основные показатели качества вина». Работа основана на изучении процесса брожения углеводов в анаэробных условиях. В основе экспериментальной части лежит количественное определение содержания спирта, сахаров, оставшихся в образце после процесса брожения, и титруемой кислотности. Данная исследовательская работа была представлена на экологическом марафоне и региональной конференции для школьников.

Таким образом, все задачи, которые были поставлены перед началом работы, решены, цель работы достигнута.

## ВЫВОДЫ

В ходе написания данной квалификационной работы были сформулированы следующие выводы:

1. циклодекстрины способны выполнять функции хозяев при образовании соединений включения. Механизм комплексообразования зависит от условий процесса и структуры гостя и хозяина;

2. клатратообразование широко используется в практической деятельности: связывание загрязнителей, инкапсулирование лекарственных средств, межфазный катализ.

3. на способность к клатратообразованию с двухатомными фенолами существенное влияние оказывает взаимное расположение гидроксильных групп: легче образуются комплексы при *o*-расположении гидроксильных групп, а при *n*-расположении комплексы не образуются вообще;

4. при связывании объемных молекул, например, фенолфталеина в связывании гостя принимает участие одновременно несколько молекул хозяина;

5. связывание циклодекстрином аминокислот, вероятно, приводит к образованию цвиттер-иона и усилению эффекта «кажущейся кислотности»;

6. разработанные методические рекомендации по организации проектной деятельности обучающихся могут быть использованы при организации внеурочной деятельности обучающихся.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Алфимов, М.В. Супрамолекулярные системы. Структура, самоорганизация, фотоника [Текст] / М.В. Алфимов [и др.]. – М., 2011.
2. Артёмов, Н.С. Клатраты [Текст] / Н.С. Артёмов // Химическая энциклопедия. Т. 2. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1990. – С. 403–404.
3. Бакунович, А.А. Получение клатрата  $\beta$ -циклодекстрина с йодом [Текст] / А.А. Бакунович, Л.И. Надольник // Студенческий форум. – 2017. – № 8.
4. Басаранович, Е. Использование циклодекстринов с целью повышения биодоступности полифенольных соединений [Текст] / Е. Басаранович. – М.: 2016.
5. Березин, Б.Д. Реакции диссоциации комплексных соединений [Текст] / Б.Д. Березин, Т.Н. Ломова. – М.: Наука, 2007.
6. Блуэ, Э. Нативные и модифицированные циклодекстрины: многофункциональные вспомогательные вещества для молекулярной инкапсуляции [Текст] / Э. Блуэ // Фармацевтическая отрасль. – 2011. – № 6.
7. Волков, В.А. Выдающиеся химики мира [Текст] / А.В. Волков, Е.В. Вонский, Г.И. Кузнецова. – М., 1990.
8. Гатиатулин, А.К. Твердофазное замещение «гостя» в безводных клатратах  $\beta$ -циклодекстрина [Текст]: дис. на соиск. ученой степ. канд. хим. наук / А.К. Гатиатулин. – Казань, 2014. – 141 с.
9. Глазырин, А.Е. Фосфорилированные производные циклодекстринов и соединения включения на их основе [Текст]: дис. на соиск. ученой степ. канд. хим. наук / А.Е. Глазырин. – М., 2001. – 108 с.
10. Грачев, М.К. Фосфорсодержащие производные циклодекстринов. Особенности синтеза и химического поведения [Текст] / М.К. Грачев // Успехи химии. – 2013. – Вып. 82. – Т. 11. – С. 1034–1046.



11. Грачев, М.К. Ацетилирование  $\alpha$ - и  $\beta$ -циклодекстринов [Текст] / М.К. Грачев [и др.] // Журнал органической химии. – 2011. – Вып. 47. – Т. 2. – С. 290–295.
12. Грачев, М.К. Соединения включения  $\beta$ -циклодекстрина и его силильного производного с некоторыми фармакологически важными ароматическими монокарбоновыми кислотами [Текст] / М.К. Грачев [и др.] // Журнал органической химии. – 2010. – Вып. 46. – Т. 10. – С. 1501–1505.
13. Грачев, М.К. Синтез амфифильных гликофосфолипидов на основе  $\beta$ -циклодекстрина [Текст] / М.К. Грачев [и др.] // Известия Академии Наук. Серия химическая. – 2009. – Т. 1. – С. 221–227.
14. Грачева И.М. Биотехнология биологически активных веществ: уч. пособие для студ. высш. учеб. заведений [Текст] / И.М. Грачева.; под ред. д.б.н., проф. МГУ И.М. Грачевой и проф. МГУ Л.А. Ивановой. – М.: Элевар, 2006. – С. 453.
15. Грачева, И.М. Ферментные системы и технологии получения циклодекстринов [Текст] / И.М. Грачева [и др.]. – М: Изд-во МГУПП, 2009.
16. Гузеев, В.В. Метод проектов как частный случай интегративной технологии обучения / В.В. Гузеев. – 1995. – С. 16.
17. Долгов, В.В. Фотометрия в лабораторной практике [Текст] / В.В. Долгов, Е.Н. Ованесов, К.А. Щетникович. – М: Изд-во РМАПО, 2004. – С. 128.
18. Дядин, Ю.А. Клатраты гидрохинона – родоначальники клатратной химии [Текст] / Ю.А. Дядин, А.Л. Гуцин // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – № 12.
19. Дядин, Ю.А. Супрамолекулярная химия: Клатратные соединения / Ю.А. Дядин // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 2.
20. Едунов, А.В. Особенности ацилирования и комплексообразования  $\alpha$ - и  $\beta$ -циклодекстринов [Текст]: дис. на соиск. ученой степ. канд. хим. наук / А.В. Едунов. – М., 2012. – 115 с.
21. Зоркий, П.М. Супрамолекулярная химия: возникновение,

развитие, перспективы [Текст] / П.М. Зоркий, И.Е. Лубина // Вестник Московского университета. – Ч. 2. – 1999. – С. 300-307.

22. Иванов, В.Г. Органическая химия [Текст] : учеб. пос. для студ. вузов / В.Г. Иванов, В.А. Горленко, О.Н. Гева. – 6-е изд., стер. – М: Академия, 2010. – 408 с.

23. Иванова, Л.А. Циклодекстрины и комплексы включения на их основе [Текст] / Л.А. Иванова, Л.И. Войно, Д.Г. Шипарева // Международный журнал экспериментального образования. – 2011. – С. 94-95.

24. Капустин, М.А. Получение и свойства комплексов включения циклодекстрина с диметилловым эфиром фталевой кислоты [Текст] / М.А. Капустин, Н.В. Гавриленко, В.П. Курченко // Труды БГУ. – 2011. – Т. 6. – Ч. 2.

25. Карапетян, Л.М. Создание катализаторов на основе циклодекстринов с использованием метода молекулярного импринтинга [Текст] / Л.М. Карапетян. – М.: Изд-во МГУ, 2008.

26. Курочкина, Г.И. Комплексы включения  $\beta$ -циклодекстрина с некоторыми дикарбоновыми кислотами [Текст] / Г.И. Курочкина [и др.] // Журнал органической химии. – 2015. – Вып. 51. – Т. 7. – С. 939–941.

27. Лен, Ж.-М. Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы [Текст] / Ж.-М. Лен. – Новосибирск, 1998.

28. Маленковская, М.А. Исследование комплексообразования димерного производного  $\beta$ -циклодекстрина с некоторыми фармакологически важными соединениями методом спектроскопии ЯМР [Текст] / М.А. Маленковская, Л.К. Васянина, М.К. Грачев // Журнал общей химии, 2015. – Т. 85. – №7. – С. 1161–1165.

29. Маленковская, М.А. Амфифильные конъюгаты  $\beta$ -циклодекстринов с ацетилсалициловой и 2-(4-изобутилфенил)пропионовой кислотами [Текст] / М.А. Маленковская [и др.] // Журнал органической химии. – 2013. – Вып. 49. – Т. 12. – С. 1796–1801.

30. Никитин, Н.А. Циклодекстрины в офтальмотерапии (обзор лите-

ратуры) [Текст] / Н.А. Никитин // Точка зрения. Восток – Запад. – 2014. – № 2.

