

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Департамент общего образования Томской области
ОГБУ «Региональный центр развития образования»
АНО ДО «Детский технопарк «Кванториум»
Департамент образования администрации г. Томска
МБОУ лицей при ТПУ г. Томска

СБОРНИК ТРУДОВ

XXIII Всероссийской конференции-конкурса
исследовательских работ старшеклассников
«Юные исследователи – науке и технике»

25 – 26 марта 2022 г.

Издательство
Томского политехнического университета
Томск 2022

УДК 373.5.385(063)

ББК 74.200.585.2л0

Ю-571

Юные исследователи – науке и технике: сборник трудов XXIII Всероссийской конференции-конкурса Исследовательских работ старшеклассников «Юные исследователи – науке и технике»; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2022

В сборнике трудов представлены материалы работ школьников.

Сборник представляет интерес для школьников, занимающихся исследовательской и проектной деятельностью.

В сборник включены статьи, представленные в Оргкомитет конференции и заслушанные на конференции.

ПОЛУЧЕНИЕ НЕФТЕПОГЛОЩАЮЩИХ МАГНИТНЫХ СОРБЕНТОВ

Куприянец Любовь Олеговна

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей
при ТПУ, 10 класс, г. Томск*

Руководитель: Усова Надежда Терентьевна, канд. техн. наук, учитель химии
МБОУ лицей при ТПУ

Нефть и нефтепродукты являются одним из сильнейших загрязняющих факторов водных ресурсов во всем мире. Наиболее эффективным методом очистки водных ресурсов является сорбционный метод. Разработка технологий производства и применения нефтесорбентов является одной из самых актуальных задач в мире.

Ранее проведенные исследования на базе лаборатории лицея при ТПУ (работа Лихачевой А. «Получение магнитных сорбентов для сбора нефти из железосодержащего шлама водоочистки») показали, что в качестве органической основы для получения магнитных сорбентов могут быть использованы разные отходы промышленности и что сорбенты на основе древесных опилок имеют самый высокий выход после карбонизации (51%) и самое высокое значение нефтеемкости (10,6 г/г), но обладают достаточно низкой плавучестью (10%). Мы решили продолжить данное исследование, взяв за основу, древесные опилки разных видов.

Актуальность исследования состоит в том, что магнитные сорбенты можно изготавливать из вторичного сырья, что позволяет решать сразу две проблемы: очистки воды от нефти и утилизации отходов.

Цель работы: получение нефтепоглощающих магнитных сорбентов совместной утилизацией древесных опилок и железосодержащего шлама водоподготовки

Задачи:

1. Исследовать возможность получения гидрофобных магнитных сорбентов на основе сосновых(СО) и березовых опилок(БО) с использованием железосодержащего шлама(ЖСШ) водоподготовки.
2. Изучить влияние концентрации гетита на свойства полученных сорбентов.
3. Оценить основные свойства полученных сорбентов (нефтеемкость, плавучесть, водопоглощение).

Одним из основных способов получения магнетита является совместное осаждение хлорида железа (II) и (III) в водной среде при добавлении аммиака [4]. Но использование химических реагентов приводит к увеличению себестоимости сорбента. Альтернативой может служить получение магнетита из железосодержащих промышленных отходов, например, ЖСШ, образующийся в больших количествах на станциях обезжелезивания при водоподготовке. Романовский В. И. и Горелая О. Н. [5] предложили способ получения магнитного сорбента из ЖСШ методом экзотермического горения в растворах, полученных кислотным выщелачиванием азотной кислотой ЖСШ с использованием

мочевины в качестве восстановителя. Недостатком метода является также использование химических реагентов.

В качестве углеродной основы для получения композитных магнитных сорбентов можно использовать отходы деревообработки. В литературе описаны способы получения магнитных композитных сорбентов из коры сосны [3], древесных опилок [1].

В работе были использованы березовые (БО) и сосновые (СО) опилки, являющиеся отходом деревообработки. Для получения магнитной основы сорбентов использовался ЖСШ водоочистки, основным компонентом которого является гетит.

Опилки пропитывали при нагревании 2, 3, 4 и 5% водной суспензией гетита, высушивали и прокаливали до 600°C в течение 30 мин. в муфельной печи. При этом происходила карбонизация образцов и активация частицами образующихся оксидов железа.

Было установлено, что с увеличением содержания гетита в образцах выход сорбентов увеличивается, что связано с уменьшением органического компонента в исходной смеси, который подвергается обугливанию. Причем выход сорбента, полученного из СО значительно выше, чем из БО, что связано с меньшей плотностью СО.

Полученные сорбенты обладали большой гидрофильностью, поэтому была проведена принудительная гидрофобизация сорбентов раствором стеариновой кислоты в диэтиловом эфире. Гидрофобизированные сорбенты обладали 100% плавучестью.

Все полученные сорбенты, обладали магнитными свойствами. Результаты эксперимента показали, что с увеличением концентрации гетита в исходной смеси магнитные свойства возрастают. Так как выход сорбентов из БО был ниже, т.е. большая часть опилок обуглилась, то соответственно магнитные свойства у данных сорбентов оказались выше.

Одной из важнейших характеристик сорбентов является нефтеемкость. Для её определения каждый из полученных образцов сорбента с известной массой помещался на кальку, затем к нему при помощи пипетки по каплям приливали нефть до тех пор, пока сорбент полностью не пропитается. Исследование проводили на электронных весах, фиксируя массу образца до и после насыщения нефтью. Далее нефтеемкость рассчитывалась по формуле:

$$K_m = m_{\text{нефти}} / m_{\text{сорбента}}, [\text{г/г}]$$

Эксперимент проводили в трехкратной повторяемости и брали среднее значение. Из полученных результатов (таблица 1) видно, что: нефтеемкость уменьшается с увеличением концентрации гетита в исходной смеси, что связано с уменьшением в исходных образцах составляющей опилок, и нефтеемкость сорбента, полученного из СО выше по сравнению с БО, что можно объяснить более высоким значением выхода сорбента после карбонизации и более низкой плотностью сорбента.

Водопоглощение – свойство нефтяного сорбента, показывающее, насколько эффективно он впитывает воду и удерживает ее. Считается, что высокое

водопоглощение снижает эффективность применения сорбентов для устранения тонких пленок нефти и нефтепродуктов. В предварительно взвешенные стаканы наливали 50 мл воды и насыпали определенную навеску сорбента. Через сутки из стаканов сливали воду и повторно взвешивали стаканы с оставшимся в них сорбентом. Водопоглощение рассчитывали по формуле:

$W=(m_2-m_1)/m_1$ (г/г), где m_1 – масса сухого сорбента, m_2 – масса сырого сорбента

Лучшие результаты были получены для сорбентов из СО. С увеличением концентрации гетита водопоглощение уменьшается.

Исходя из полученных результатов по определению свойств сорбентов (таблица 1) видно, что лучшие результаты по всем показателям получены для сорбентов на основе СО.

Таблица 1. Результаты определения основных свойств сорбентов

Вид опилок	% Содержание гетита	Выход сорбента, %	Нефтеемкость гидрофобизированного сорбента, г/г	Плаваемость (%)	Водопоглощение гидрофобизированных сорбентов, г/г	Масса сорбента, собранная магнитом, г
СО	2%	27,9	5,8	100	1,13	0,608
	3%	37,3	5,6	100	0,91	0,815
	4%	39,6	4,3	100	0,55	0,998
	5%	41,6	3,9	100	0,49	1,003
БО	2%	21,1	2,7	100	3,75	1,027
	3%	29,1	2,5	100	3,70	1,212
	4%	32,7	1,8	100	2,30	1,383
	5%	32,8	1,9	100	0,97	1,492

Поэтому было решено оценить эффективность применения данных сорбентов для удаления нефтяного пятна на водной поверхности. Для этого было создано модельное нефтяное загрязнение водной поверхности. В стаканы емкостью 100 мл налили воду до отметки 75 мл, с помощью пипетки на поверхность воды нанесли нефть массой 1, 2 и 3 г. Далее на поверхность загрязнения насыпали сорбент до полного очищения воды от нефти.

Наиболее эффективно поглощают нефть с поверхности воды сорбенты с 2 и 3% содержанием гетита. Также было установлено, что магнитом сорбент собирается при самой низкой толщине пленки (масса нефти 1г), в остальных случаях сорбент легко собирается механическим способом. Таким образом, как магнитный сорбент его можно использовать на тонких пленках нефти на воде.

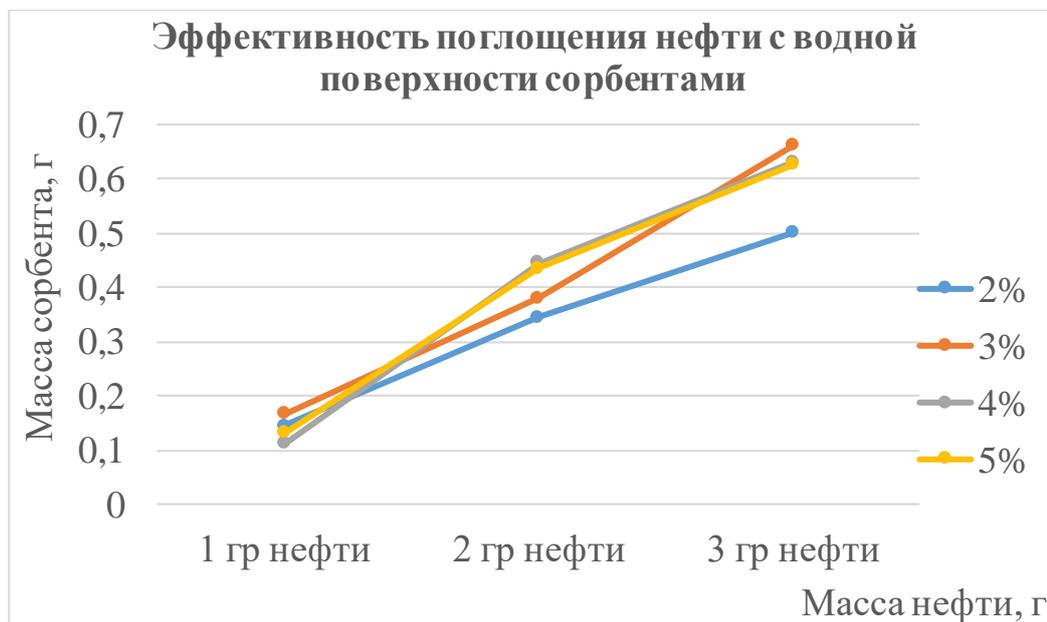


Рис.1. Результаты эффективности поглощения нефти сорбентами с водной поверхности.

Расходы, связанные с получением данного сорбента, будут определяться двумя факторами: затратами электроэнергии на работу муфельной печи и ценой реактивов, на проведение гидрофобизации сорбента (средняя цена стеариновой кислоты - 170 руб. за 1 кг, диэтиловый эфир – 450 руб за 1 кг.). Минимизировать указанные затраты можно использованием отходов для проведения гидрофобизации, например, это могут быть резервуарные или буровые нефтешламы [1].

Выводы:

1. Функционирующие магнитные сорбенты могут быть получены при карбонизации СО и БО с добавлением ЖСШ водоподготовки.
2. Гидрофобизированные сорбенты обладают 100% плавучестью.
3. С увеличением содержания гетита в образцах увеличивается выход сорбентов и улучшаются магнитные свойства. Водопоглощение при этом уменьшается, но при этом уменьшается нефтеёмкость. Поэтому оптимальным результатом можно считать 3% содержание гетита.
4. Лучшие результаты по исследуемым характеристикам (выход сорбента после карбонизации, насыпная плотность, нефтеёмкость) получены для образцов из СО.
5. Сорбент обладает хорошими магнитными свойствами при толщине пленке на воде до 1мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. А Пашаян, А. В. Нестеров. Создание нефтепоглощающих сорбентов совместной утилизацией древесных опилок и нефтяных шламов. // Вестник технологического университета. 2017. Т.20, № 9, С. 144-147
2. Романовский В. И., Горелая О. Н. Сорбент для очистки нефтесодержащих сточных вод на основе отходов станций обезжелезивания. // Вестник

- Брестского государственного технического университета – 2020, №2, С.61-64.
3. Веприкова В.Е., Цыганова С.И., Терещенко Е.А. Магнитные сорбенты на основе коры сосны для сбора нефти и нефтепродуктов. // Химия растительного сырья. – 2015, № 2, С.219-224.
 4. Е.С. Ушакова, Е.А. Сунчугашева, А.Г. Ушаков. Влияние природы магнетита на процесс получения и свойства магнитных углеродных сорбентов // Вестник КузТГУ. – 2019, № 2, С. 77-86.
 5. Гридин О.М. Семь раз отмерить. Рекламные иллюзии и реальные перспективы применения нефтяных сорбентов/ О.М. Гридин, В.Ж. Аренс, А.О. Гридин // Нефтегазовая вертикаль. 2000. - № 9. - С.28-32

СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Агеев Дмитрий

*Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение
«Средняя общеобразовательная школа №14», 10 класс
г. Кемерово*

Руководитель: Самчинская Екатерина Сергеевна, учитель химии.

Нанотехнология – область фундаментальной и прикладной науки, представляющая собой совокупность теоретического обоснования, приемов и методов, применяемых при изучении, проектировании, производстве и использовании наноструктур и интеграции составляющих их наномасштабных элементов (около 1–100 нм), для получения объектов с новыми химическими, физическими, биологическими свойствами.

В принципе, нанотехнология позволит создавать абсолютно любые объекты, манипулируя отдельными атомами вещества. Она, заменив другие технологии, позволит не только победить старение и болезни, но и обеспечит человечество фантастическими материальными богатствами. Практически же нанотехнология, например, в медицине, фармацевтике, в производстве красителей и пигментов.

В последнее время возрастает интерес к люминесцирующим наночастицам, так как их легко синтезировать, имеется множество исходных материалов, являются нетоксичными, легко модифицировать. Таким образом, их можно использовать в медицине, например для обследования опухолей, в составе биосенсоров. Также можно использовать в биологии для изучения клеток или для создания невидимых чернил для защиты ценных бумаг и пр.

Цель: синтез углеродных наночастиц и изучение их свойств.

Задачи:

1. Синтезировать наночастицы с применением лимонной кислоты с карбамидом и цитрата натрия с карбамидом.

2. Изучить люминесцирующее свойство полученных частиц
3. Изучить влияние времени нагревания на люминесцирующее излучение.
4. Сравнить полученные образцы друг с другом на люминесцирующее излучение.

Современная наука развивается очень стремительно. На сегодняшний день существует множество методов получения наночастиц, более того, эти методы позволяют с огромной точностью регулировать не только размеры наночастиц, но и их строение и форму.

Могут применяться для создания наноразмерных устройств для терапии и диагностики. Такие наноразмерные устройства, или нанороботы, служат в качестве транспортных средств для доставки терапевтических агентов, детекторов ранних заболеваний и, возможно, для восстановления метаболических или генетических дефектов.

В современных биомедицинских исследованиях большое внимание уделяется поиску новых путей неинвазивного получения изображений внутренней структуры биологических объектов. Благодаря появлению приборов с высоким пространственным разрешением все большее распространение получают оптические методы изучения, одним из наиболее наглядных и информативных среди которых является флуоресцентная диагностика очагов патологии непосредственно в организме.

Значительная часть разрабатываемых методов направлена на получение изображения новообразований, тканей и органов, исследование молекулярной структуры опухолевых клеток путем регистрации аутофлуоресценции, а также с помощью специфического окрашивания наблюдаемых объектов флуоресцентными контрастирующими агентами. Такие методы могут позволить не только обнаружить место локализации опухоли в организме, но и оценить уровень экспрессии различных белков и активность отдельных клеток и процессов, которые влияют на поведение опухоли и ее ответ на действие терапевтических агентов.

Синтез углеродных наночастиц осуществлялся методом «снизу вверх».

Лимонную кислоту и карбамид в чашке для выпаривания нагревали в сушильном шкафу при 160°C. Было получено 6 образцов, также получили 2 образца с цитратом натрия и карбамидом. Образцы со сплавом лимонной кислоты и карбамида нагревались в сушильном шкафу 30, 60, 90, 120, 150 и 180 минут, а чаши с цитратом и карбамидом 60 и 120 минут. После чего все образцы были охлаждены до комнатной температуры. Содержимое каждой чашки для выпаривания смыли в стакан, доводя до 100 мл водой, затем тщательно перемешали и отфильтровали через бумажный фильтр. Приготовили раствор из каждой образца и провели физический опыт эффекта Тиндаля, подтверждающий

наличие частиц малого размера. С помощью лампы Вуда изучили влияние времени термической обработки всех образцов на люминесцирующее излучение.

Для получения другого цвета свечения был проведен опыт, где в качестве реагентов были взяты лимонная кислота и карбамид в соотношении 1:2 (Рис.4). Данный образец нагревался в течение 5-6 минут над спиртовкой (средняя температура согласно справочной литературе около 900°C), после чего содержимое было охлаждено до комнатной температуры и разбавлено водой. Приготовленный раствор также исследовался на наличие частиц малого размера и люминесценцию.

Как видно из рисунка 1, что при прохождении лазерного луча через идеальный раствор (раствор поваренной соли) мы не наблюдаем луча. Однако, через прохождение того же луча через полученные мной растворы мы наблюдаем идеальный луч, что может свидетельствовать о наличие частиц малого размера (наночастиц).



Рис.1 Эффект Тиндаля в растворе поваренной соли и исследуемых образцах.

С помощью лампы Вуда, изучено люминесцирующее излучение всех полученных образцов при разном времени термической обработки реагентов, но при постоянной температуре сушильного шкафа. На рисунке 2 видно, что при нагревании от часа поменялся спектр излучения, мы видим при 30 минутах голубое свечение, а при 60 минутах уже желтое. При дальнейшем нагревании интенсивность излучения нарастает, но цвет не меняется. Возможно, при более длительном нагревании образуются более мелкие частицы углерода, с которыми и связана интенсивность излучения. Однако, используя опыт подтверждающий эффект Тиндаля во всех растворах, не дает нам возможности оценить реальный размер полученных наночастиц. Для этого нам необходимы дополнительные физико-химические исследования.

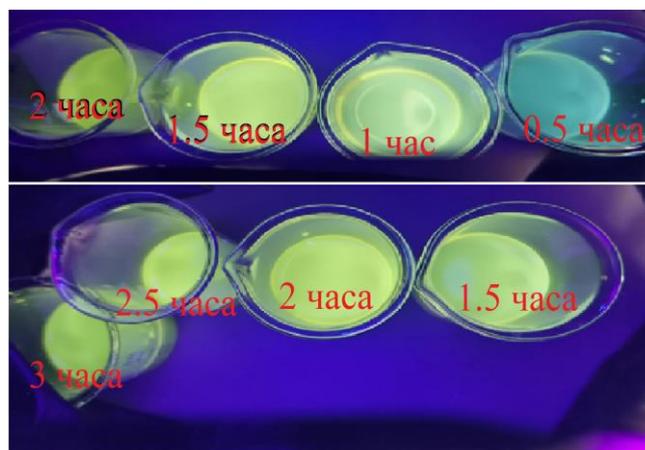


Рис.2 Люминесцирующие растворы наночастиц в зависимости от времени получения из лимонной кислоты и карбамида.

Из рисунка 3 видно, что нагревание не повлияло на интенсивность свечения. На мой взгляд свечение выглядит одинаково.

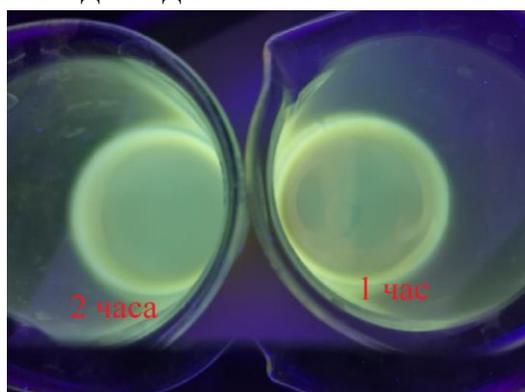


Рис.3 Люминесцирующие растворы наночастиц в зависимости от времени получения из цитрата натрия и карбамида.

Мне стало интересно, а что если изменить соотношение между реагентами. Исходя из опыта, проведенного в пробирке, можно сделать вывод, что получить люминесцирующий раствор с ярко-голубым свечением можно взяв реагенты в соотношении к 1:2. Однако нельзя с точностью утверждать, что именно количественное соотношение повлияло на такой исход эксперимента, потому что нагревание происходило в пламени спиртовки, где непостоянная температура достигающая значение в 900°C . На рисунке 4 видно как поставлен опыт и полученный результат

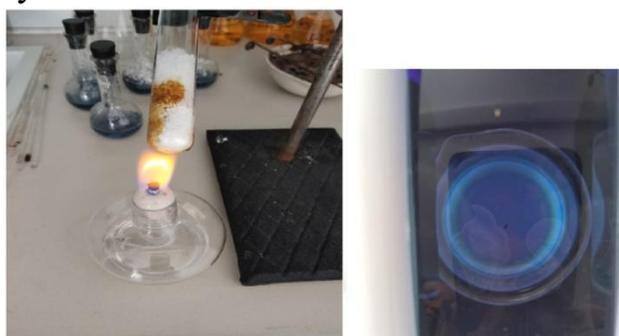


Рис. 4 Синтез наночастиц из лимонной кислоты и карбамида в соотношении 1:2

Выводы:

В ходе эксперимента установлено, что с увеличением продолжительности термообработки исходных веществ (лимонная кислота и карбамид) интенсивность люминесценции меняется, а при термической обработке смеси цитрата натрия и карбамида 1 и 2 часа излучение видимо не отличается. Опыт в пробирке с изменением количественного соотношения реагентов, показал, что можно получить ярко-голубое свечение в УФ. Однако, что именно повлияло на такой результат точно сказать можно будет, только поставив дополнительный эксперимент (взять образцы с разным количественным соотношением при постоянной температуре и с одинаковым соотношением в количестве, но с изменением температуры нагревания). Исходя из опыта на наличие эффекта Тиндаля в растворах полученных образцов, можно сделать вывод, что мы получили частицы малого размера. Но для установления качественного состава и их истинного размера необходимо провести еще ряд исследований.

Импульсный плазмохимический синтез наноразмерного композита $\text{CuO@SiO}_2\text{@TiO}_2$

Бричков Никита Антонович и Васильцов Алексей Юрьевич

МБОУ лицей при ТПУ, 10 класс

г. Томск

*Руководитель: научный сотрудник исследовательской школы физики
высокоэнергетических процессов Холодная Галина Евгеньевна.*

Введение

В наше время композиты играют весьма важную роль: они заменяют обычные металлы и другие строительные материалы, добавляют им новые свойства. Одним из таких композитов является $\text{CuO@SiO}_2\text{@TiO}_2$, который мы рассмотрим подробнее в этой работе.

Главное направление применения нанокompозита $\text{CuO@SiO}_2\text{@TiO}_2$ — фотокатализ. В настоящее время исследованиям фотокаталитически активных нанопорошков диоксида титана посвящено большое количество научных работ. Это связано с перспективой использования фотокатализаторов на основе диоксида титана для очистки сточных вод и воздуха, для создания самоочищающихся стекол для зданий и автомобильной техники, для обработки поверхности стен в больницах и общественных зданиях для снижения уровня бактериального загрязнения.

Однако за счет особенностей зонной структуры TiO_2 этот материал проявляет свои фотокаталитические свойства только при воздействии электромагнитного излучения УФ диапазона, что позволяет использовать лишь около 4% интенсивности излучения солнечного света. По этой причине разработка материалов на основе диоксида титана с более эффективным использованием

видимого диапазона электромагнитного излучения является актуальной задачей. Существует несколько способов увеличения фотокаталитической активности диоксида титана: 1) синтез наноструктур TiO_2 заданного фазового состава и морфологии; 2) создание композиционных материалов с наночастицами металлов и полупроводников. Получение наноразмерных композитов на основе диоксида титана и оксида меди (II) обусловлено тем, что CuO как допант влияет на фазовый состав TiO_2 . В системах CuO-TiO_2 наблюдается зависимость изменения фазового соотношения анатаз/рутил от концентрации CuO , что, в свою очередь, влечет изменение фотокаталитических свойств полученных наноразмерных композитов. Кроме того, многие полезные качества TiO_2 , такие как фотокаталитическая активность, высокая отражательная способность и другое могут усилиться при изменении структуры диоксида титана в присутствии аморфного диоксида кремния. Помимо этого, использование дешевого носителя для диоксида титана позволяет снизить стоимость синтезируемого материала при сохранении его полезных качеств. С учетом вышесказанного лабораториями было решено получить композит типа $\text{CuO@SiO}_2\text{@TiO}_2$.

Цель работы

Получить и исследовать физико-химические свойства наноразмерного композита $\text{CuO@SiO}_2\text{@TiO}_2$

Задачи

- 1) Изучить методы получения $\text{CuO@SiO}_2\text{@TiO}_2$.
- 2) Ознакомиться с методами исследования $\text{CuO@SiO}_2\text{@TiO}_2$.
- 3) Получить наноразмерный композит $\text{CuO@SiO}_2\text{@TiO}_2$ импульсным плазмохимическим методом на базе лабораторного стенда ТЭУ-500.
- 4) Изучить физико-химические свойства композита.

В ходе работы изучили методы получения наноразмерных композитов: золь-гель метод, гидротермальный, термическое испарение, плазмохимический, метод с применением эксикатора и метод поэтапного синтеза – и методы их исследования: РФА, ПЭМ, ИК-спектроскопия и EDX-анализ.

Чтобы лучше понять процесс получения данного композита плазмохимическим способом стоит рассмотреть отечественные и зарубежные аналоги.

В институте органического синтеза им. И. Я. Постовского УрО РАН был синтезирован схожий композит $\text{TiO}_2\text{@SiO}_2\text{@Cu(II)}$ при помощи эксикатора. Полученный материал имеет схожие свойства.

В Национальном Университете Сингапура был также синтезирован композит, схожий с исследуемым нами, но в виде стержней и CuO в виде нагрузки. Также обладает схожими свойствами с $\text{CuO@SiO}_2\text{@TiO}_2$.

Для получения нанокompозита $\text{CuO@SiO}_2\text{@TiO}_2$ используется плазмохимический метод, заключающимся в поэтапном синтезе композита, получаемого в лабораториях ТПУ. На первом этапе из порошка CuO , H_2 , O_2 и SiCl_4 , помещённых в плазмохимический реактор, синтезируется наноразмерный композит CuO@SiO_2 путём инжектирования импульсного электронного пучка.

За счёт импульсного воздействия наносекундной длительностью происходит объемное возбуждение исходных реагентов и плазмообразование. В ходе цепной реакции окисления водорода выделяется энергия, которая расходуется на синтез нанокompозита CuO@SiO₂. На втором этапе синтеза в плазмохимический реактор вводится тетрахлорид титана, водород и кислород, инжектируется электронный пучок, запускается ряд химических реакций, результатом которых является порошок CuO@SiO₂@TiO₂.

В ходе всех этих реакций использовался технологический электронный ускоритель ТЭУ-500.

Параметры ускорителя приведены в таблице.

Параметры ТЭУ-500	Значение
Напряжение на входе ГИН	35–40 кВ
Энергия электронов	400–450 кэВ
Выведенный ток электронов	6–7 кА
Длительность импульса (на полувысоте)	60 нс
Частота следования импульсов	(1–5) имп/с
Энергия в импульсе	80–90 Дж

В итоге были получены два образца нанокompозита CuO@SiO₂@TiO₂, различающиеся концентрациями исходных веществ.

Затем было проведено исследование этих образцов, опираясь на ПЭМ изображения и рентгенограмму, полученную РФА-методом.

В конце исследований был сделан вывод, что с увеличением концентрации исходных реагентов меняются некоторые свойства нанокompозита. В частности, при добавлении большего количества TiCl₄ изменялась степень металлических свойств образца.

В итоге можно сказать, что наноразмерный композит CuO@SiO₂@TiO₂ обладает рядом полезных свойств, он может применяться в разных отраслях человеческой деятельности, а именно использоваться в создании инновационных материалов, которые можно использовать в различных отраслях. И учитывая, что он стоит недорого, можно и даже нужно внедрять его в массовое производство.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА КАК ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ КОСТНЫХ ЦЕМЕНТОВ.

Владимирова Алёна

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение «средняя общеобразовательная школа №14, 10 класс

г. Кемерово

Руководитель: Самчинская Екатерина Сергеевна, учитель химии.

В настоящее время полиметилметакрилат (ПММА) является одним из наиболее часто используемых полимеров для изготовления костных цементов применяемых в травматологии, ортопедии и при изготовлении зубных имплантов. ПММА обладает удовлетворительными механическими и физическими характеристиками [1]. Он также имеет такие преимущества, как низкая стоимость, простота в применении, приемлемая биосовместимость [2]. Несмотря на это, материал имеет некоторые ограничения, такие как низкая твердость поверхности, отсутствие способности к поглощению рентгеновского излучения, плохая механическая устойчивость к усталости, ударам и изгибу, а также низкую антимикробную активность. Эти недостатки следует учитывать для улучшения характеристик ПММА в качестве материала для изготовления костных цементов [3].