31. Никитин, Н.А. Циклодекстрины и их комплексы включения (обзор литературы) [Текст] / Н.А. Никитин // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии, 2015. – № 6. – С. 3–11.

32. Нуркенов, О.А. Получение и исследование супрамолекулярного комплекса включения цитизина с  $\beta$ -циклодекстрином методом спектроскопии ЯМР [Текст] / О.А. Нуркенов [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 7. – С. 223-226.

33. Обухова, Н.А. Термодинамические характеристики взаимодействия циклодекстринов с некоторыми биоактивными молекулами [Текст] / Н.А. Обухова. – Иваново, 2006.

34. Педерсен, Ч. Дж. Химия за рубежом [Текст] / Ч.Дж. Педерсен. – М., 1989.

35. Пожарский, А.Ф. Супрамолекулярная химия [Текст] / А.Ф. Пожарский // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – № 9. – С. 32 – 40.

36. Сенюшкина, И.А. Соединения включения циклодекстринов и их некоторых производных с лекарственным средством препарата «Ибупрофен» [Текст] / И.А. Сенюшкина [и др.] // Журнал общей химии. – 2009. – Вып. 79. – Т. 6. – С. 995–998.

37. Скопенко, В.В. Координационная химия [Текст] / В.В. Скопенко [и др.]. – М.: Академкнига, 2007.

38. Сондерс, Г. Анализ вспомогательных веществ методом ГПХ и другими методами ЖХ [Текст] / Г. Сондерс, Б. МакКрит // Сборник технической информации. – 2012.

39. Сид, Дж.В. Супрамолекулярная химия [Текст] / Дж.В. Сид, Дж.Л. Этвуд. – М.: Академкнига, 2007. – 34 с. – в 2 т. – Т.1.

40. Тюкова, В.С. Исследование структурных характеристик комплекса включения дисульфирама с гидроксипропил- $\beta$ -циклодекстрином [Текст]

/ В.С. Тюкова [и др.] // Universum: Медицина и фармакология : электрон. научн. журн. – 2015. – № 7.

41. Фёгтле, Ф. Химия комплексов «гость-хозяин». Синтез, структуры и применения [Текст] / Ф. Фёгтле [и др.]. – М.: Мир, 1988.

42. Фёдорова, О.А. Супрамолекулярная химия [Текст] / О.А. Фёдорова. – М.: Изд-во РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010.

43. Фёдорова, П.Ю. Природные циклические олигосахариды – циклодекстрины, в системах доставки лекарств [Текст] / П.Ю. Фёдорова [и др.]. – Уфа, 2011.

44. Чараев, А.А. Катионные производные  $\beta$ -циклодекстрина и соединения включения на его основе, содержащие остатки фармакологически важных кислот [Текст] / А.А. Чараев. – М., 2011.

45. Чечель, И.Д. Метод проектов или попытка избавить учителя от обязанностей всезнающего оракула [Текст] / И.Д. Чечель. – М.: Сентябрь, 1998. – С. 256.

46. Чечель, И.Д. Управление исследовательской деятельностью педагога и учащегося в современной школе [Текст] / И.Д. Чечель. – М.: Сентябрь, 1998. – С. 320.

47. Шагина, С.Е. Создание комплексов включений циклодекстринов на основе бета-специфичной циклодекстринглюканотрансферазы [Текст] / С.Е. Шагина. – М: Изд-во МГУПП, 2008.

48. Шевельков, А.В. Супрамолекулярные клатраты в промышленности и быту [Текст] / А.В. Шевельков. – М.: Изд-во МГУ, 2007.

49. Шипилов, Д.А. Новые производные  $\beta$ -циклодекстрина как потенциальные носители лекарственных средств. Особенности синтеза и фармакологического действия [Текст] / Д.А. Шипилов. – М., 2018.

50. Шипилов, Д.А. Прямая этерификация первичных гидроксильных групп  $\beta$ -циклодекстрина некоторыми ароматическими монокарбоновыми кислотами [Текст] / А.Д. Шипилов [и др.] // Журнал общей химии. – 2015. – Вып. 85. – Т. 11. – С. 1864–1867.

51. Шпигун, О.А. Использование циклодекстринов для разделения энантиомеров [Текст] / О.А. Шпигун [и др.] // Успехи химии. – 2003. – Т. 72. – № 12. – С. 1167–1189.

52. Muller, A. [Текст] / A. Muller, H. Reuter, S. Dillenger // *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* – 1995. – P. 2328.

53. Mura, P. Influence of the preparation method on the physicochemical properties of ketoprofen–cyclodextrin binary systems. [Текст] / P. Mura, M.T. Faucci, P.L. Parrini. // *Int. J. Pharm.* – 1999.

54. Szejtli, J. Past, present, and future of cyclodextrin research [Текст] / J. Szejtli // *Pure and Applied Chemistry.* - 2004. — Vol. 76. — № 10. — P. 1825–1845.

55. Villiers, A. Sur la fermentation de la fécule par l'action du ferment butyrique [Текст] / A. Villiers // *Compt. Rend. Acad. Sci.* – 1891. – № 112. – P. 536–538.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

Таблица 6

**Зависимость оптической плотности раствора от концентрации фенола**

Циклодекстрин, мл	Фенол, мг	Оптическая плотность
0	30	0,225
	60	0,361
	90	0,488
	120	0,618
10	30	0,122
	60	0,273
	90	0,476
	120	0,591
20	30	0,143
	60	0,247
	90	0,403
	120	0,520

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 7

### Зависимость оптической плотности раствора от концентрации двухатомных фенолов

Циклодекстрин, мл	Двухатомный фенол, мг	Оптическая плотность растворов		
		Резорцина	Пирокатехина	Гидрохинона
0	30	0,065	0,625	0,023
	60	0,105	0,657	0,044
	90	0,153	0,685	0,063
	120	0,196	0,713	0,087
10	30	0,067	0,545	0,021
	60	0,102	0,593	0,042
	90	0,151	0,622	0,059
	120	0,195	0,644	0,086
20	30	0,081	0,567	0,024
	60	0,115	0,605	0,042
	90	0,165	0,642	0,058
	120	0,193	0,671	0,087



**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**

Таблица 8

**Зависимость оптической плотности раствора от концентрации  
фенолфталеина**

Содержание фенолфталеина в растворе (мг)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Оптическая плотность р-ра без ЦД	0,245	0,381	0,521	0,621	0,744
Оптическая плотность р-ра с 0,1 мг ЦД	0,149	0,249	0,386	0,510	0,649
Оптическая плотность р-ра с 0,2 ЦД	0,173	0,289	0,443	0,570	0,684

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 4**

### **Сопровождение проектной деятельности учащегося**

Исследовательская работа

### **Влияние термической обработки на основные показатели качества вина**

Выполнила:

Сагандыкова Анастасия

г. Челябинск, «МБОУ СОШ №121 г.Челябинска»,

класс 10Б

Научный руководитель:

Лисун Наталья Михайловна, учитель

биологии МБОУ «СОШ № 121»,

доцент, к.п.н.

Сопровождающий проект:

Фабер Анастасия Александровна

Челябинск – 2018г.

## Содержание

Введение . . . . .	3
Глава 1 . . . . .	5
1.1. История происхождения вина . . . . .	5
1.2. Классификация вин . . . . .	6
1.3. Полезные свойства вина . . . . .	8
1.4. Использование вина в кулинарии . . . . .	9
Глава 2. Изменение качественных показателей вина при нагревании.	9
2.1. Определение изменения концентрации сахара в винах после термической обработки. . . . .	9
2.2. Определение концентрации спирта в вине . . . . .	11
2.3. Исследование влияния термической обработки на кислотность вина . . . . .	12
Выводы . . . . .	14
Список литературы . . . . .	14
Приложение 1 . . . . .	15
Приложение 2 . . . . .	17
Приложение 3 . . . . .	18

## Введение

Ягоды винограда – ценный продукт питания и незаменимое сырье, используемое в пищевой промышленности. Основным продуктом их переработки уже многие столетия остается вино. Вино – это напиток, который получают в процессе спиртового брожения виноградного сока.