На данный момент существуют многочисленные подходы для улучшения механических и тепловых свойств костных цементов. Одним из таких методов является введение в состав различных наполнителей, которые улучшают механических свойств и противомикробную активность. Наноразмерные частицы (НЧ), такие как TiO_2 , SiO_2 , ZnO , CeO_2 , Ag и углеродные нанотрубки (УНТ) включают в состав костной мантии, чтобы вызвать антимикробную активность и улучшить механические свойства [4]. Кроме того, TiO_2 являются нетоксичными и химически инертными оксидом, имеет высокий показатель преломления и коррозионную стойкость, а также высокую твердость и антибактериальную активность в широком спектре применения. [5].

Исследования в работах [6] показали, что даже низкие концентрации TiO_2 вызывают новые физико-химические, тепловые и электрические свойства в ПММА, что приводит к созданию нового класса нанокompозитных материалов.

В работе [7] исследовано влияние TiO_2 на физико-механические свойства двух компонентов протеза на основе ПММА. Результаты показали, что добавление очень малых концентраций TiO_2 значительно улучшает микротвердость и ударную вязкость, но отрицательно сказалось на прочности на изгиб. Кроме того, TiO_2 , SiO_2 были использованы в других материалах в качестве добавок для усиления антимикробных свойств ПММА. В заключение стоит отметить, что применение армирующих материалов на основе оксида титана и других наночастиц в базовых материалах для травматологии и ортопедии все еще находится на начальной стадии, и требуются значительные

усилия для поиска простых методов синтеза различных композитных структур с эффективными отношениями структура/свойства.

Основной целью данной работы является исследование рентгеноконтрастных и тепловых свойств медицинского костного цемента и разрабатываемого костного цемента на основе полиметилметакрилата (ПММА) с добавлением оксидных наночастиц.

Материалы и методы.

Для исследования рентгеноконтрастности материалов был использован диагностический рентгеновский аппарат Diagnostic x-ray unit ORANGE 1060HF, а для изучения тепловых свойств составов был использован тепловизор Testo 875-1i, Центр коллективного пользования КемГУ.



а)

б)

Рис. 1. Аппараты, используемые при работе: а – рентген, б – тепловизор.

В качестве исследуемых компонентов (рис. 2.) были выбраны порошки ПММА и метилметакрилат SIGMA-ALDRICH, костного цемента DePuySpine Confidence spinal cement, наночастицы In_2O_3 , TiO_2 , Sc_2O_3 , Eu_2O_3 , Gd_2O_3 .



Рис. 2.1. Исследуемые материалы: порошки наночастиц оксидов скандия, титана, гадолиния и синтезированного TiO_2 .

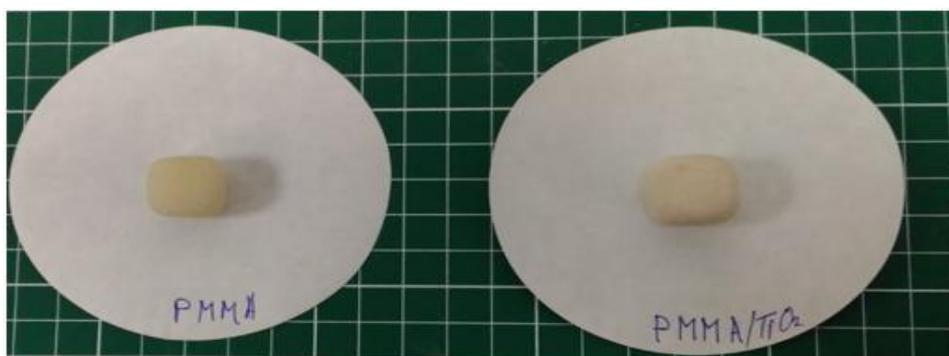


Рис.2.2. Исследуемые материалы: ПММА и ПММА с 7% содержанием наночастиц TiO_2 .

На рис. 3 видно, что костный цемент и ПММА имеют низкую способность к пропусканию рентгеновского излучения, а частицы TiO_2 свойственны поглощать рентгеновское излучение.

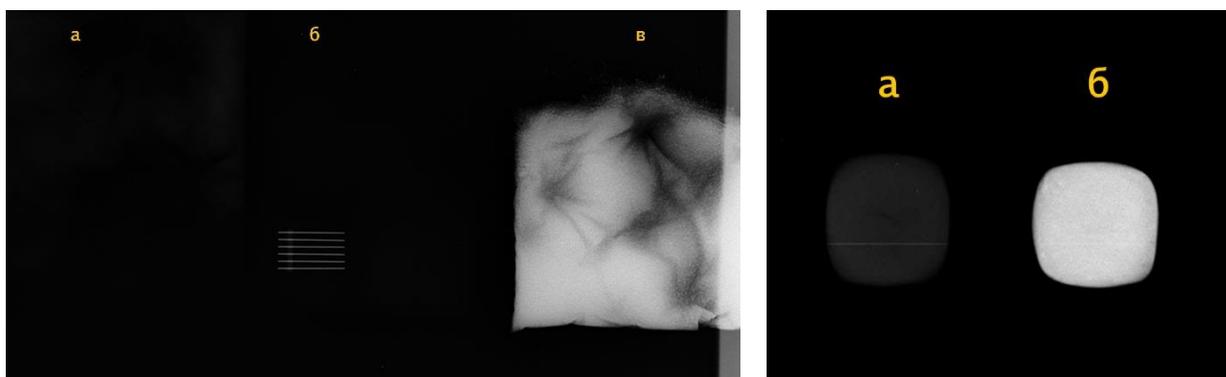


Рис. 3.1. Рентгеновский снимок: а – костного цемента; б – ПММА; в – наночастиц оксида титана.

Рис. 3.2. Рентгеновский снимок: а – чистого ПММА; б – ПММА с добавлением наночастиц TiO_2 .

Известно, что затвердевание костного цемента сопровождается значительным выделением тепловой энергии, в некоторых случаях температура достигает $80^{\circ}C$ и выше. Это свойство полимеризации может приводить к некрозу окружающих тканей вследствие термического поражения. Использование различных наночастиц позволяет изменить тепловые качества костных цементов, так как добавки снижают температуру реакции полимеризации, сводя к минимуму риски получения термического некроза. [8].

В работе были получены термограммы процесса затвердевания ПММА при помощи тепловизора для оценки влияния наночастиц на температуру полимеризации, представленные на рис. 4. Из рисунка видно что введение TiO_2

в количестве 7% от общей массы уменьшает температуру реакции более чем на 10 градусов.

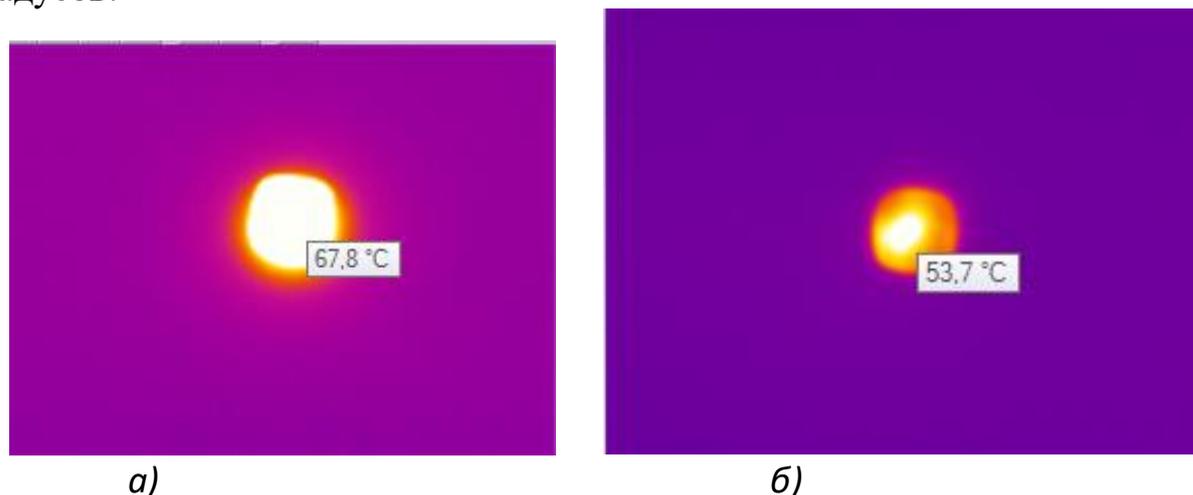


Рис. 4. Термограммы полимеризации: а – чистого ПММА; б – ПММА с добавлением 7% наночастиц TiO₂.

В работе было исследовано влияние различных наночастиц на рентгеноконтрастные и тепловые свойства полиметилметакрилата. Установлено, что малый процент содержания наночастиц увеличивает рентгеноконтрастность, уменьшает температуру затвердевания ПММА. В качестве будущего развития проекта будет проведен ряд исследований, позволяющих установить влияние процентного содержания наночастиц на механические свойства и противомикробную активность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Alrahlah, Ali, et al. / *Materials* 11.7 (2018): 1096.
2. Tavakoli et al. / *International Journal of Biological Macromolecules* 149 (2020): 783-793.
3. Kumar, Manish, et al. / *Journal of Applied Polymer Science* 135.5 (2018): 45774
4. Han, Zhihui, et al. / *Materials & Design* (1980-2015) 65 (2015): 1245-1252.
5. Reijnders, Lucas. / *Polymer degradation and stability* 94.5 (2009): 873-876.
6. Chatterjee, Amit. / *Journal of applied polymer science* 116.6 (2010): 3396-3407.
7. Sodagar, Ahmad, et al. / *Journal of prosthodontic research* 57.1 (2013): 15-19.
8. Khandaker, et al. / *Procedia engineering* 105 (2015): 946-952.

БИОПОЛИМЕРНЫЕ ПЛЕНКИ, КАК ЛЕКАРСТВЕННАЯ ФОРМА С ПРОЛОНГИРОВАННЫМ ДЕЙСТВИЕМ

Голубцова Александра

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ,
10 класс, г. Томск

Руководители: Ди Мартино Антонио, PhD, доцент ИШХБМТ, ТПУ

Хан Елена Алексеевна, аспирант ИШХБМТ, ТПУ

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. В последние годы был достигнут значительный прогресс в решении фармакологических ограничений доставки лекарств. Однако, серьезные проблемы остаются, поэтому требуется находить более оптимальные лекарственные формы, обеспечивающие увеличение продолжительности действия лекарственного вещества путем замедления его высвобождения. Данное направление исследования является актуальным для современной медицины. Высокие дозы, необходимые для достижения терапевтического эффекта или повторное введение лекарственных веществ в формах, ныне существующих на рынке, могут привести к нецелевым эффектам или токсичности. Перспективной формой лекарственных препаратов может быть гидрогель [1].

Гипотеза: биополимерная гидрогелевая форма позволит без вреда пролонгировать действие лекарственных веществ.

Цель: получение и изучение биополимерных гидрогелевых пленок с загруженным лекарственным препаратом.

Задачи:

1. Изучить литературу по биополимерам;
2. Приготовить смесь биополимеров с добавлением лекарственных средств;
3. Сформовать нерастворимые в воде гидрогелевые пленки из смеси;
4. Проанализировать полученную лекарственную форму.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Медицинская помощь продвинулась вперед с открытием и разработкой новых терапевтических методов [2]. Традиционная система доставки лекарств обычно имеет дело с проблемами, связанными с повторным введением доз и системной токсичностью. Поэтому усилия были сосредоточены на разработке стратегий локализации терапевтических средств в целевом участке и контроле их высвобождения (или локальной концентрации) с течением времени с целью повышения эффективности при ограничении побочных эффектов [1]. Разнообразие и универсальность гидрогелей делают их незаменимыми не только в области адресной доставки лекарств, но и в тканевой инженерии, производстве контактных линз и перевязочных материалов. Еще одна причина, по которой

гидрогели являются «умным» носителем для доставки лекарств, — это их особая способность удерживать воду внутри своей сети [2].

Гидрогели – перекрестно-сшитые гидрофильные полимеры, сердечно-сосудистые, хрящевые имплантаты, и. т. д. [3]

Карбоксиметилцеллюлоза - производное целлюлозы, в которой карбоксил метильная группа соединяется гидроксильными группам глюкозных мономеров. Является пищевой добавкой (Е466), используется для покрытий таблеток препаратов. Полимер нерастворим в кислой среде желудка, но растворим в тонкой кишке. Также — в качестве гелеобразователей, носителей лекарств в виде мазей. [4, 5]

Гидроксиэтилцеллюлоза — гидроксильный эфир целлюлозы полученный обработкой целлюлозы гидроксидом натрия и реакцией с оксидом этилена. В основном применяется в качестве загустителя для косметических средств [6]

Глицерин — органическое соединение, простейший многоатомный спирт с формулой $\text{HOCH}_2\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH}_2\text{OH}$. Применяется в парфюмерной промышленности: входит в состав косметических средств, предотвращает их от высыхания и увлажняет кожу. В кондитерских изделиях и напитках применяется как пищевая добавка. Также его добавляют в пластмассу в качестве пластификатора - компонента, придающего веществу эластичность. [7]

Поливинилпирролидон — водорастворимый полимер, состоящий из мономерных единиц N-винилпирролидона. Повидон используется в медицине и является абсолютно безопасным средством. Может выступать связующим регулятором вязкости, пленкообразователем. [8]

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

10 грамм карбоксиметилцеллюлозы добавили в 200 грамм дистиллированной воды, после чего постоянно помешивали. Добавили 5 грамм гидроксиэтилцеллюлозы, размешивали, пока не получится однородная смесь, как показано на рисунке 1.



Рис. 1. Однородная желеобразная смесь

Для эластичности добавили 15 мл глицерина, некоторое время размешивали. Взяли 200 мл 10%-го раствора поливинилпирролидона, размешивали, пока не загустеет.

Добавили раствор лекарственного средства (но-шпа), мешали до изменения окраски и получения однородной массы. Внесли раствор лимонной

кислоты (1,75% от массы смеси биополимеров). Смесь поместили в чашки Петри, для формирования пленки, через сутки дождались выпаривания воды, как показано на рисунке 2. Поставили в печь на 80 °С на 24 часа для сшивки.

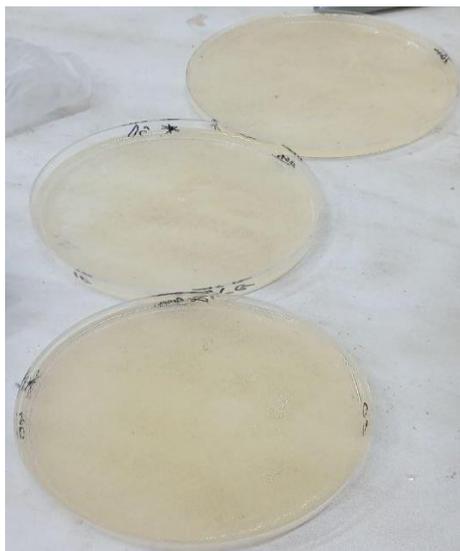


Рис. 2. Смесь биополимеров и лекарственного вещества в чашках Петри

Через сутки обмакнули полученные плёнки в 10%-й раствор *comract cel'a*, состоящий из гипромеллозы и кармеллозы, и придающий лекарственным препаратам меньшую скорость растворения.



Рис. 3. Готовые гидрогелиевые пленки после сшивки температурой

Маленькие части полученной пленки поместили в дистиллированную воду, следили за результатами, записывали массу плёнки, впитывающей воду, пока она не развалится. Фотографии до и после 15 минут представлены на рисунке 4 (а-б).



Рис. 4. а) Кусочек плёнки до погружения в воду

б) Кусочек плёнки после погружения в воду

Для сравнения, в воду опустили кусочек плёнки примерно равной площади, из того же состава, но без повидона и *comtract cel'a*. Её вместимость была чуть меньше, фотографии до и после 10 минут представлены на рисунке 5 (а-б).



Рис 5. а) Кусочек плёнки до погружения в воду
б) Кусочек плёнки после погружения в воду

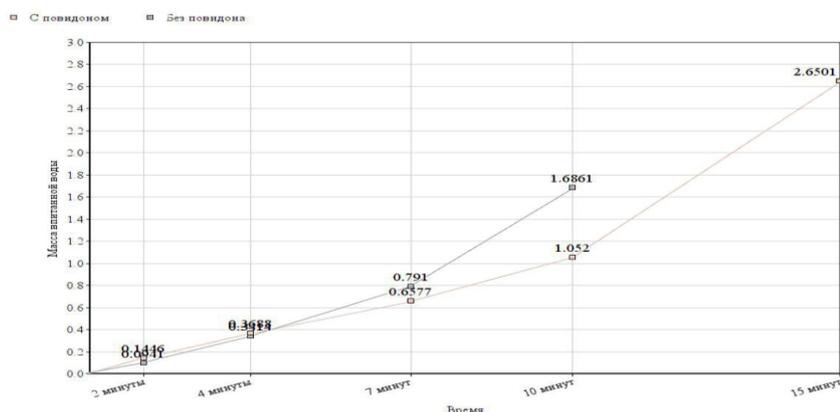


Рис. 6. Сравнительный график впитывания воды плёнок с повидоном и без него.

ВЫВОДЫ

Были приготовлены три экземпляра целлюлозных нерастворимых в воде плёнок, содержащих лекарственное средство: два по 30, один - 40 мл. Благодаря глицерину, они оказались эластичными, а после покрытия её средством усиленного пролонгирования, состоящим из гипромеллозы и кармеллозы, стала чуть твёрже. Также была проверена вместимость воды, после чего стало известно, что плёнка без повидона и *comtract cel'a* впитывает за 10 минут в 1,6 раз больше воды, чем та, в которую добавили эти материалы, но очень быстро рвётся, когда как другая за 15 набрала 2,65 грамм, и оставалась наполовину целой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

Bernhard S., Tibbitt M. W. Supramolecular engineering of hydrogels for drug delivery // *Advanced Drug Delivery Reviews*. – 2021. – Т. 171. – С. 240-256.

Kesharwani P. et al. Biomedical applications of hydrogels in drug delivery system: An update // *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. – 2021. – Т. 66. – С. 102914.

Ю.Г. Чернецкая, А.И. Жебентяев, П.Т. Петров ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛЕКАРСТВ Вестник фармации №3 (53) 2011

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФЛАВОНОИДОВ В ВЕТКАХ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ

Дьячкова Яна

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ,
11 класс, г. Томск

Руководитель: Чернова Анна Павловна, канд. хим. наук, доцент

Облепиха крушиновидная – кустарник из семейства лоховые, ареал распространения которого весьма обширен и включает значительную часть Европы и Азии. В России облепиха произрастает во многих регионах, но основные ее массивы находятся на Алтае, Туве, южной части Бурятии. Ежегодный объём проводимой в садах промышленного назначения Алтайского края реконструкции позволяет иметь 230-350 тонн надземной биомассы облепихи крушиновидной, из которых с учетом влажности ежегодно можно получить до 35-50 тонн сухой смеси коры и побегов облепихи [4].

При производстве пищевых, косметических и лекарственных продуктов перерабатываются в основном плоды. Ягоды облепихи содержат большое количество полезных для здоровья ингредиентов – в них в большом количестве присутствуют каротиноиды (при этом содержание каротина – 60 %), флавоноиды, сахара, минеральные соли, пектин, фолиевая кислота, порядка 8 % жирных масел и другие [2]. Листья, кора и ветви облепихи считаются отходами, образующимися во время сбора урожая, но представляют собой новое ценное сырье. Однако в этом сырье содержатся флавоноиды, которые обладают антиоксидантной активностью, снижают свертываемость крови, уменьшают ломкость и проницаемость капилляров, улучшают обменные процессы. Так, из листьев облепихи был получен противовирусный препарат растительного происхождения «Гиперамин» (компания ВИЛАР г. Москва) [3]. Таким образом, выделение ценных биологически активных веществ из «отходов» (кора и ветки) облепихи приведет к продуктивности использования ресурсов, созданию новых ценных продуктов и уменьшит выбросы углекислого газа в атмосферу. Данная работа реализуется совместно с компанией ООО «Биолит» (г. Томск).

Целью работы является качественное и количественное определение содержания флавоноидов в экстрактах, полученных из коры и листьев облепихи крушиновидной Алтайского края.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

Приготовление водных и спиртовых экстрактов из растительного сырья;

Качественное определение флавоноидов в полученных экстрактах с помощью качественных реакций;

Качественное определение флавоноидов методом тонкослойной хроматографии (ТСХ);

Количественное определение флавоноидов методом спектрофотометрии.

Для исследования были взяты кора и листья облепихи крушиновидной, выращенной на территории Алтайского края. В качестве биологически активных веществ были выбраны вещества гидрофильной природы, а именно флавоноиды,

которые обладают широким спектром фармакологических свойств и представляют интерес для медицины.

Работа состояла из следующих этапов:

Приготовление водного и спиртового экстрактов с предварительным определением влажности сырья;

Для проведения качественных реакций необходимо было провести экстракцию органического сырья.

Экстракция – процесс распределения вещества между двумя несмешивающимися жидкими фазами. Одной фазой обычно бывает вода, в качестве второй выступает органический растворитель.

Проводили экстракцию по следующей схеме:

- 1 г сырья + 20 мл экстрагента (экстрагент: H₂O, 70% этанол)
- экстрагирование 3 часа при температуре 100°C
- обратный хололильник

Качественное определение флавоноидов в экстрактах листьев и веток с помощью качественных реакций: с 2 % спиртовым раствором хлорида алюминия, с реактивом Вильсона, с 1 % раствором ванилина в концентрированной соляной кислоте [5]. Качественное содержание флавоноидов оценивали по изменению окраски, полученные результаты приведены в таблице 1.

– Реакции с 1-2% спиртовым раствором хлорида алюминия образуют окрашенные соединения (жёлтая, зеленая окраска), имеющие зелёную флуоресценцию при длине волны 366 нм (батохромный сдвиг). В образовании батохромного комплекса прежде всего принимают участие свободные 3- и 5-ОН- группы флавоноидов.

– Реакция Вильсона (борно-лимонная реакция). 3- и 5-гидрокси флавоны и 3- и 5-гидрокси флавонолы взаимодействуют с борной кислотой в присутствии лимонной (или щавелевой) кислоты, образуя ярко-жёлтое окрашивание с желтовато-зеленой флуоресценцией (образование батохромного комплекса), в случае участия в реакции 3-ОН-группы образуется устойчивый пятичленный комплекс, который не разрушается при добавлении лимонной или марлевой кислот. Флавоноиды, имеющие свободную 5-ОН-группу, также дают положительную реакцию, но образуемый при этом шестичленный комплекс после добавления соответствующих органических кислот разрушается (окраска и флуоресценция исчезают).

– Катехины с 1% раствором ванилина в концентрированной HCl образуют красно-малиновое окрашивание (производные флороглюцина и резорцина)

Идентификация флавоноидов методом нормально-фазной тонкослойной хроматографии на хроматографических пластинках типа «Сорбфил» с УФ-детектированием. Исследование проводили в двух- и трехкомпонентных подвижных фазах: н-бутанол - уксусная кислота - вода (4:1:5) и ледяная уксусная кислота - вода (15:85). В качестве стандартного образца флавоноидов был использован катехин. После хроматографирования и высушивания пластинку

обрабатывали хромогенными реактивами и наблюдали свечение и окраску пятен в УФ-свете. Результаты представлены в виде таблицы 2 с указанием Rf.

При хроматографировании было обнаружено по два пятна с одинаковыми показателями: величиной Rf, цветом пятна и флюоресценций в УФ-свете, что свидетельствует об принадлежности к катехинам.

Следующим этапом работы будет количественное определение суммы флавоноидов было определено методом спектрофотометрии [3].

Это позволит оценить в каком экстракте содержится больше БАВ.

В результате исследований были выделены и количественно определены биологически активные вещества – флавоноиды. Качественные реакции на флавоноиды показали, что исследуемое растительное сырье содержит следующие группы флавоноидов: флавоны, флавоны (реакция с реактивом Вильсона), катехины (реакция с раствором ванилина в концентрированной HCl) Установить, в каком экстракте количество исследуемых БАВ больше, позволит проведение спектрофотометрии.

Таким образом, препараты, созданные на основе «отходов» облепихи грушевидной могут найти применение в косметической и фармацевтической промышленности.

Таблица 1 – Качественное обнаружение флавоноидов.

Реактив	Водный экстракт	Спиртовой экстракт	Р-р сухого экстракта	Наличие флавоноидов
2 % AlCl ₃ в спирте	желтое окрашивание, желто-зеленая флюоресценция	желтое окрашивание, желто-зеленая флюоресценция	желтое окрашивание, желто-зеленая флюоресценция	
Реактив Вильсона	желтое окрашивание	желтое окрашивание	желтое окрашивание	Флавоноиды группы флавана и флавана
1 % ванилин в HCl (конц.)	малиновое окрашивание	ярко-малиновое окрашивание	малиновое окрашивание	

Таблица 2 – Хроматографическое исследование катехинов в сырье.

Объект исследования	Номер пятна	Величина Rf
Сумма катехинов из веток (спирт. экстр.)	1	0,29+0,01
	2	0,56+0,01
	3	0,92+0,01
Сумма катехинов из веток (водн. экстр.)	1	0,55+0,01
Сумма катехинов из листьев (сухой экстр.)	1	0,44+0,01
	2	0,80+0,01

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Published online June 29, 2017 | Planta Med 2018; 84: 26–33 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York | ISSN 0032-0943 DOI <https://doi.org/10.1055/s-0043-114424>

1 Geetha S. et al. Anti-oxidant and immunomodulatory properties of seabuckthorn (*Hippophaerhamnoides*)—an in vitro study // Journal of Ethnopharmacology. – 2002. – Т. 79. – №. 3. – С. 373-378.

Азарова О. В. Дисс. Кора и побеги облепихи крушиновидной - новый сырьевой источник биологически активных веществ канд. биологич. наук. Барнаул: 1998. 145 с.

Патент РФ 2098111 С1, 10.12.1997. Способ получения противовирусного препарата «Гипорамин» / Толкачев О. Н., Шевченко О. П. [и др.].

Федосеева Г. М., Миревич В. М., Горячкова Е. Г. Фитохимический анализ растительного сырья, содержащего флавоноиды. Иркутск: 2009. 67 с.

Исследование поверхностно-активных свойств гуматов в отношении нефтеразливов на водных объектах *Иожич Егор Иванович, Прохоров Владислав Владиславович*

*Муниципальное общеобразовательное учреждение «Лицей №1», 10 класс
г. Ачинск*

Руководитель: Хмелева Людмила Владимировна, учитель химии.
Научный руководитель: Лесик Елена Ильинична, к.х.н., ИНИГ СФУ

Актуальность темы работы. Каждый год в России добывается примерно 550 миллионов тонн нефти. По оценкам экспертов потери при добыче и транспортировке нефти составляют 3-7% от всего объема добываемой нефти. Абсолютные потери колеблются от 10 до 20 млн. тонн нефти в год. В соответствии с законодательством Российской Федерации разливы нефти и нефтепродуктов являются чрезвычайными ситуациями, и их последствия подлежат ликвидации. Локализация и устранение нефтяного загрязнения должны производиться в ходе комплекса мероприятий, с использованием технологического оборудования и различных подходов к той или иной аварии. Вне зависимости от характера аварийного разлива продукции нефтепереработки, действия должны быть направлены прежде всего на ликвидацию нефтяного пятна, что позволит не допустить дальнейшего увеличения площади загрязнения.

Результатом аварийного разлива нефти для окружающей среды является масштабное экологическое бедствие, которое включает загрязнение земли, подземных горизонтов, водных систем, атмосферного воздуха (в результате испарений нефтепродуктов с большого «зеркала» поверхности), несущее угрозу жизни для живых организмов, в том числе человека.

Существует большое разнообразие способов и средств для ликвидации разливов нефти [1]: механический, термический, физико-химические (промывка,

дренирование, применение сорбентов, химических диспергаторов), биологический методы. Поиск наиболее эффективного метода удаления нефтяных загрязнений является актуальной задачей, решением которой занимаются специалисты самых разных профилей.

Постановка и формулировка проблемы. Существующие методы ликвидации последствий загрязнения нефтью и нефтепродуктами имеют разную эффективность в зависимости от объема разлива, климатических условий и типа поверхности (водная, почва-грунты). Так, механический метод наиболее эффективен в самом начале разлива, когда толщина нефтяного слоя наибольшая. В то же время, на месте механического сбора на воде все равно остается тонкий слой нефти или нефтепродуктов. В процессе ликвидации нефтеразлива термическим методом окружающая среда загрязняется продуктами неполного сгорания нефти или нефтепродуктов, а также воздействие высоких температур приводит к гибели растений и животных. Химические методы основаны на применении диспергентов, которые являются достаточно токсичными за счет содержания в них растворителей, что приводит к вторичному загрязнению акваторий [2].

Таким образом, возникает необходимость поиска экологически безопасных методов ликвидации последствий нефтяного загрязнения, основанных на стимулировании и воспроизведении природных процессов самоочищения. Возможно, гуминовые вещества как активная матрица органического вещества почв, торфов и природных вод способны помочь в решении этой проблемы.