В мире насчитывается огромное количество различных марок и сортов вина. Их вкус, цвет и качество зависят от ряда факторов, таких как сорт винограда, микроклимата, технологии производства, условий хранения и др.

Вино производится более, чем в 70 странах, таких как Италия, Франция, Португалия, Германия, США, Румыния, Германия и другие. Ежегодно на мировой рынок поставляется более 25 млрд. литров вина.

*Актуальность работы.* Вино при умеренном его употреблении имеет широкий спектр полезных свойств. Благодаря чему повсеместно употребляется населением Земли в самых различных формах: в охлажденном виде, при приготовлении глинтвейнов, а также как один из ингредиентов при приготовлении мясных блюд (в качестве маринада, для приготовления соуса и т.д.).

Основными вкусовыми и качественными характеристиками вина являются содержание сахаров, спирта и кислотность напитка. Однако, как известно, при термической обработке могут изменяться основные показатели качества продуктов, что может оказывать существенное влияние на вкус приготавливаемой пищи и горячих коктейлей на винной основе. По этой причине необходимо знать, каким образом изменяются качественные характеристики вина при термической обработке.

*Цель работы:* Изучение влияния термической обработки вина на вкусовые характеристики вина (кислотность, содержание сахара и спирта).

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Изучить литературные источники по виноделию

2. Рассмотреть классификацию вин по содержанию сахара и спирта
3. Провести анализ кислотности, содержания сахара и спирта в винах до и после термической обработки.

*Объект исследования:* Красное полусладкое столовое вино марки «Таманское», белое полусладкое столовое вино марки «Таманское».

*Предмет исследования:* Кислотность вина, содержание сахара и спирта в винах исследуемых марок.

Для решения поставленных задач использовались следующие методы:

1. Анализ литературных источников
2. Рефрактометрический метод
3. Титриметрический метод

Для достижения поставленных задач был проведен анализ литературных данных, на основе которого сформулирована гипотеза: термическая обработка вина влияет на его качественные характеристики.

## Глава 1.

### 1.1. История происхождения вина

Ни один из известных ныне напитков не вызывает такое огромное количество пересудов. Почти каждая страна считает, что именно она является родиной этого популярного во всем мире напитка. Ученые до сих пор не могут дать точный ответ на вопрос «где и когда впервые изобрели вино?». Однако известно, что первые свидетельства, говорящие о существовании вина, датируются 4 тысячелетием до нашей эры.

Во многих странах существуют легенды о происхождении вина. Многие народы, такие как финикийцы, римляне, древние германцы и другие приписывали создание вина своим богам. По этой причине напиток активно использовался во время религиозных ритуалов и считался напитком высшей знати. По преданию, в Египет лозу привез Озирис, в Грецию и Рим – Дионис-Бахус, в Армению – Ной, в Испанию – полубог Герион, на Кипр – Сатурн. А все началось с Древней Греции, откуда белое вино рекой «забвения и счастья», как сказал великий поэт Анакреон, полилось сначала в Римскую империю, к народам Ближнего Востока, а затем и в молодую Европу.

В средние века вино значительно распространилось по многим странам благодаря развитию мореходства и распространению христианства. Церковь не просто поощряла употребление вина, но и сама производила его. Монастырские сорта вин до сих пор имеют большую ценность. В то время, как в Китае и Японии этот напиток находился под монаршим запретом.

Несмотря на то, что на Руси вино было известно еще до принятия христианства, а после стало обязательным ритуальным напитком, предпочтение народ все же отдавал медовухе, хмелю и браге. А промышленное производство вина началось лишь в XVIII веке, при правлении Петра I.

Самыми известными, естественно, считались вина Древней Греции.

Предпочтение этим винам отдавала даже римская знать. С помощью селекции в Древней Греции были созданы ценные сорта винограда, из которых получали знаменитые греческие вина. Они отличались высокой спиртуозностью, сахаристостью и экстрактивностью, ликерной консистенцией.

Древние греки добавляли в вино различные вещества минерального и растительного происхождения для осветления, предохранения от порчи, а также ароматизации или усиления лечебных свойств.

Древние римляне и греки придавали большое значение изготовлению гончарных сосудов, их хранению и подготовке к виноделию. Греческие колонисты, финикийские мореплаватели и римские завоеватели распространили культуру винограда и способы приготовления из него вина в странах Европы, Ближнего Востока и Средней Африки, где для этого имелись благоприятные климатические условия.

В древности вино выдерживали очень долго. Многие греческие и римские вина, запечатанные в глиняных сосудах – амфорах – и зарытые в холодную землю, хранились там по 15–20 лет и только после такой выдержки их можно было бы счесть готовыми к употреблению. Хранить вина в деревянных бочках придумали галлы, а римляне использовали бочки для перевозки на кораблях, продолжая использовать для хранения амфоры, пробки и воск, чтобы защитить драгоценный напиток от соприкосновения с воздухом.

## **1.2. Классификация вин**

Все вина можно разделить на три большие группы: натуральные, ароматизированные и плодово-ягодные. Виноградные вина изготавливают исключительно из виноградного сырья. Добавление иных компонентов при производстве такого вина строго запрещено. Ароматизированные вина готовят с использованием экстрактов различных растений. При производстве этого вида вина допустимо добавление сахара. Плодово-

ягодные вина производят из ягод, груш, клубники и пр., используя при этом дополнительные компоненты.

Виноградные вина могут быть тихими и пенящимися.

Все тихие вина в зависимости от способа производства можно разделить на натуральные, т. е. Вина, получаемые при полном или не полном сбраживании виноградного сусла, и специальные, при производстве которых добавляется этиловый спирт.

В зависимости от содержания сахара и спирта, натуральные вина подразделяются на сухие, сухие особые, полусухие, полусладкие и сладкие, а специальные на сухие, крепкие, полудесертные, десертные и ликёрные (Таблица 1).

Таблица 1

#### Классификация вин по содержанию сахара и спирта

Группа вин		Содержание этилового спирта, %	Содержание сахаров, г/л
Натуральные	Сухие	9 - 13	Не более 3
	Сухие особые	14 - 16	Не более 3
	Полусухие	9 - 13	5 - 25
	Полусладкие	9 - 12	30 - 55
	Сладкие	9 - 12	60 - 80
Специальные	Сухие	14 - 20	Не более 15
	Крепкие	17 - 20	30 - 120
	Полудесертные	14 - 16	50 - 120
	Десертные	15 - 17	140 - 200
	Ликёрные	12 - 16	210 - 300

В зависимости от качества и сроков выдержки все вина можно разделить на молодые, вина без выдержки, выдержанные, марочные,



коллекционные, вина контролируемого наименования по происхождению и элитные вина. Началом срока выдержки при такой классификации принято считать 1 января, следующего за урожаем виноградного года.

Пенящиеся вина – это вина с большим содержанием углекислого газа. Такие вина можно разделить на две группы: шипучие и игристые. Шипучее вино, в отличие от игристого готовят с помощью искусственного насыщения диоксидом углерода.

По цвету, вина бывают белыми, розовыми и красными. Этот показатель зависит только от сорта винограда, из которого был изготовлен напиток.

### **1.3. Полезные свойства вина**

Еще Луи Пастер говорил: «Вино — это самый здоровый, гигиенический напиток». Многие из нас часто слышат о том, что в небольших количествах вино является очень полезным.

Врачи утверждают, что ежедневное употребление вина (не более 50 г в день) очень полезно для нашего организма:

1. снижение уровня холестерина в крови;
2. укрепление сосудов и артерий;
3. профилактика заболеваний сердечнососудистой системы;
4. уничтожает колибактерии и сальмонеллу;
5. обладает бактерицидным действием;
6. нормализуют обмен веществ;
7. способствуют выведению шлаков и токсинов из организма;
8. винные кислоты способствуют усвоению сложных белков животного происхождения.

Полезные свойства вина обусловлены содержанием в нем витаминов (В1, В2, С, Р), микроэлементов (кальций, натрий, калий, фосфор, магний), яблочной и винной кислот, ферментов и многих других биологически активных веществ.