Гипотеза. Приступая к исследованию, нами было сделано предположение, что гуминовые вещества обладают поверхностно-активными свойствами, высокой реакционной и сорбционной способностью по отношению к органическим загрязняющим веществам, а значит, могут быть включены в биопрепараты для очистки воды от нефтезагрязнений.

В связи с вышесказанным поставили цель: исследовать свойства гуматов в качестве компонента биоремедиационных комплексов для ликвидации нефтеразливов на водных объектах.

Для достижения поставленной цели, потребовалось решение следующих **задач:**

- изучить природу гуминовых веществ, их виды, строение, свойства,
- изучить имеющиеся методики изучения физико-химических, связывающих и диспергационных свойств гуминовых веществ;
- экспериментально исследовать физико-химические характеристики гуматов;
- экспериментально изучить стабилизирующие и диспергационные свойства гуматов по отношению к нефтяным эмульсиям в пресной и морской воде.

Обзор аналогов. Способность гуминовых веществ снижать токсичность различных классов загрязняющих веществ многократно исследована. Гуминовые вещества нашли широкое применение в технологиях

биорекультивации, направленных на ускорение естественных процессов очистки загрязненных почв путем внесения биопрепаратов, минеральных удобрений, высадки растений. Это подтверждается многочисленными патентованными технологиями, регламентами, исследованиями российских ученых: Р.К. Андресона, П.Л. Ивасишина, В.В. Куми, М.А. Мокроусовой, К.К., Сатубалдина, А.И. Шульгина и др. Однако оценка эффективности технологий биорекультивации проводилась, как правило, по показателям фитопродуктивности, результатам микробиологических и агрохимических исследований. При этом исследований с целью выявления эффективности гуминовых веществ по отношению к тому или иному загрязняющему веществу, как правило, не проводилось, хотя это способствовало бы более целенаправленному и эффективному применению гуминовых реагентов [3].

Этапы исследования. Экспериментальная часть данной исследовательской работы была проведена на базе Института нефти и газа Сибирского федерального университета.

Из раствора гумата были приготовлены водные и водно-солевые (концентрация морской соли 3,5%) растворы гумата следующих концентраций 0,1-1,5 % масс% с шагом 0,1 масс%. Образцы были термостатированы до температуры 25 С.

Лабораторный анализ состоял из нескольких этапов:

1. Исследование поверхностно-активных свойств гуматов.

Поверхностно-активные свойства вещества определяют его способность к процессам диспергирования и изменения смачиваемости нефти. Для оценки поверхностной активности гуматов использовали методы определения поверхностного натяжения на границе раздела фаз, к которым относится метод максимального давления пузырька (метод П.А. Ребиндера). Для определения использовали прибор, изображенный на рисунке 3:

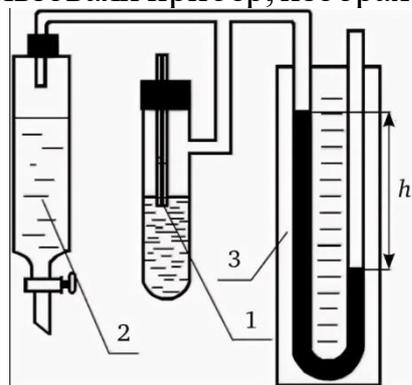


Рисунок 3. Схема прибора для определения поверхностного натяжения по методу максимального давления пузырька газа. 1 – сосуд с капилляром, 2 – водный аспиратор; 3 – жидкостный манометр.

В качестве стандартной жидкости брали дистиллированную воду, точное значение поверхностного натяжения которой известно для широкого диапазона температур. При температуре 20°C для воды $\sigma_0 = 72,75 \text{ мДж/м}^2$ (72,75 эрг/см²). Таким образом, работа сводится к определению показаний манометра (Δh_0) для стандартной жидкости (дистиллированной воды) и исследуемого раствора (Δh_i).

Величину поверхностного натяжения исследуемого раствора σ вычисляли по уравнению:

$$\sigma = 72,75 \frac{\Delta h_i}{\Delta h_0}, \quad (1)$$

где $i=1, 2, \dots, n$ (i – номер исследуемого раствора); Δh_0 – разность уровней толуола в коленах манометра для стандартной жидкости; Δh_i – разность уровней толуола в коленах манометра для i -го исследуемого раствора.

2. Оценка диспергирующей способности гуматов по отношению к нефти.

Диспергирование проводили с использованием модифицированной плоскодонной конической колбы, оснащенной носиком, с целью отделения диспергированной нефти без затрагивания верхнего слоя нефти. Модельные системы готовили путем добавления около 120 мл морской (3,5 масс %) или пресной воды. Смесь нефть/диспергент вносили в соотношении 10:1. Колбу встряхивали при 150 об/мин в течение 20 мин. Диспергированную нефть помещали в делительную колбу и проводили экстракцию трихлорметаном. Концентрацию нефти определяли спектрофотометрически при длинах волн 340, 370 и 400 нм. Рассчитанное среднее значение позволяло получить содержание диспергированной нефти в водной фазе. Эффективность диспергирования оценивали, как отношение количества диспергированной нефти к общему количеству внесенной нефти с учетом естественного диспергирования, выраженное в процентах. Далее был построен калибровочный график для определения концентрации нефти в хлороформе.

Сравнение диспергирующей способности поверхностно-активных веществ производилось при температуре 25 °С в пресной и в морской воде. Установлено, что эффективность диспергирования гуматов зависит от их концентрации и наличия соли в воде. С увеличением солёности воды снижается способность к диспергированию нефти в воде. Этот эффект связан с ростом ионной силы раствора (содержание ионов при введении в раствор соли увеличивается) при этом подавляется диссоциация входящих в состав гуматов аммонийных солей карбоновых кислот, что приводит к падению растворимости гуматов в воде.

Также наблюдается зависимость эффективности диспергирования от концентрации гуматов. Исходя из полученных данных, был сделан вывод, что эффективность диспергирования нефти гуматами в речной воде составляет 15-16 %, в соленой воде эффективность гуматов снижается в 1,3 раза.

3. Оценка стабилизирующей способности гуматов по отношению к нефти.

Стабилизирующую способность гуматов по отношению к нефтяной эмульсии в воде оценивали на основе анализа данных по измерению оптической плотности систем во времени при длине волны проходящего света 535 нм. Критерием стабильности эмульсии нефти в пресной и соленой воде служила величина пропускания исследуемых систем при 535 нм, значение которой снижалось с увеличением стабильности нефти. После отстаивания, с фиксированной глубины (3 см) осуществляли отбор пробы. Сравнение

стабилизирующей способности эмульсии проводили через четыре часа после смешивания компонентов.

Контрольный образец содержит воду и нефть, без добавления гуматов. Критерием стабильности эмульсии служила величина светопропускания T (%). Чем больше величина светопропускания, тем менее устойчива полученная эмульсия нефти в воде. На основании полученных данных, установлено, что стабилизирующая эмульсии способность гуматов проявляется лучше в речной воде, чем в морской воде.

Результаты исследования.

- Растворы гумата обладают поверхностно-активными свойствами. При содержании гуматов в воде 1% масс. поверхностное натяжение водных растворов снижается на 30 % в пресной воде и на 25 % в соленой.

- Гуматы обладают диспергирующей и стабилизирующей эффективностью по отношению к нефтяным эмульсиям как в пресной, так и в морской воде.

- Наилучшее диспергирование наблюдалось в присутствии гуматов свыше 1,0 масс. % в пресной воде. С увеличением солености воды снижается способность к диспергированию нефти в воде.

- Стабилизирующая способность гуматов проявляется лучше в речной воде, чем в морской воде.

Заключение. Анализ литературы, сделанный нами в ходе исследования, позволил узнать, что гуминовые вещества относятся к супрамолекулярным системам, представляющим собой совокупность молекул, объединенных в мицеллоподобную структуру за счет водородных и гидрофобных связей.

Данные, полученные в результате эксперимента, показали, что растворы гумата обладают поверхностно-активными свойствами. Следовательно, гуматы могут быть использованы в качестве диспергаторов нефти в водных системах.

Установлено, что гуматы обладают диспергирующей и стабилизирующей эффективностью по отношению к нефтяным эмульсиям как в пресной, так и в морской воде. Наилучшее диспергирование наблюдалось в присутствии гуматов свыше 1,0 масс. % в пресной воде, при этом показатель эффективности диспергирующей способности гуматов составляет не менее 15 % от общего количества введенной нефти. Также установлено, что стабилизирующая способность гуматов проявляется лучше в речной воде, чем в морской воде.

Выводы и предложения по внедрению результатов. Практическая значимость проделанной работы заключается в том, что экспериментально подтверждена возможность использования гуминовых веществ в качестве компонентов биоремедиационных комплексов в условиях необходимости ликвидации нефтяных разливов.

Полученные в ходе исследования результаты позволяют рекомендовать включить гуминовые вещества в состав биопрепаратов для ликвидации нефтезагрязнений на водных объектах. При этом эффективно решалась бы задача экологической безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мерициди И. А. Техника и технологии локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов : Справочник / И. А. Мерициди, В. А. Ивановский, А. Н. Прохоров и др.; Под ред. И. А. Мерициди. – СПб.: НПО «Профессионал», 2008. – 824 с.
2. Применение диспергентов для обработки нефтяных разливов : [технический информационный документ]. – Canterbury : ITORF, 2011. – 11 с.
3. Гречищева, Н. Ю. Химические науки / Н. Ю. Гречищева // Исследование стабилизирующей способности гуминово-глинистых комплексов по отношению к нефтяному загрязнению водных сред : сб. науч. тр. / Москва. гос. ун-т. – Москва, 2017. – С. 133-145.

СИНТЕЗ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ТРИПТАНТРИН-6-ОКСИМА С УЛУЧШЕННОЙ РАСТВОРИМОСТЬЮ

Колпакова Алина

*ОГАОУ «Губернаторский Светленский лицей», 11 класс, г. Томск
Руководитель: Кузнецов Андрей Александрович, магистрант 1 курса ТПУ*

Актуальность: По данным ВОЗ [1], на сегодняшний день первое место среди причин смертей в мире занимают сердечно-сосудистые заболевания (далее ССЗ). Среди ССЗ самыми распространенными и наиболее смертоносными являются: ишемическая болезнь сердца 16% от общего числа смертей и цереброваскулярные заболевания 11% от общего числа смертей [2]. Одной из проблем лечения данных заболеваний является то, что биохимические механизмы действия некоторых ферментов еще мало изучены и, как следствие, отсутствуют их ингибиторы. Примером таких ферментов является семейство JNK, открытое относительно недавно.

Современные исследования российских ученых показывают, что семейство JNK, в частности JNK3, вовлечены в регуляцию воспалительных процессов и патогенез сердечно-сосудистых заболеваний и болезней мозга, за счёт участия в сигнальных путях, ведущих к апоптозу и некрозу, а также в регуляцию некоторых процессов, от которых зависит повреждение нейронов головного мозга и кардиомиоцитов при ишемии/реперфузии [3].

Однако на данный момент нет селективного биодоступного ингибитора JNK. Перспективным соединением является триптантрин-6-оксим, однако он обладает низкой растворимостью в большинстве органических растворителях и в воде, и как следствие, биодоступностью. Таким образом, синтез биодоступных аналогов триптантрин-6-оксима является актуальной и перспективной стратегией создания препаратов против ишемии.

Гипотеза: При модификации оксимного фрагмента триптантрин оксима (далее Тгуп-Ох) под действием ацилгалогенидов, увеличится растворимость Тгуп-Ох и, следовательно, его биодоступность.

Цель: Синтез и анализ новых ацил-замещенных аналогов Труп-Ох с повышенной гидро- и липофильностью и с сохранением активности полученных аналогов по отношению к изоформам JNK.

Задачи:

1. Произвести литературный обзор
2. Поиск оптимальных условий реакций
3. Предсказание биодоступности
4. Синтез новых веществ
5. Анализ полученных соединений

Обзор аналогов. Кроме Труп-Ох, существует одобренный для применения на людях в ЕС и США препарат «Stivarga». Stivarga это коммерческое название перорального противоопухолевого препарата, разработанного компанией «Bayer». Доказано, что этот препарат подавляет активность передачи сигналов JNK, что положительно влияет на сердечную функцию и ремоделирование легочных сосудов. Однако эффект обратим и влечет за собой восстановление роста опухолевых клеток после применения препарата [4].

Кроме вышеперечисленных веществ, способностью ингибировать активность JNK обладает 11*H*-индено[1,2-*b*]хиноксалин-11-он-оксимом (IQ-1S), однако он также обладает низкой растворимостью.

Материал и методы. Для предсказания биодоступности синтезируемых веществ была использована программа «SwissADME», предлагаемая ресурсом «Ehrasy». Для получения производных Труп-Ох были использованы хлорид циклопентакарбоновой кислоты и хлорид этилглутарила. Реакции протекали в пиридине, при 0°C, при перемешивании. Выделение продуктов из реакционной массы осуществлялось высаживанием в воду. Очистка продуктов проводилась путём перекристаллизации из метанола. Контроль за ходом реакций и чистотой полученных продуктов осуществляли методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) по отсутствию пятен субстратов. Пятна детектировали УФ-светом при длине волны 254 нм. Структура полученных соединений была подтверждена методом спектроскопии ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Спектры ЯМР ¹H, ¹³C регистрировали на спектрометрах Bruker AC 300 и Bruker AM 400. Температуры плавления определяли на приборе SMP30 (Stuart).

Экспериментальная часть. В последние годы ученые все чаще прибегают к помощи компьютерного моделирования (симуляции) эксперимента, для предсказания биологической активности и биодоступности. Например, программа «SwissADME», предлагаемая ресурсом «Ehrasy», является удобным методом предсказания растворимости, липофильности, соответствие правилу Липински и другим показателям, влияющим на биодоступность. По результатам моделирования, были определены два соединения с наилучшими показателями растворимости (рис 1,2):

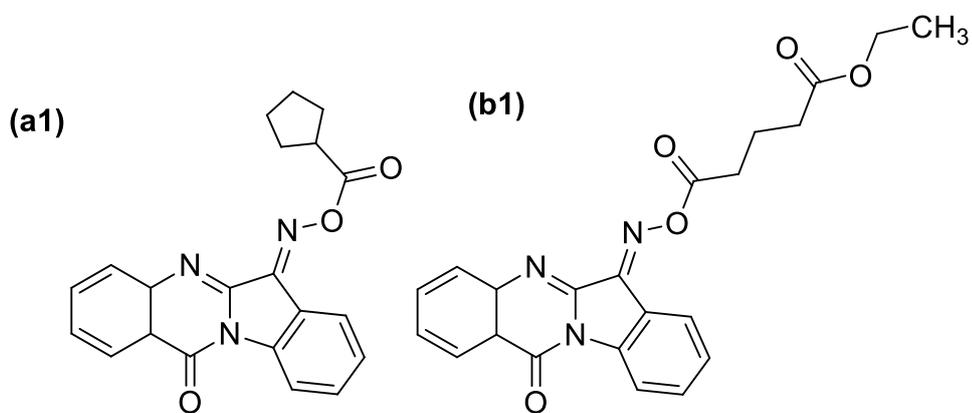


Рисунок 1, 2 Формулы синтезируемых веществ

Для получения новых ацил-замещенных производных Тгур-Ох, где в качестве ацилирующих агентов выступают хлорид циклопентакарбоновой кислоты (синтез а) и хлорид этил глутарила (синтез б), были предложены следующие схемы синтеза (Рис. 3):

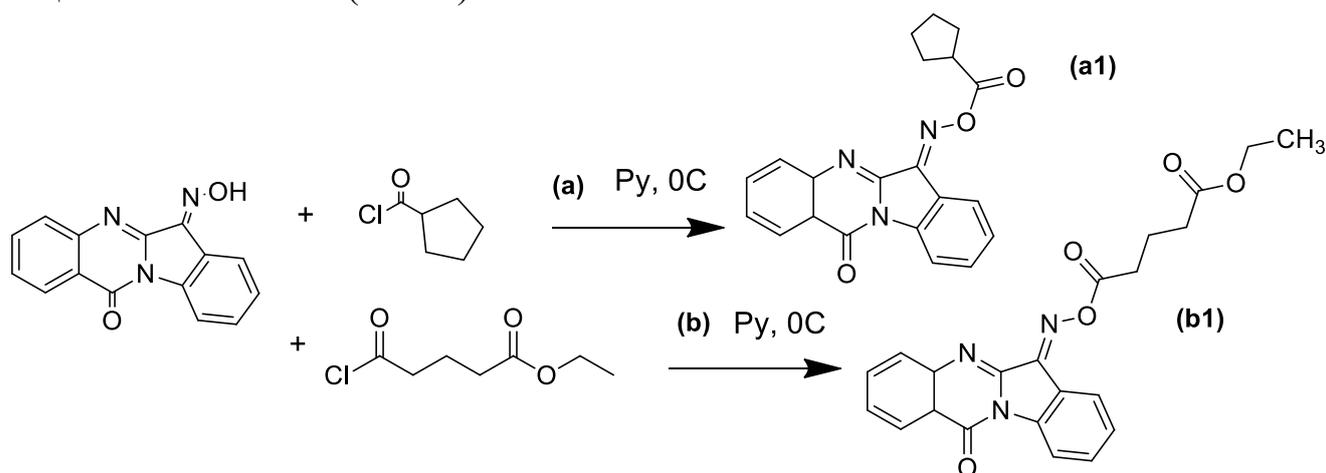


Рисунок 3 – общая схема синтеза веществ a1 и b1.

6-(((cyclopentanecarbonyl)oxy)imino)indolo[2,1-*b*]quinazolin-12(6*H*)-one (далее a1):

Тгур-Ох (0,132 г 0,5 ммоль) растворили при 0⁰С в 5 мл пиридина, добавили хлорид циклопентакарбоновой кислоты (0,072 мл, 0,5 ммоль) (синтез а), перемешивают 25 минут. Высаживают воду. Выпавший осадок отфильтровывают. Масса осадка 0,165г. Выход 91,87%.

Контроль окончания реакции проводился с помощью ТСХ (элюент - хлороформ). Подтверждение структуры продукта проводилась с помощью ЯМР спектроскопии растворитель дейтерированный хлороформ (CDCl₃). Температура плавления продукта 160,0 – 163,5 °С. Продукт выделен в виде чистого порошкообразного вещества светло-желтого цвета.

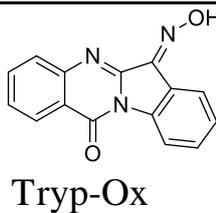
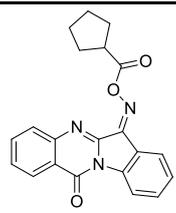
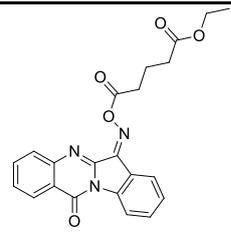
Ethyl 5-oxo-5-(((12-oxoindolo[2,1-*b*]quinazolin-6(12*H*)-ylidene) amino)oxy)pentanoate (далее b1):

Тгур-Ох (0,132 г 0,5 ммоль) растворили при 0⁰С в 5 мл пиридина, добавили хлорид этил глутарила (0,0781 мл, 0,5 ммоль) (синтез б) , перемешивают 40 минут. Высаживают воду. Выпавший осадок отфильтровывают. Масса осадка 0,1786г. Выход 88,15%.

Контроль окончания реакции проводился с помощью ТСХ (элюент - хлороформ). Подтверждение структуры продукта проводилась с помощью ЯМР спектроскопии, растворитель дейтерированный ацетон ((CD₃)₂CO). Температура плавления продукта 124,6 – 125,4 °С. Продукт выделен в виде чистого порошкообразного вещества желтого цвета.

Результаты исследования. В ходе исследования было установлено, что Тгур-Ох легко вступает в реакции ацильного замещения с хлоридом циклопентакарбоновой кислоты и хлоридом этил глутарила. Кроме того были установлены некоторые свойства полученных веществ (таблица 1). Растворимость веществ экспериментальным путем не устанавливали, данные получены при приготовлении проб на анализ ЯМР концентрацией примерно 0,02г/мл.

Таблица 1 – Характеристика Тгур-Ох и полученных производных

Структура соединения	 Тгур-Ох	 a1	 b1
Цвет	Белый	Светло-желтый	Желтый
Молекулярная масса, г/моль	263,3	359,2	405,2
Температура плавления, °С	282,0 – 284,0	160,0-163,5	124,6-125,4
Выход продукта, %	95,5%	91,9%	88,2%
Растворим в	ДМСО, Пиридин	Хлороформ	Ацетон
Известность:	Известное	Новое	Новое

Заключение. После проведения литературного обзора, были выбраны оптимальные условия проведения реакций, при которых синтез был бы осуществим и получены высокие выходы веществ. В ходе исследования были синтезированы два новых соединения, структура которых подтверждена ЯМР спектроскопией. Был проведен анализ полученных соединений, установлены физические свойства, температура плавления и растворимость в некоторых органических растворителях.

Выводы. Наша гипотеза подтвердилась: полученные соединения описаны впервые и обладают лучшей растворимостью в органических растворителях, что делает их перспективными действующими веществами для создания противоишемических препаратов. Все цели и задачи, поставленные нами в работе, выполнены.

В дальнейшем планируется более глубоко изучить свойства, биологическую активность и биодоступность полученных соединений и

осуществить аналогичные реакции с 11*H*-индено[1,2-*b*] хиноксалин-11-он-оксимом (IQ-1S).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ВОЗ: официальный сайт. URL: - <https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/the-top-10-causes-of-death> Дата обращения - 19.10.2021
2. ВОЗ: официальный сайт. URL: https://www.who.int/topics/cardiovascular_diseases/ru/ дата обращения 23.10.2021
3. Schepetkin IA, Khlebnikov AI, Potapov AS, et al. Synthesis, biological evaluation, and molecular modeling of 11*H*-indeno[1,2-*b*]quinoxalin-11-one derivatives and tryptanthrin-6-oxime as c-Jun N-terminal kinase inhibitors. // European Journal of Medicinal Chemistry. – 2019. - Vol. 161. – P. 179-191.
4. Brian I. Carr, Rosalba D'Alessandro, Maria Grazie Refolo, Minna Iacovazzi, Catia Lippolis, Caterina Messa, Aldo Cavallini. Regorafenib-mediated potent and reversible inhibition of human hepatocellular carcinoma (HCC) cell growth, migration and AFP. // Cancer Research. - 2013. - Vol. 73
5. Atochin D.N., Schepetkin I.A., Khlebnikov A.I. et al. A novel dual NOdonating oxime and cJun Nterminal kinase inhibitor protects against cerebral ischemiareperfusion injury in mice// Neurosci. Lett. – 2016. – Vol. 618. – P. 45–49

БИОПОЛИМЕРНЫЕ ГИДРОГЕЛИ В АГРАРНОЙ КУЛЬТУРЕ

Кутенева Таисия

*Муниципальное бюджетное образовательное учреждение, лицей при
ТПУ, 10 класс, г. Томск*

Научный руководитель: Антонио Ди Мартино, PhD, доцент ИШХБМТ, ТПУ, Консультант: Хан Елена Алексеевна, аспирант ИШХБМТ, ТПУ

АКТУАЛЬНОСТЬ

Аграрная культура – это одна из приоритетных отраслей народного хозяйства, в которой процессы производства имеют свои особенности.

Аграрная промышленность занимает довольно важную позицию в современном мире и жизни людей в целом. Однако, важно сделать такой род деятельности как можно более доступным и с максимальным использованием биоразлагаемых продуктов. Основой моего проекта, связанного напрямую с аграрными процессами, является гидрогелиевое хозяйство. Гидрогель — это полимер - влагоудерживатель, который вводится в почву или материалы и способен абсорбировать, удерживать и постепенно высвободить большое количество воды и питательных веществ.

Гипотеза: гидрогели могут сократить количество используемой воды и удобрений, а также увеличить рост сельских культур.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель работы: изготовление и анализ гидрогелей для определения их влияние на рост растений при использовании минимального количества воды и удобрений.

Задачи:

- 1) провести анализ литературы по гидрогелям и изучить компоненты для их изготовления;
- 2) приготовить гидрогелиевый продукт;
- 3) поместить материалы в почву и провести необходимые опыты с растениями.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Гидрогели представляют собой сеть сшитых гидрофильных полимерных цепей. Могут быть в виде коллоидного геля, в котором вода является дисперсионной средой. Трехмерное твердое тело получается в результате того, что гидрофильные полимерные цепи удерживаются вместе поперечными связями [1].

Сшивки, связывающие полимеры гидрогеля, делятся на две основные категории: физические и химические. Физические поперечные связи состоят из водородных связей, гидрофобных взаимодействий и переплетений цепей (среди прочего). Из-за присущих им поперечных связей структурная целостность сети гидрогеля не растворяется из-за высокой концентрации воды. Гидрогели являются очень абсорбирующими (содержат более 90 % воды) натуральными или синтетическими полимерными сетками.

На рынке уже существуют синтетические гидрогели, однако, они состоят из метакрилатов, которые в будущем способны негативно повлиять на окружающую среду.

Альгинат — натуральный природный полисахарид, который получают из морских водорослей. Выход альгиновой кислоты в водорослях составляет примерно от 15 до 50% [2].

В целом можно объединить некоторые свойства альгината натрия:

- стабилизирующие и эмульгирующие свойства
- взаимодействие с различными структурами и структурообразователями
- хорошая вязкость
- способность к набуханию и удержанию воды
- высокая растворимость
- способность к гелеобразованию
- термообратимость

Мочевина — химическое соединение, диамид угольной кислоты. Представляет собой белые кристаллы, растворимые в полярных растворителях.

Положительное влияние мочевины:

- раствор мочевины довольно быстро усваивается культурами, чувствительными к высоким показателям рН грунта;
- внекорневая подкормка не вызывает ожога листовых пластин у растений;

- уже через 48 часов после внекорневой подкормки мочевиной количество азота в белке растений увеличивается;
- раствор мочевины помогает бороться с вредителями сада и огорода, а также возбудителями болезней.

Важно помнить, что рекомендуется обращаться с мочевиной бережно и не смешивать ее с другими удобрениями [3].

Гидроксиэтилцеллюлозы — представляет собой не ионный загуститель натурального происхождения (древесина). Это мономер глюкозы, натуральный полисахарид. Используется для создания гелей, загущения водной фазы, стабилизации эмульсий [4].

Карбоксиметилцеллюлоза — вещество, производное простого эфира целлюлозы и гликолевой кислоты, кислый полисахарид. Внешне представляет собой светлый порошок, не имеющий запаха и вкуса. Вещество прекрасно растворяется в воде, впитывает её и образует вязкий гелеподобный раствор.

Образование гидрогеля происходит путем сшивки полимерного материала. Сшивание (crosslinking) – связывание нескольких полимерных цепей между собой. Хлорид кальция - вещество, обладающее сшивающими свойствами, т.е. он позволяет молекулам вещества альгината сцепиться и образовать единую, весьма упругую массу [5].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ:

Начинаем изготовление гидрогелиевых шариков по следующей методике:

- взвесить 20г альгината
- добавить к альгинату 400 мл дистиллированной воды
- перемешивать около 20 минут
- взвесить и добавить 5г гидроксэтилцеллюлозы
- взвесить и добавить 5г натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы
- добавить 150мл воды и оставить размешиваться (до желеподобного состояния)

Через несколько часов получается желеобразная смесь.

Для получения гидрогелиевого продукта, погрузили небольшими порциями полученную смесь в раствор хлорида кальция – CaCl_2 (9г хлорида на 700 мл воды)

Спустя 24 часа хлорид кальция сцепился с альгинатом и получились био-гидрогелиевые шарики.

Далее был проведен эксперимент с растениями. Для этого распределили почву по нескольким горшочкам в равных количествах и посадили в каждый по 11 семян петрушки и полили по 10 мл воды. Горшочки разделены на три основные группы для исследования. Первые три – контроль без полива, вторые – контроль, которые поливаются каждый день по 10 мл воды, третьи – слой почвы и слой гидрогеля (3 разрезанных гидрогеля на горшочек).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Полученные гидрогели имеют упругую, механически устойчивую структуру. Способны удерживать влагу в течение 5 дней на открытом воздухе, далее высыхают, но при повторной гидратации обретают прежнюю форму и снова могут удерживать воду в своей структуре.