Ученые установили, что полезные свойства вина зависят также от его типа и сорта. Так например, сухое белое вино может использоваться как мочегонное средство, игристое вино облегчает вентиляцию лёгких, крепкие сорта вин обеспечивают организм дополнительной энергией.

В выдержанном красном вине содержится большое количество ресвератрола, который является самым сильным антиоксидантом. Он разжижает кровь и препятствует образованию тромбов, снижая риск инфаркта и инсульта, а также уничтожает раковые клетки и омолаживает организм.

Как было установлено норвежскими специалистами ресвератрол в организме превращается в пицеатаннол, который замедляет развитие живых клеток.

#### **1.4. Использование вина в кулинарии**

Так как вино обладает широким спектром полезных свойств, оно нашло широкое применение в кулинарии. Маринад из вина – главный способ использования этого напитка при приготовлении блюд.

В 2007 году было установлено, что маринад на основе красного вина за полчаса уничтожает болезнетворные бактерии в неправильно хранившемся куске мяса. Принято считать, что при термической обработке мяса, замаринованного в вине, происходит улучшение его вкуса.

Другой широкой областью применения вина является приготовление глнтвейнов. Дословно глнтвейн переводится как пылающее вино. Этот напиток готовится нагреванием красного вина до 70-80<sup>0</sup>С с добавлением корицы, гвоздики и различных пряностей. Считается, что глнтвейн обладает более приятным вкусом, чем вино и не уступает ему по полезным свойствам.

Таким образом, термическая обработка вина приводит к улучшению вкусовых показателей вина.

## **Глава 2. Изменение качественных показателей вина при нагревании**

Основными качественными показателями вина принято считать кислотность вино, содержание сахара и спирта, так как эти показатели непосредственно определяют вкус напитка.

При термической обработке происходит изменение химического состава многих продуктов и напитков. В этой главе мы рассмотрим, как влияет нагревание на качественные показатели вина.

### **2.1. Определение изменения концентрации сахара в винах после термической обработки**

Под термином «сахара» в химии принято понимать углеводы. Углеводы – это органические вещества, содержащие карбоксильную и несколько гидроксильных групп. Источником углеводов для всех живых организмов на Земле является процесс фотосинтеза, осуществляемый растениями.

Содержание сахара – один из важнейших вкусовых показателей вина. В зависимости от его содержания вина можно отнести к различным типам. При производстве виноградных вин сахар обычно не добавляется, и тогда его концентрация будет определяться полнотой брожения виноградного сусла.

Содержание сахара в вине определяется рефрактометрическим методом, основанном на зависимости показателя преломления света от состава системы.

Мы проводили определение содержания сахара в красном и белом полусладких столовых винах марки «Гаманское» до и после термической обработки. Заявлено содержание сахара: 20-30 г/л.

Полученные результаты приведены в таблице 2 и отражены на рис. 1. Таблица, отражающая зависимость показателя преломления от содержания сахара приведена в Приложении 1 (проекта).

### Влияние термической обработки на содержание сахара в вине

Вино	Заявлен-ное содержание сахара, г/л	Значение показателя преломления	Экспримен- тально определенное содержание сахара, г/л	Значение показателя преломления	Содержание сахара после термической обработки, г/л
Белое	20 - 30	1,3643	20,3	1,3692	23,2
Красное	20 - 30	1,3670	21,9	1,3737	25,8

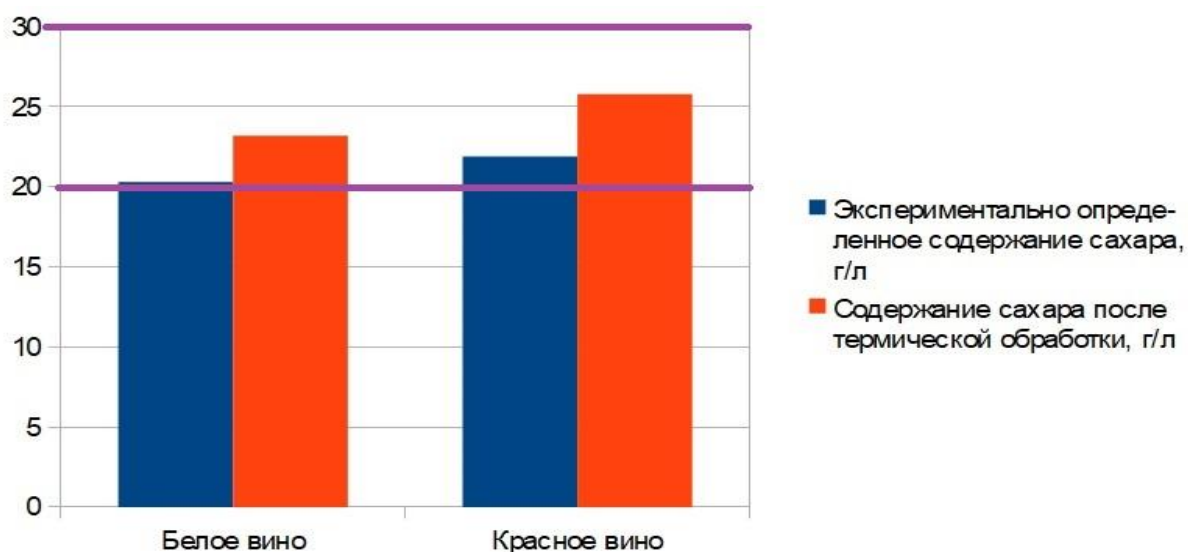


Рис.1. Изменение концентрации сахара в вине при нагревании

Из полученных результатов видно, что содержание сахара в исследуемых образцах соответствует заявленному на этикетке. При термической обработке вина концентрация сахара увеличивается. Это объясняется уменьшением содержания растворителя за счет процесса испарения. Однако, в красном вине это увеличение более значительно.

## 2.2. Определение концентрации спирта в вине

Этиловый спирт – еще один важный вкусовой показатель вина. Он придает вину характерную крепость. В вине спирт является продуктом спиртового брожения сахаров, иногда также добавляется дополнительно (в случае крепленых вин).

Спиртовое брожение – это процесс превращения глюкозы в этиловый спирт, основную роль в котором играют дрожжи. Процесс протекает в анаэробных условиях.



Определение содержания этилового спирта в исследуемых марках вин проводилось с помощью винных ареометров, также называемых спиртометрами. Метод основан на определении процентного содержания алкоголя по показателю плотности.

Заявленное содержание спирта в исследуемых образцах лежит в пределах 10,0 – 12,0 %.

Результаты проведенных определений занесены в таблицу 3 и отражены на рисунке 2. Таблица, отражающая зависимость плотности раствора от содержания спирта приведена в Приложении 2.

Таблица 3

#### Влияние термической обработки на содержание спирта в вине

Вино	Заявленное содержание спирта, %	Значение плотности	Экспериментально определенное содержание спирта, %	Значение плотности и	Содержание спирта после термической обработки, %
Белое	10,0 — 12,0	1,084	10,75	1,075	9,50
Красное	10,0 — 12,0	1,088	11,25	1,076	9,75

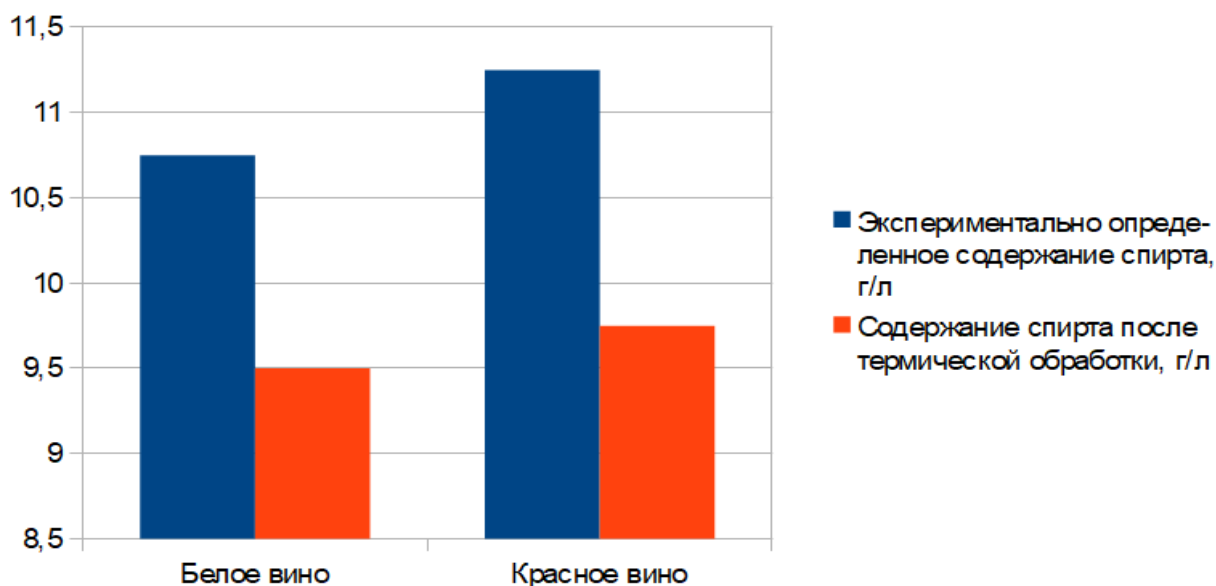


Рис.2. Изменение содержания спирта в вине при нагревании

Исходя из полученных результатов следует, что содержание спирта в исследуемых образцах соответствует диапазону, заявленному на этикетке. При термической обработке содержание спирта в образцах снижается, что объясняется его способностью улетучиваться из растворов.

### **2.3. Исследование влияния термической обработки на кислотность вина**

Кислотность вина – это важнейший фактор, который определяет способность вина к длительному хранению. Именно содержание органических кислот в вине обеспечивает его сочетаемость с различной едой. Однако слишком высокая кислотность придает вину неприятный «металлический» привкус.

Все вина имеют достаточно высокую степень кислотность, но ее величина зависит от сорта винограда и особенностей его выращивания. По мере созревания винограда и увеличению в нём сахара, содержание кислот будет уменьшаться. По этой причине натуральные вина невысокой крепости часто бывают высококислотными.

Кислотность вина определяется титриметрическим методом, основанном на регистрации объёма реагента, расходуемого на реакцию с определяемым веществом. В качестве титранта используется раствор

гидроксида натрия с концентрацией 0,1 моль/л в присутствии фенолфталеина. Методика определения кислотности вин представлена в приложении 3.

Титруемая кислотность доброкачественных сухих вин не должна превышать 5 г/л. Результаты проведенных определений занесены в таблицу 4.

Таблица 4

#### Влияние термической обработки на кислотность вина

Вино	ПДК кислот, г/л	V(NaOH), затраченный на титрование, мл	Содержание кислот в вине, г/л	V(NaOH) <sub>2</sub> , затраченный на титрование, мл	Содержание кислот в вине после нагревания, г/л
Белое	5	5,4	8,1	5,0	7,5
Красное	5	2,2	8,25	1,9	7,125

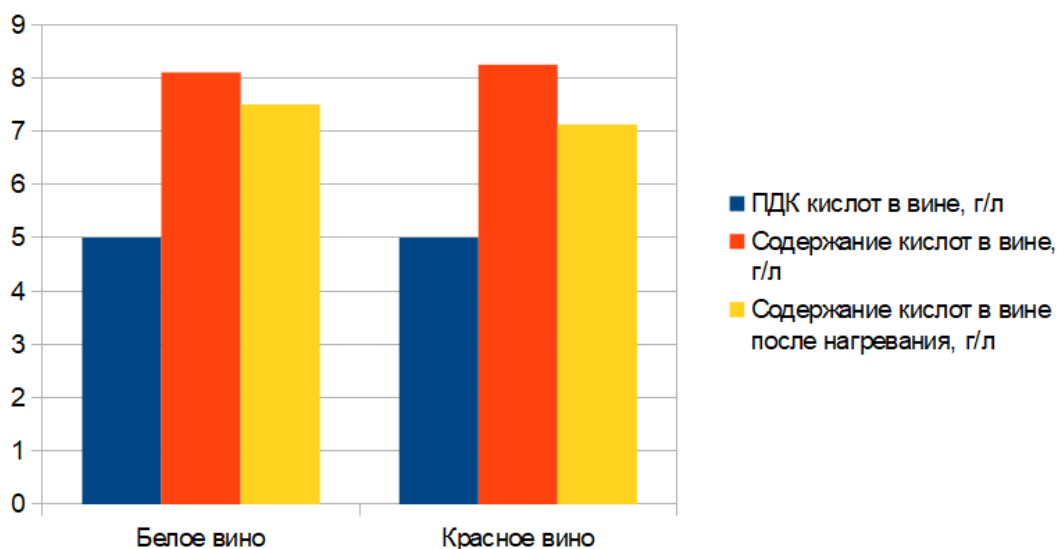


Рис. 3 Изменение кислотности вина при термической обработке

Из полученных в ходе эксперимента данных видно, что кислотность обоих исследуемых образцов значительно превышает допустимую норму. Однако, при термической обработке происходит снижение кислотности вин, что говорит об улучшении его качества. Этот процесс объясняется летучестью кислот, которая увеличивается при нагревании.

## **Выводы**

В ходе проведения исследования выдвинутая гипотеза подтвердилась: термическая обработка влияет на качественные показатели вина.

При проведении эксперимента было обнаружено, что содержание сахаров и спирта в исследуемых образцах, соответствуют величинам, указанным на этикетке. Однако, кислотность исследуемого вина значительно превышает предельно допустимую норму более чем на 3 г/л.

Также было установлено, что при термической обработке изменяются основные качественные показатели вина: кислотность, содержание спирта и сахаров. А именно, содержание сахара увеличивается, за счет уменьшения количества растворителя в ходе процесса испарения. Содержание спирта и органических кислот уменьшается, так как они являются летучими соединениями.

Таким образом, термическая обработка улучшает качество и вкус вина, при этом сохраняя его полезные свойства.

## **Список литературы**

1. Косюра, В.Т. Основы виноделия / В.Т. Косюра, Л.В. Донченко, В.Д. Надыкта. – М.: ДеЛи принт, 2004.
2. Позняковский, В.М. Напитки и продукты брожения: практическое и учебное пособие / В.М. Позняковский, Л.А. Маюрникова; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2000.
3. Analysing wine at school: Science education projects / Chemistry. – Issue 24, 2012. – p. 47



## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица 9

### Оценочный лист наставника

Ф.И.О. обучающегося: Сагандыкова Анастасия Кабидулловна

Класс: 10

Тип проекта: исследовательский

Ф.И.О. наставника: Экгардт Анастасия Александровна

Этапы	Код	Критерии	Макс балл	Оценка от наставника
1	2	3	4	5
<b>1. Организационный</b>			<b>19</b>	
1.1. Определенные темы проекта	2.1.1	-не анализирует существующие и не планирует будущие образовательные результаты; -анализирует существующие и планирует будущие образовательные результаты с помощью наставника; - анализирует существующие и планирует будущие образовательные результаты самостоятельно;	0 1 2	2
	2.1.5	- не формулирует учебные задачи как шаги достижения поставленной цели; - формулирует учебные задачи как шаги достижения поставленной цели с помощью наставника; - формулирует учебные задачи как шаги достижения поставленной цели самостоятельно;	0 1 2	1
1.2. Поиск и анализ проблемы	2.1.2	- не идентифицирует собственные проблемы и не определяет главную проблему; - идентифицирует собственные проблемы и определяет главную проблему с помощью наставника; - идентифицирует собственные проблемы и определяет главную проблему самостоятельно;	0 1 2	2
	2.1.3	- не выдвигает версии решения проблемы, не формулирует гипотезы, - выдвигает версии решения проблемы, формулирует гипотезы с помощью наставника; - выдвигает версии решения проблемы, формулирует гипотезы, предвосхищает конечный результат самостоятельно;	0 1 2	2
	2.1.4	- не ставит цель деятельности на основе определенной проблемы и существующих возможностей; - ставит цель деятельности на основе определенной проблемы и существующих возможностей с помощью наставника - ставит цель деятельности на основе определенной проблемы и существующих возможностей самостоятельно;	0 1 2	2