Следующий предполагаемый этап моей работы – наблюдение за ростом растений в разных условиях и фиксирование конечного результата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Был проведен анализ соответствующей литературы;
2. Изучена технология получения биоразлагаемых гидрогелей из биополимеров посредством сшивки;
3. Проведен анализ гидрогелей;
4. Гидрогелиевые шарики помещены в почву для дальнейшего исследования их влияния на культуру растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pande P. P. et al. Polymer hydrogels and their applications //International Journal of Materials Science. – 2017. – I. 12. – №. 1. – P. 11-14;
2. Zvyagintseva T. N. et al. A new procedure for the separation of water-soluble polysaccharides from brown seaweeds //Carbohydrate Research. – 1999. – I. 322. – №. 1-2. – P. 32-39;
3. Карбамид. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/ngk/148011-karbamid/> (дата обращения: 01.03.2022);
4. Гидроксиэтилцеллюлоза (ГЭЦ). [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://rosspolimer.ru/gidroksietilsellyuloza-gets/> (дата обращения: 08.03.2022);
5. Paredes Juárez G. A. et al. Immunological and technical considerations in application of alginate-based microencapsulation systems //Frontiers in bioengineering and biotechnology. – 2014. – I. 2. – P. 26

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ЯБЛОЧНЫХ СОКАХ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Лобанова Ирина

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение

«Гимназия №31» г. Курган

Руководитель: Нагарникова Елена Николаевна, учитель химии МБОУ

«Гимназия №31»

В связи с наступившей пандемией COVID-19 и участвовавшими случаями заболевания ОРВИ мы стали больше задумываться над своей безопасностью,

укреплением здоровья. Конечно, в наше время существуют такие способы защиты, как медицинские маски и респираторы, но далеко не все люди ими пользуются, поэтому шансы заразиться всё равно слишком велики. Повлиять на всех у нас не получится. Но в наших силах укрепить свой иммунитет. Большое значение в укреплении иммунитета имеет аскорбиновая кислота (АК). Всем известно, что ей очень богаты апельсины, однако их не очень удобно есть в целом виде: сок брызжет во все стороны, руки даже после мытья обладают сильным характерным запахом, под ногтями остаются частички цедры. Гораздо удобнее употреблять в пищу свежее яблоко, а когда его нет под рукой, яблочный сок.

На сегодняшний день существует множество сортов яблок и марок пакетированных яблочных соков на полках магазинов, но ведь можно и самим на дачном участке выращивать разные яблони, собирать с них урожай и изготавливать соки собственного производства. На нашем дачном участке произрастает 5 яблонь разных сортов, из смеси сортов бабушка заготавливает сок. В связи с этим возникают вопросы: есть ли разница между содержанием АК в соках из разных сортов яблок? А между пакетированными и собственно изготовленными соками? Где содержится больше аскорбиновой кислоты?

Данная тема актуальна, так как аскорбиновая кислота играет в организме человека фундаментальную биохимическую и физиологическую роль, она необходима для укрепления иммунной системы [1].

Гипотеза: свежевыжатые соки из разных сортов яблок и пакетированные соки разных марок имеют значительное расхождение в содержании аскорбиновой кислоты, поэтому обладают неравнозначной биологической ценностью.

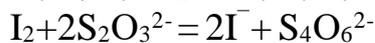
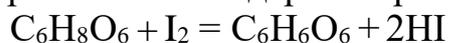
Цель работы: определить содержание аскорбиновой кислоты в соках, изготовленных различными способами из яблок, выращенных на дачном участке в Курганской области, и в соках, изготовленных из яблок, купленных в магазине, а также в пакетированных соках разных производителей.

Задачи: провести химический анализ по определению содержания аскорбиновой кислоты в яблочных соках и проанализировать полученные результаты.

Количественный анализ аскорбиновой кислоты проводили йодометрическим методом [2].

Йодометрия – метод определения окислителей обратным титрованием заместителя – Йода – стандартным раствором тиосульфата натрия.

При титровании к анализируемому раствору аскорбиновой кислоты прибавляют избыток спиртового раствора йода. Йод, который не прореагировал, оттитровывают стандартным раствором тиосульфата натрия:



Титрование необходимо проводить на холоде, так как йод - летучее соединение и при нагревании чувствительность крахмала к йоду уменьшается.

Оборудование и реактивы:

- бюретка;
- колбы;
- мерные стаканы;
- пипетка;
- раствор йода с молярной концентрацией $C\left(\frac{1}{2}I_2\right) = 0,02$ моль/дм³;
- раствор тиосульфата натрия с молярной концентрацией $C(Na_2S_2O_3) = 0,02$ моль/дм³;
- раствор серной кислоты с молярной концентрацией: $C(H_2SO_4) = 6$ моль/дм³;
- крахмальный клейстер с массовой долей растворенного вещества 1 %.

Описание практической части

Изучение содержания аскорбиновой кислоты проводилось на соках

- районированных сортов яблок: «Уралец», «Кибо», «Богатырь», «Краса Свердловска», «Росошанское-полосатое»;
- магазинных сортов яблок: «Голден» (ЮАР), «Фуджи» (Бразилия);
- пакетированных: «J7», «Добрый», «Сады Придонья», «Ложка в ладошке», «Малышам».

Для повышения точности нашего исследования было принято решение брать по три пробы каждого сока. Анализ каждой из проб проводим согласно следующим этапам:

1) Отмеряем необходимые объёмы всех реактивов и пробу исследуемого сока: 4 см³ раствора серной кислоты, 20 см³ раствора йода, 50 см³ сока

2) Помещаем всё вышеперечисленное в колбу для титрования

3) Колбу плотно прикрываем пробкой. Оставляем на 5 минут, чтобы вся аскорбиновая кислота успела окислиться. Тем временем заполняем бюретку раствором тиосульфата натрия

4) Начинаем титровать, добиваемся перехода бурой окраски раствора в светло-жёлтую (соломенную)

5) Добавляем 2 капли крахмального клейстера, цвет должен стать тёмно-синим

6) Продолжаем титровать до возвращения раствору первоначальной окраски [3].

Обработка полученных результатов

Концентрацию аскорбиновой кислоты в соке (г/л) вычисляем по формуле:

$$C = \frac{(C\left(\frac{1}{2}I_2\right) \times V(I_2) - C(Na_2S_2O_3) \times V(Na_2S_2O_3)) \times M\left(\frac{1}{2}C_6H_8O_6\right) \times 10}{V(\text{сока})}$$

где $C\left(\frac{1}{2}I_2\right)$ - молярная концентрация раствора йода (моль/дм³);

$V(I_2)$ - объём раствора йода, прилитый к анализируемому соку (см³);

$C(Na_2S_2O_3)$ - молярная концентрация раствора тиосульфата натрия (моль/дм³);

$V(Na_2S_2O_3)$ - объём тиосульфата натрия, израсходованный на титрование ($см^3$);

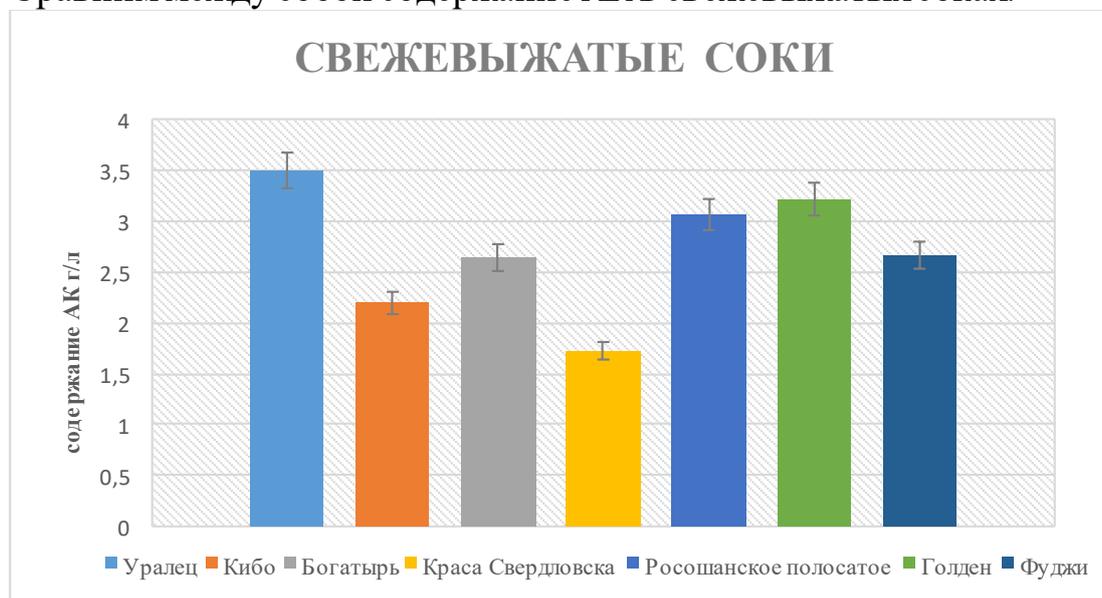
$M\left(\frac{1}{2}C_6H_8O_6\right)$ - молярная масса аскорбиновой кислоты (г/моль);

$V(\text{сока})$ – объём сока, взятого для анализа ($см^3$).

Итоговые результаты опытов представлены в таблице.

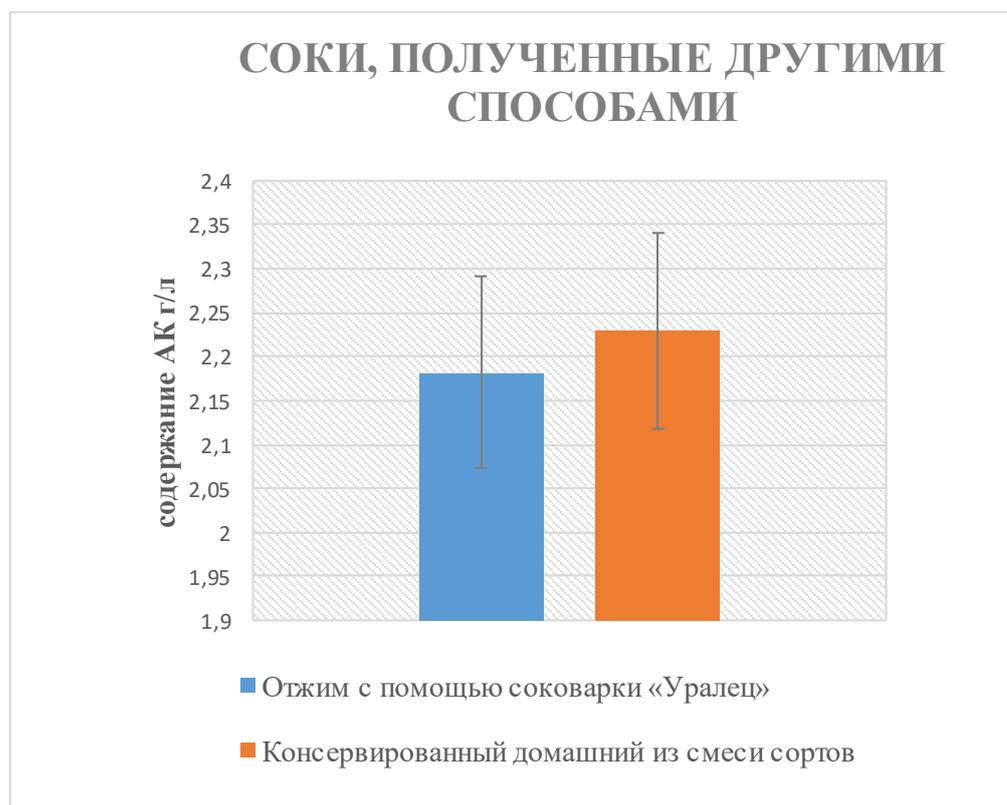
Сок	Среднее значение содержания аскорбиновой кислоты (г/л)
Свежевыжатый из яблок сорта «Уралец»	3,5
Свежевыжатый из яблок сорта «Кибо»	2,19
Свежевыжатый из яблок сорта «Богатырь»	2,64
Свежевыжатый из яблок сорта «Краса Свердловска»	1,72
Свежевыжатый из яблок сорта «Росошанское-полосатое»	3,06
Консервированный домашний из смеси сортов «Уралец», «Кибо», «Богатырь»	2,23
Полученный с помощью соковарки из яблок сорта «Уралец»	2,18
Свежевыжатый из яблок сорта «Голден»	3,2
Свежевыжатый из яблок сорта «Фуджи»	2,7
Пакетированный «J7»	2,32
Пакетированный «Добрый»	2,62
Пакетированный «Сады Придонья»	3,13
Пакетированный «Ложка в ладошке»	2,63
Пакетированный «Малышам»	2,2

По полученным результатам была проведена статистическая обработка данных. Сравним между собой содержание АК в свежевыжатых соках.



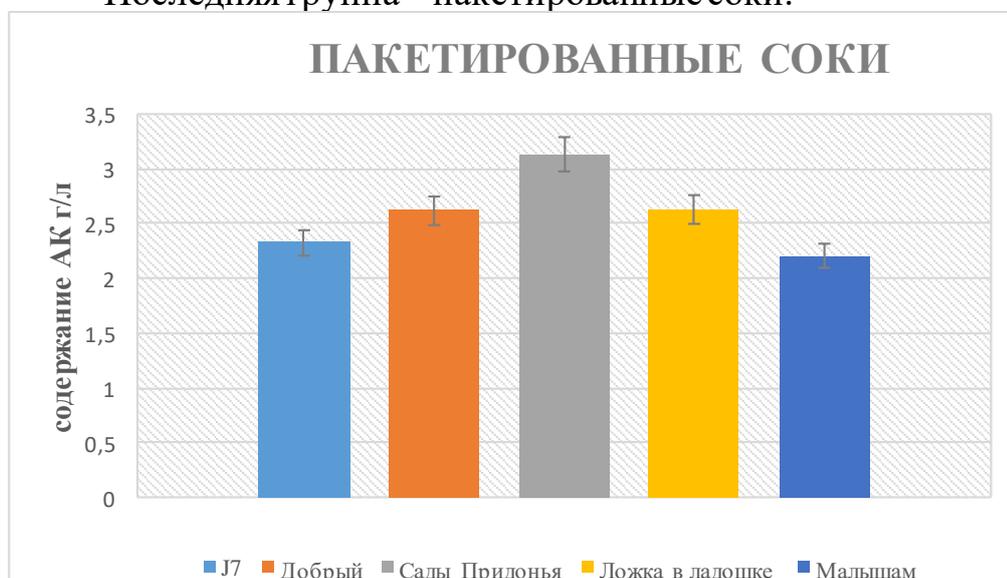
Наибольшее количество АК содержит свежавыжатый сок из яблок сорта «Уралец», наименьшее - «Краса Свердловска».

Теперь сравним содержание АК в соках, полученных другими способами.



Консервированный домашний сок содержит больше АК, чем отжатый с помощью соковарки.

Последняя группа – пакетированные соки.



Больше всего АК содержится в соке «Сады Придонья», меньше всего – в соке «Малышам».

Получив вышеизложенные результаты, мы сделали следующие **выводы**:

- В большинстве случаев содержания аскорбиновой кислоты в различных соках практически не отличаются.
- Способ получения сока влияет на содержание аскорбиновой кислоты.
- Сок, полученный с помощью соковыжималки содержит больше АК, чем из соковарки.
- Пакетированный сок содержит АК не менее, чем домашний консервированный.
- Из всех соков, нами изученных, наибольшее количество АК содержит свежавыжатый из яблок сорта «Уралец», а наименьшее – свежавыжатый из яблок сорта «Краса Свердловска».

Заключение

В ходе исследовательской работы мы определили содержание аскорбиновой кислоты в различных яблочных соках.