1	2	3	4	5
1.3. Постановка цели проекта	2.2.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не обосновывает и не осуществляет выбор наиболее эффективных способов решения учебных и познавательных задач;</li> <li>- обосновывает и осуществляет выбор наиболее эффективных способов решения учебных и познавательных задач с помощью наставника;</li> <li>- обосновывает и осуществляет выбор наиболее эффективных способов решения учебных и познавательных задач самостоятельно;</li> </ul>	0  1  2	1
	2.2.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не определяет/не находит, в том числе из предложенных вариантов, условия для выполнения учебной и познавательной задачи;</li> <li>- определяет/находит, в том числе из предложенных вариантов, условия для выполнения учебной и познавательной задачи с помощью наставника;</li> <li>- определяет/находит, в том числе из предложенных вариантов, условия для выполнения учебной и познавательной задачи самостоятельно;</li> </ul>	0  1  2	2
	3.1.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>-не определяет свою роль в деятельности;</li> <li>-определяет свою роль в деятельности с помощью наставника;</li> <li>-определяет свою роль в деятельности самостоятельно;</li> </ul>	0 1 2	2
	3.1.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не строит позитивные отношения в процессе учебной и познавательной деятельности;</li> <li>- строит позитивные отношения в процессе учебной и познавательной деятельности с помощью наставника;</li> <li>-строит позитивные отношения в процессе учебной и познавательной деятельности самостоятельно;</li> </ul>	0  1  2	2
	3.1.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не умеет критически относиться к собственному мнению, с достоинством признавать ошибочность своего мнения (если оно таково) и корректировать его;</li> <li>- критически относится к собственному мнению, с достоинством признает ошибочность своего мнения (если оно таково) и корректирует его;</li> </ul>	0  1	1

1	2	3	4	5
<b>2. Выполнение проекта</b>			<b>38</b>	
2.1. Анализ имеющейся информации	1.1.2	- не находит в тексте требуемую информацию (в соответствии с целями своей деятельности); - находит в тексте требуемую информацию (в соответствии с целями своей деятельности) с помощью наставника; -находит в тексте требуемую информацию (в соответствии с целями своей деятельности) самостоятельно;	0 1 2	2
	1.1.3	- не создает структурированные тексты; - создает структурированные тексты с помощью наставника; - создает структурированные тексты самостоятельно;	0 1 2	2
	1.1.5	- не устанавливает взаимосвязь описанных в тексте событий, явлений, процессов; - устанавливает взаимосвязь описанных в тексте событий, явлений, процессов с помощью наставника; - устанавливает взаимосвязь описанных в тексте событий, явлений, процессов самостоятельно;	0 1 2	2
2.2. Сбор и изучение информации	1.2.3	- не преобразовывает модели и схемы для решения задач; - преобразовывает модели и схемы для решения задач с помощью наставника; - преобразовывает модели и схемы для решения задач самостоятельно;	0 1 2	1
	1.2.4	- не обозначает символом и знаком предмет и/или явление; - обозначает символом и знаком предмет и/или явление с помощью наставника; - обозначает символом и знаком предмет и/или явление самостоятельно;	0 1 2	2
	1.2.5	- не определяет логические связи между предметами и/или явлениями, не обозначает данные логические связи с помощью знаков в схеме; - определяет логические связи между предметами и/или явлениями, обозначает данные логические связи с помощью знаков в схеме с помощью наставника; - определяет логические связи между предметами и/или явлениями, обозначает данные логические связи с помощью знаков в схеме самостоятельно;	0 1 2	2
	1.2.8	- не переводит сложную по составу (многоаспектную) информацию из графического или формализованного (символьного) представления в текстовое, и наоборот;	0	2

## Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- переводит сложную по составу (многоаспектную) информацию из графического или формализованного (символьного) представления в текстовое, и наоборот, с помощью наставника;</li> <li>- переводит сложную по составу (многоаспектную) информацию из графического или формализованного (символьного) представления в текстовое, и наоборот, самостоятельно;</li> </ul>	1  2	
2.3. Построение алгоритма деятельности	2.2.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не определяет необходимые действия в соответствии с учебной и познавательной задачей и не составляет алгоритм их выполнения;</li> <li>- определяет необходимые действия в соответствии с учебной и познавательной задачей и составляет алгоритм их выполнения с помощью наставника;</li> <li>- определяет необходимые действия в соответствии с учебной и познавательной задачей и составляет алгоритм их выполнения самостоятельно;</li> </ul>	0  1  2	2
	2.2.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не выстраивает жизненные планы на краткосрочное будущее (не заявляет целевые ориентиры, не ставит адекватные им задачи и не предлагает действия);</li> <li>- выстраивает жизненные планы на краткосрочное будущее (заявляет целевые ориентиры, ставит адекватные им задачи и предлагает действия, указывая и обосновывая логическую последовательность шагов) с помощью наставника;</li> <li>- выстраивает жизненные планы на краткосрочное будущее (заявляет целевые ориентиры, ставит адекватные им задачи и предлагает действия, указывая и обосновывая логическую последовательность шагов) самостоятельно;</li> </ul>	0  1  2	2
	2.2.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>-не выбирает из предложенных вариантов и не ищет средства/ресурсы для решения задачи/достижения цели;</li> <li>-выбирает из предложенных вариантов и ищет средства/ ресурсы для решения задачи/достижения цели с помощью наставника;</li> <li>-выбирает из предложенных вариантов и самостоятельно ищет средства/ресурсы для решения задачи/достижения цели;</li> </ul>	0  1  2	2
	2.2.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не составляет план решения проблемы (выполнения проекта);</li> <li>- составляет план решения проблемы (выполнения проекта) с помощью наставника;</li> <li>- составляет план решения проблемы (выполнения проекта, проведения исследования) самостоятельно;</li> </ul>	0  1  2	2

1	2	3	4	5
	2.2.7	<p>-не определяет потенциальных затруднений при решении учебной и познавательной задачи и не находит средства для их устранения;</p> <p>-определяет потенциальные затруднения при решении учебной и познавательной задачи и находит средства для их устранения с помощью наставника;</p> <p>-определяет потенциальные затруднения при решении учебной и познавательной задачи и находит средства для их устранения самостоятельно;</p>	<p>0</p> <p>1</p> <p>2</p>	1
2.4. Выполнение плана работы над индивидуальным учебным проектом	2.3.2	<p>- не систематизирует критерии планируемых результатов и оценки своей деятельности;</p> <p>- систематизирует критерии планируемых результатов и оценки своей деятельности с помощью наставника;</p> <p>- систематизирует (в том числе выбирает приоритетные) критерии планируемых результатов и оценки своей деятельности самостоятельно;</p>	<p>0</p> <p>1</p> <p>2</p>	2
	2.3.4	<p>- не оценивает свою деятельность, аргументируя причины достижения или отсутствия планируемого результата;</p> <p>- оценивает свою деятельность, аргументируя причины достижения или отсутствия планируемого результата;</p>	<p>0</p> <p>1</p>	1
	2.3.5	<p>- не находит достаточные средства для выполнения учебных действий в изменяющейся ситуации и/или при отсутствии планируемого результата;</p> <p>- находит достаточные средства для выполнения учебных действий в изменяющейся ситуации и/или при отсутствии планируемого результата;</p>	<p>0</p> <p>1</p>	1
	2.3.6	<p>- работает по своему плану, вносит коррективы в текущую деятельность на основе анализа изменений ситуации для получения запланированных характеристик продукта/результата с помощью наставника;</p> <p>- работает по своему плану, вносит коррективы в текущую деятельность на основе анализа изменений ситуации для получения запланированных характеристик продукта/результата самостоятельно;</p>	<p>1</p> <p>2</p>	2

1	2	3	4	5
2.5. Внесение (по необходим ости) изменений в проект	2.4.3	- пользуется выработанными критериями оценки и самооценки, исходя из цели и имеющихся средств, различая результат и способы действий с помощью наставника; - свободно пользуется выработанными критериями оценки и самооценки, исходя из цели и имеющихся средств, различая результат и способы действий;	1  2	2
	2.4.4	- не оценивает продукт своей деятельности по заданным критериям в соответствии с целью деятельности; - оценивает продукт своей деятельности по заданным и/или самостоятельно определенным критериям в соответствии с целью деятельности;	0  1	1
	2.4.5	- не обосновывает достижимость цели выбранным способом на основе оценки своих внутренних ресурсов и доступных внешних ресурсов; - обосновывает достижимость цели выбранным способом на основе оценки своих внутренних ресурсов и доступных внешних ресурсов;	0  1	1
	2.4.6	- не фиксирует динамику собственных образовательных результатов; - фиксирует и анализирует динамику собственных образовательных результатов самостоятельно;	0  1	1
	3.2.3	- не представляет в устной или письменной форме развернутый план собственной деятельности; - представляет в устной или письменной форме развернутый план собственной деятельности;	0  1	1
	3.2.8	- не использует вербальные средства (средства логической связи) для выделения смысловых блоков своего выступления; - использует вербальные средства (средства логической связи) для выделения смысловых блоков своего выступления;	0  1	1
	3.2.9	- не использует невербальные средства или наглядные материалы, подготовленные/отобранные под руководством наставника; - использует невербальные средства или наглядные материалы, подготовленные/отобранные под руководством наставника;	0  1	1
Итого: ученицей набрано 53 балла из 57 баллов – это говорит о высоком уровне ее подготовки.			57	53

**Кодификатор метапредметных планируемых результатов освоения  
основной образовательной программы, уровень основного общего  
образования**

Раздел	Код	Планируемые результаты
1	2	3
1. Познавательные УУД	1.1. Смысловое чтение	1.1.1. ориентироваться в содержании текста, понимать целостный смысл текста, структурировать текст; 1.1.2. находить в тексте требуемую информацию (в соответствии с целями своей деятельности); 1.1.3. самостоятельно создавать структурированные тексты; 1.1.4. преобразовывать текст, «переводя» его в другую модальность, интерпретировать текст (художественный и нехудожественный – учебный, научно-популярный, информационный, текст non-fiction); 1.1.5. устанавливать взаимосвязь описанных в тексте событий, явлений, процессов; 1.1.6. резюмировать главную идею текста; 1.1.7. критически оценивать содержание и форму текста.
	1.2. Умение создавать, применять и преобразовывать знаки и символы, модели и схемы для решения учебных и познавательных задач.	1.2.1. строить модель/схему на основе условий задачи и/или способа ее решения; 1.2.2. строить схему, алгоритм действия, исправлять или восстанавливать неизвестный ранее алгоритм на основе имеющегося знания об объекте, к которому применяется алгоритм; 1.2.3. преобразовывать модели и схемы для решения задач; 1.2.4. обозначать символом и знаком предмет и/или явление; 1.2.5. определять логические связи между предметами и/или явлениями, обозначать данные логические связи с помощью знаков в схеме; 1.2.6. создавать абстрактный или реальный образ предмета и/или явления; 1.2.7. преобразовывать модели с целью выявления общих законов, определяющих данную предметную область; 1.2.8. переводить сложную по составу (многоаспектную) информацию из графического или формализованного (символьного) представления в текстовое, и наоборот; 1.2.9. строить доказательство: прямое, косвенное, от противного; 1.2.10. анализировать/рефлексировать опыт разработки и реализации учебного проекта, исследования (теоретического, эмпирического) на основе предложенной проблемной ситуации, поставленной цели и/или заданных критериев оценки продукта/результата.

## Продолжение таблицы 10

1	2	3
	<p>1.3. Умение определять понятия, создавать обобщения, устанавливать аналогии, классифицировать, самостоятельно выбирать основания и критерии для классификации, устанавливать причинно-следственные связи, строить логическое рассуждение, умозаключение (индуктивное, дедуктивное, по аналогии) и делать выводы.</p>	<p>1.3.1. создавать вербальные, вещественные и информационные модели с выделением существенных характеристик объекта для определения способа решения задачи в соответствии с ситуацией;</p> <p>1.3.2. осуществлять анализ на основе самостоятельного выделения существенных и несущественных признаков;</p> <p>1.3.3. самостоятельно давать определение понятиям;</p> <p>1.3.4. обобщать понятия; формулировать и обосновывать гипотезы под руководством наставника;</p> <p>1.3.5. подбирать слова, соподчиненные ключевому слову, определяющие его признаки и свойства;</p> <p>1.3.6. выстраивать логическую цепочку, состоящую из ключевого слова и соподчиненных ему слов;</p> <p>1.3.7. выделять общий признак двух или нескольких предметов или явлений и объяснять их сходство;</p> <p>1.3.8. объединять предметы и явления в группы по определенным признакам, сравнивать, классифицировать и обобщать факты и явления;</p> <p>1.3.9. выделять явление из общего ряда других явлений;</p> <p>1.3.10. определять обстоятельства, которые предшествовали возникновению связи между явлениями, из этих обстоятельств выделять определяющие, способные быть причиной данного явления, выявлять причины и следствия явлений;</p> <p>1.3.11. строить рассуждение от общих закономерностей к частным явлениям и от частных явлений к общим закономерностям;</p> <p>1.3.12. строить рассуждение на основе сравнения предметов и явлений, выделяя при этом общие признаки;</p> <p>1.3.13. излагать полученную информацию, интерпретируя ее в контексте решаемой задачи;</p> <p>1.3.14. самостоятельно указывать на информацию, нуждающуюся в проверке, предлагать и применять способ проверки достоверности информации;</p> <p>1.3.15. вербализовать эмоциональное впечатление, указанное на него источником;</p> <p>1.3.16. объяснять явления, процессы, связи и отношения, выявляемые в ходе познавательной и исследовательской деятельности (приводить объяснение с изменением формы представления; объяснять, детализируя или обобщая; объяснять с заданной точки зрения);</p> <p>1.3.17. выявлять и называть причины события, явления, в том числе возможные / наиболее вероятные причины, возможные последствия заданной причины, самостоятельно осуществляя причинно-следственный анализ;</p> <p>1.3.18. делать вывод на основе критического анализа разных точек зрения, подтверждать вывод собственной аргументацией или самостоятельно полученными данными.</p>



1	2	3
	1.4.Формирование и развитие экологического мышления, умение применять его в познавательной, коммуникативной, социальной практике и профессиональной ориентации.	1.4.1.определять свое отношение к природной среде; 1.4.2.анализировать влияние экологических факторов на среду обитания живых организмов; 1.4.3.проводить причинный и вероятностный анализ экологических ситуаций; 1.4.4.прогнозировать изменения ситуации при смене действия одного фактора на действие другого фактора; 1.4.5.распространять экологические знания и участвовать в практических делах по защите окружающей среды; 1.4.6.выражать свое отношение к природе через рисунки, сочинения, модели, проектные работы.
	1.5.Развитие мотивации к овладению культурой активного использования словарей и других поисковых систем.	1.5.1.определять необходимые ключевые поисковые слова и запросы; 1.5.2.осуществлять взаимодействие с электронными поисковыми системами, словарями; 1.5.3.формировать множественную выборку из поисковых источников для объективизации результатов поиска; 1.5.4.соотносить полученные результаты поиска со своей деятельностью.
2.Регулятивные УУД	2.1 Умение самостоятельно определять цели обучения, ставить и формулировать новые задачи в учебе и познавательной деятельности, развивать мотивы и интересы своей познавательной деятельности	2.1.1 анализировать существующие и планировать будущие образовательные результаты; 2.1.2 идентифицировать собственные проблемы и определять главную проблему; 2.1.3 выдвигать версии решения проблемы, формулировать гипотезы, предвосхищать конечный результат; 2.1.4 ставить цель деятельности на основе определенной проблемы и существующих возможностей; 2.1.5 формулировать учебные задачи как шаги достижения поставленной цели деятельности; 2.1.6 обосновывать целевые ориентиры и приоритеты ссылками на ценности, указывая и обосновывая логическую последовательность шагов.
	2.2.Умение самостоятельно планировать пути достижения целей, в том числе альтернативные, осознанно выбирать наиболее эффективные способы решения учебных и познавательных задач.	2.2.1 определять необходимые действия в соответствии с учебной и познавательной задачей и составлять алгоритм их выполнения; 2.2.2 обосновывать и осуществлять выбор наиболее эффективных способов решения учебных и познавательных задач; 2.2.3 определять/находить, в том числе из предложенных вариантов, условия для выполнения учебной и познавательной задачи; 2.2.4 выстраивать жизненные планы на краткосрочное будущее (заявлять целевые ориентиры, ставить адекватные им задачи и предлагать действия, указывая и обосновывая логическую последовательность шагов); 2.2.5 выбирать из предложенных вариантов и самостоятельно искать средства/ресурсы для решения задачи/достижения цели; 2.2.6 составлять план решения проблемы (выполнения проекта, проведения исследования);

1	2	3
		<p>2.2.7 определять потенциальные затруднения при решении учебной и познавательной задачи и находить средства для их устранения;</p> <p>2.2.8 описывать свой опыт, оформляя его для передачи другим людям в виде технологии решения практических задач определенного класса;</p> <p>2.2.9 планировать и корректировать свою индивидуальную образовательную траекторию.</p>
	<p>2.3. Умение соотносить свои действия с планируемыми результатами, осуществлять контроль своей деятельности в процессе достижения результата, определять способы действий в рамках предложенных условий и требований, корректировать свои действия в соответствии с изменяющейся ситуацией.</p>	<p>2.3.1 определять совместно с наставником и сверстниками критерии планируемых результатов и критерии оценки своей учебной деятельности;</p> <p>2.3.2 систематизировать (в том числе выбирать приоритетные) критерии планируемых результатов и оценки своей деятельности;</p> <p>2.3.3 отбирать инструменты для оценивания своей деятельности, осуществлять самоконтроль своей деятельности в рамках предложенных условий и требований;</p> <p>2.3.4 оценивать свою деятельность, аргументируя причины достижения или отсутствия планируемого результата;</p> <p>2.3.5 находить достаточные средства для выполнения учебных действий в изменяющейся ситуации и/или при отсутствии планируемого результата;</p> <p>2.3.6 работая по своему плану, вносить коррективы в текущую деятельность на основе анализа изменений ситуации для получения запланированных характеристик продукта/результата;</p> <p>2.3.7 устанавливать связь между полученными характеристиками продукта и характеристиками процесса деятельности и по завершении деятельности предлагать изменение характеристик процесса для получения улучшенных характеристик продукта;</p> <p>2.3.8 сверять свои действия с целью и, при необходимости, исправлять ошибки самостоятельно.</p>
	<p>2.4. Умение оценивать правильность выполнения учебной задачи, собственные возможности ее решения.</p>	<p>2.4.1 определять критерии правильности (корректности) выполнения учебной задачи;</p> <p>2.4.2 анализировать и обосновывать применение соответствующего инструментария для выполнения учебной задачи;</p> <p>2.4.3 свободно пользоваться выработанными критериями оценки и самооценки, исходя из цели и имеющихся средств, различая результат и способы действий;</p> <p>2.4.4 оценивать продукт своей деятельности по заданным и/или самостоятельно определенным критериям в соответствии с целью деятельности;</p> <p>2.4.5 обосновывать достижимость цели выбранным способом на основе оценки своих внутренних ресурсов и доступных внешних ресурсов;</p> <p>2.4.6 фиксировать и анализировать динамику собственных образовательных результатов.</p>

1	2	3
	<p>2.5. Владение основами самоконтроля, самооценки, принятия решений и осуществления осознанного выбора в учебной и познавательной.</p>	<p>2.5.1 наблюдать и анализировать собственную учебную и познавательную деятельность и деятельность других обучающихся в процессе взаимопроверки;            2.5.2 соотносить реальные и планируемые результаты индивидуальной образовательной деятельности и делать выводы;            2.5.3 принимать решение в учебной ситуации и нести за него ответственность;            2.5.4 самостоятельно определять причины своего успеха или неуспеха и находить способы выхода из ситуации неуспеха;            2.5.5 ретроспективно определять, какие действия по решению учебной задачи или параметры этих действий привели к получению имеющегося продукта учебной деятельности;            2.5.6 демонстрировать приемы регуляции психофизиологических/ эмоциональных состояний для достижения эффекта успокоения (устранения эмоциональной напряженности), эффекта восстановления (ослабления проявлений утомления), эффекта активизации (повышения психофизиологической реактивности).</p>
3. Познавательные УУД	<p>3.1. Умение организовывать учебное сотрудничество и совместную деятельность с наставником; работать индивидуально, находить решение; формулировать, аргументировать и отстаивать свое мнение.</p>	<p>3.1.1. определять свою роль в деятельности;            3.1.2. играть определенную роль в деятельности;            3.1.3. принимать позицию собеседника, понимая позицию другого, различать в его речи: мнение (точку зрения), доказательство (аргументы), факты; гипотезы, теории;            3.1.4. определять свои действия, которые способствовали или препятствовали продуктивной коммуникации;            3.1.5. строить позитивные отношения в процессе учебной и познавательной деятельности;            3.1.6. корректно и аргументировано отстаивать свою точку зрения, в дискуссии уметь выдвигать контраргументы, перефразировать свою мысль (владение механизмом эквивалентных замен);            3.1.7. критически относиться к собственному мнению, с достоинством признавать ошибочность своего мнения (если оно таково) и корректировать его;            3.1.8. предлагать альтернативное решение в конфликтной ситуации;            3.1.9. выделять общую точку зрения в дискуссии;            3.1.10. договариваться о правилах и вопросах для обсуждения в соответствии с поставленной задачей;            3.1.11. организовывать учебное взаимодействие в группе (определять общие цели, распределять роли, договариваться друг с другом и т. д.);            3.1.12. устранять в рамках диалога разрывы в коммуникации, обусловленные непониманием/неприятием со стороны собеседника задачи, формы или содержания диалога.</p>

1	2	3
	<p>3.2. Умение осознанно использовать речевые средства в соответствии с задачей коммуникации для выражения своих чувств, мыслей и потребностей для планирования и регуляции своей деятельности; владение устной и письменной речью, монологической контекстной речью</p>	<p>3.2.1. определять задачу коммуникации и в соответствии с ней отбирать речевые средства;  3.2.2. отбирать и использовать речевые средства в процессе коммуникации с другими людьми;  3.2.3. представлять в устной или письменной форме развернутый план собственной деятельности;  3.2.4. соблюдать нормы публичной речи, регламент в монологе и дискуссии в соответствии с коммуникативной задачей;  3.2.5. высказывать и обосновывать мнение (суждение);  3.2.6. принимать решение в ходе диалога и согласовывать его с собеседником;  3.2.7. создавать письменные «клишированные» и оригинальные тексты с использованием необходимых речевых средств;  3.2.8. использовать вербальные средства (средства логической связи) для выделения смысловых блоков своего выступления;  3.2.9. использовать невербальные средства или наглядные материалы, подготовленные/отобранные под руководством наставника;  3.2.10. делать оценочный вывод о достижении цели коммуникации непосредственно после завершения коммуникативного контакта и обосновывать его.</p>
	<p>3.3. Формирование и развитие компетентности в области использования информационно-коммуникационных технологий (далее – ИКТ).</p>	<p>3.3.1. целенаправленно искать и использовать информационные ресурсы, необходимые для решения учебных и практических задач с помощью средств ИКТ;  3.3.2. выбирать, строить и использовать адекватную информационную модель для передачи своих мыслей средствами естественных и формальных языков в соответствии с условиями коммуникации;  3.3.3. выделять информационный аспект задачи, оперировать данными, использовать модель решения задачи;  3.3.4. использовать компьютерные технологии (включая выбор адекватных задаче инструментальных программно-аппаратных средств и сервисов) для решения информационных и коммуникационных учебных задач, в том числе: вычисление, написание писем, сочинений, докладов, рефератов, создание презентаций и др.;  3.3.5. использовать информацию с учетом этических и правовых норм;  3.3.6. создавать информационные ресурсы разного типа и для разных аудиторий, соблюдать информационную гигиену и правила информационной безопасности.</p>