Наша гипотеза о том, что свежавыжатые соки из разных сортов яблок и пакетированные соки разных марок имеют значительное расхождение в содержании аскорбиновой кислоты - не подтвердилась. Все исследуемые нами соки содержат приблизительно равное её количество. Поэтому особенно при употреблении небольшого количества сока разница максимально незначительна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Общая биохимия: Витамины: практикум / Е. А. Докучаева, В. Э. Сяхович, Н. В. Богданова; под ред. С. Б. Бокутя. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 52 с.
2. Статья «Определение аскорбиновой кислоты и нитрат-ионов во фруктовых и овощных соках» / Е.А. Лейтес, Л.С. Егорова,, Н. Ю. Корниенко, П.В. Лыков. - журнал «Ползуновский вестник» №3, 2018.
3. Окислительно-восстановительное и комплексонометрическое титрование. Учебно-методическое пособие. / И.В. Шкутина, З.М. Саркисян. – СПб.: СПбГПУ, 2019. – 40 с.

БИОГАЗ - ДОСТУПНАЯ ЭНЕРГИЯ И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Пинжина Полина, Калашников Кирилл

*Муниципальное Бюджетное Образовательное Учреждение Лицей при ТПУ,
Томская область, г. Томск, 10 класс*

Руководитель: Архипова Елена Леонидовна учитель химии
МБОУ лицей при ТПУ

В современном мире остро стоит проблема сырья для выработки электроэнергии, а также проблема антропогенного давления на природную среду в районах расположения животноводческих ферм и птицефабрик. Совместным

решением этих проблем весьма перспективным является биологическая переработка (конверсия) органических отходов.

Биологическая конверсия — это сложный ферментативный процесс, в котором в отсутствие кислорода под действием специальных бактерий происходит разложение органических отходов. Продуктом этого процесса является биогаз, основу которого составляет метан. Его можно использовать для получения тепловой, электрической энергии, а также для производства автомобильного топлива.

В 1764 году Бенджамин Франклин провел один интересный опыт, в ходе которого он сумел подпалить плоскость маленького заболоченного озера в Нью Джерси.

Первое научное обоснование образования воспламеняющихся газов в болотах и озерных отложениях создал Александр Вольта в 1776 г., установив присутствие метана в болотном газе. Впоследствии открытия химической формулы метана Дальтоном в 1804 году, европейскими учеными были изготовлены первые шаги в исследовательских работах практического использования биогаза.

Российские исследователи тоже внесли свой вклад в исследование биогаза. Воздействие температуры на численность выделяемого газа выучил Попов в 1875 году. Он выяснил, что речные отложения начинают выделять биогаз при температуре в пределах 6°C с наращиванием температуры до 50°C ,

Отдельные случаи применения простых биогазовых технологий были закреплены в Китае, Индии, Ассирии и Персии, начиная с XVII века до нашей эры.

Сырьё для получения биогаза можно найти практически в любой местности, где развито сельское хозяйство и животноводство, а создание биогенераторов выгодно, как экономически, так и экологически. Для переработки используются дешевые отходы сельского хозяйства - навоз животных, помет птицы, солома, отходы древесины.

Гипотеза: отходы животноводческих ферм являются доступным сырьем для получения выгодного и экологического вида топлива.

Объект исследования: сырьё для получения биогаза - отходы животноводческих ферм.

Предмет исследования: биогаз

Методы исследования:

Теоретический метод заключался в сравнительном анализе литературных источников по данной проблеме.

Практический метод заключался в эксперименте, в конструировании собственного биогенератора из подручных материалов.

Актуальность исследования: в Томской области существует проблема, связанная с утилизацией отходов животноводческих ферм и птицефабрики, неприятные запахи которых стали неотъемлемым спутником. Проблему можно решить, переработав отходы в биогаз, который служит хорошим энергетическим сырьем.

Цель проекта: Получение биогаза из отходов крупнорогатого скота с целью оценки его перспективного использования в качестве альтернативного топлива.

Задачи:

- изучить теоретический материал, узнать состав биогаза и условия его получения;
- изучить технологию получения биогаза;
- сделать простейшую установку и получить биогаз опытным путем;
- проанализировать развитие биогазовой промышленности в Томской области.

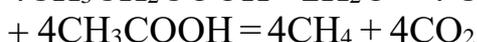
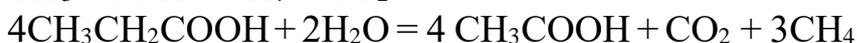
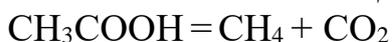
Теоретическая часть.

Биогаз – смесь газов, которые получаются в ходе метанового брожения в разного вида анаэробных реакторах. Биогаз представляет собой смесь 50—80% метана, 20—50% углекислого газа, незначительных количеств сероводорода, азота, кислорода, водорода, аммиака и закиси углерода.

Биогаз получается в результате брожения органических веществ разного происхождения в безвоздушной среде. Системы (резервуары) в которых получают биогаз называются метантенками или биогенераторами.

Преобразования одних органических соединений биологического сырья в другие под действие ферментов являются последовательными процессами с участием групп бактерий. «Метановое сбраживание» происходит при разложении органических веществ в результате жизнедеятельности двух основных групп микроорганизмов. Осуществление ферментативного разложения органических веществ, входящих в состав отходов, до метана (СН₄) зависит от установления равновесия между процессами образования и разрушения кислот [4]: .

Основная часть метана получается путем брожения уксусной и пропионовой кислот по следующим реакциям:



Суммарный процесс:



Производство биогаза. Ситуация в России, мире и Томской области.

Китай лидирует среди всех стран по производству биогаза. Начиная с середины 70-х гг., в этой стране ежегодно строилось около миллиона метантенков. Далее идет Индия. К концу 2000 г. в сельских районах Индии было построено свыше 1 миллиона метантенков[1].

В Томской области сырье для получения биогаза есть в достаточном количестве: отходы томской птицефабрики и животноводческих ферм, лиственный опад, бытовой мусор.

Специалисты института мониторинга климатозоологических систем СО РАН (Томск) уже с 2014 года планировали внедрить первую в Сибири биогазовую установку, разработанную по собственной технологии, которая

"перерабатывает навоз и позволяет производить в сутки 240 МВт электроэнергии и 300-350 Гкал тепла".

Устройство биогазовой установки:

Все известные биогазовые установки идентичны по строению. Основные части аппарата [2]:

- биореактор (бродильная камера);
- нагревательные устройства;
- приспособления для перемешивания;
- газгольдеры (приемники биогаза)
- камеры очистки биогаза от примесей.

Практическая часть.

На основе анализа литературных источников был сконструирован простейший "метантенк".

Метатенками-биогенераторами в экспериментальной установке служили две 5-ти литровые пластиковые бутылки и резиновая трубка, которая была плотно вмонтирована в крышку бутылок для выведения газа. Биомасса состояла из коровьего, куриного навоза и воды.

После сборки двух установок, одна из них была поставлена в помещение при температуре 25 0С, вторая при температуре 37 0С). Через неделю из «метантенков» выпустили воздух и накопленный диоксид углерода, чтобы внутри остался только биогаз. Установки оставили для дальнейшего процесса сбраживания. Продолжительность биоконверсии составила 14 суток.

Спустя 2 недели осторожно вынули один конец трубки и поднесли горящую спичку. Полученный биогаз горел непрерывно. Длилось горение около трех минут. Этого времени было достаточно, чтобы нагреть пятьдесят миллилитров воды до температуры от 25 до 52 0С. Расчеты показали, что получено 50 ккал из 550 г навоза.

Твердый остаток биоконверсии не имеет никакого запаха и представляет собой ценное удобрение.

Выводы:

экспериментальным способом была доказана доступность получения биогаза из отходов животноводческих ферм;

оптимальная температура для получения биогаза 35-40⁰С;

сухой остаток может служить, как эффективное удобрение, которое содержит помимо органических веществ, соединения азота, калия и фосфора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.Баадер, Е. Доне, М.Бренндерфер Биогаз. Теория и практика. Москва: Колос, 2014.

2. Барбара Эдер. Ганц Шульц. 2006. Биогазовые установки. Практическое пособие.

3. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды. — М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.

4. Н.М. Кузьменок, Е.А. Стрельцов. Экология на уроках химии. Минск, 1996.

ПОЛУЧЕНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО МЫЛА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО СВОЙСТВ

Ван Екатерина, Солтаганова Анжелика

*Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей
при ТПУ, 10 класс, г. Томск*

Руководитель: Архипова Елена Леонидовна, учитель химии МБОУ лицей при
ТПУ

Актуальность: В связи с пандемией, средства для обработки рук стали неотъемлемой частью жизни. Одним из таких средств является антибактериальное мыло, содержащее ингредиенты, которые нейтрализуют вредное воздействие бактерий, препятствуют их размножению и даже полностью их уничтожают. Самые распространенные антибактериальные ингредиенты — триклозан и триклокарбан. Однако частое использование антибактериального мыла приводит к тому, что уничтожаются не только «плохие» бактерии, которые действительно могут нанести вред здоровью. Погибают и «хорошие» бактерии, которые живут на поверхности кожи и составляют часть защитного комплекса организма. При ежедневном применении антибактериальное мыло с триклозаном может нарушить естественный защитный фон кожи. Поэтому в повседневной жизни стоит попытаться заменить сильнодействующие антибактериальные средства химической природы более щадящими компонентами натурального происхождения. Экстракт коры ивы белой обладает таким антибактериальным свойством.

Гипотеза: натуральное мыло, полученное на основе экстракта коры ивы белой, будет обладать антибактериальными свойствами.

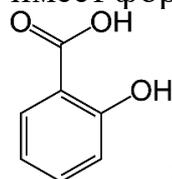
Цель: получить мыло на основе экстракта коры ивы белой и исследовать его антибактериальные свойства.

Задачи:

- 1) качественно определить содержание салициловой кислоты и салицина в экстракте коры белой ивы;
- 2) исследовать бактерицидные свойства экстракта ивы белой;
- 3) на основе экстракта коры белой ивы получить мыло;
- 4) оценить качество и антибактериальные свойства, полученного мыла;

Общие сведения и история.

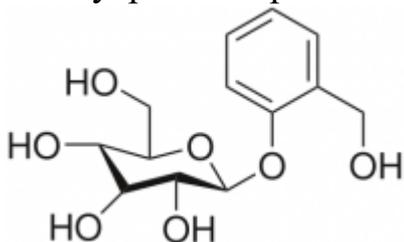
Салициловая кислота (иначе, 2-гидроксибензойная или фенольная кислота) имеет формулу [1]:



При нормальных условиях это вещество представляет собой бесцветные кристаллы, которые плохо растворяются в воде [1].

Гликолиз метилового эфира – наиболее часто встречающийся вид производного салициловой кислоты в природе.

Салицин - $C_7H_6O_3$ - по своему химическому составу является кристаллическим глюкозидом салицилового спирта. Изначально элемент добывают из листьев и коры ивы, а концентрированный экстракт обладает широким спектром действия на внутренние процессы организма.



Первые сведения о лекарствах, изготовленных из ивы и других растений, которые богаты салицилатом, были оставлены еще на древнешумерских глиняных табличках и древнеегипетском папирусе. Еще Гиппократ около 400 г. до н. э. говорил об использовании салицилового чая в качестве средства для снижения лихорадок у пациентов. В качестве жаропонижающего средства используют экстракты коры белой ивы (название в медицине *Salicis cortex*).

После признания свойств экстракта коры ивы начались активные эксперименты, направленные на изучение химических свойств веществ, содержащихся в нем.

В 1838 году была выведена стабильная форма салициловой кислоты, сделал это химик Рафаэль Пириа. А синтезирована она была в 1853 году Шарлем Фредериком Жераром. Затем через 6 лет была выведена химическая формула данной кислоты, а потом и открыто первое ее производство[2]

Применение в наши дни.

Сегодня салициловая кислота синтезируется в больших количествах, так как является основным компонентом в производстве многих лекарств.

Эта кислота обладает слабыми антисептическими, раздражающими и кератолитическими свойствами и применяется в медицине, в основном, в мазях и растворах для лечения кожных заболеваний.

Также очень распространены в медицине производные салициловой кислоты: салицилат натрия, салициламид и, конечно, ацетилсалициловая кислота или аспирин используются как жаропонижающие, противоревматические, противовоспалительные и болеутоляющие средства; фенолсалицилат — как антисептик; пара-аминосалициловую кислоту как специфическое противотуберкулезное средство.

Помимо медицины салициловая кислота так же находит применение: при консервировании продуктов питания (благодаря антисептическому действию), в производстве азокрасителей, душистых веществ (сложных эфиров салициловой кислоты).

Экспериментальная часть:

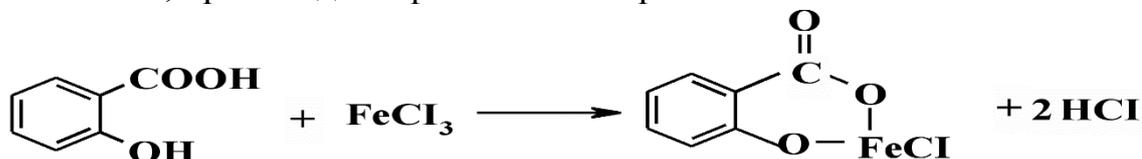
Получение экстракта коры белой ивы

Существуют различные методики экстрагирования. Нами использовалась методика, основанная на кипячении воды с измельченной корой белой ивы, так

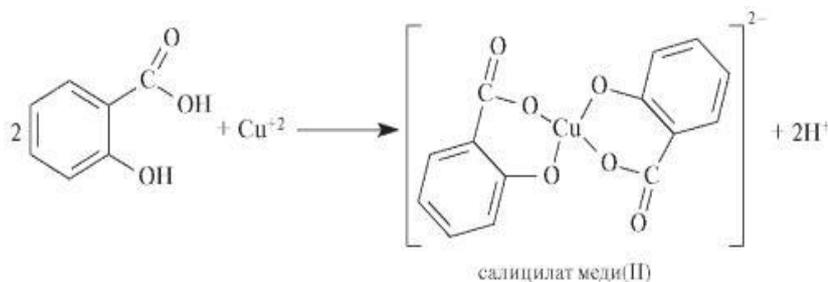
как данный способ самый доступный и простой. Были получены 3 экстракта в 200мл проточной воды с различной навеской коры ивы (5 г, 10 г, 15 г). Экстракция проводилась в течение 20 минут.

Для дальнейшего использования экстракт фильтровали и упаривали до 50 мл. Наличие салициловой кислоты в экстракте определяли с помощью качественных реакций.

1. При смешивании экстракта, содержащего салициловую кислоту и раствора хлорного железа, происходило фиолетовое окрашивание.



2. При нагревании смеси экстракта и сульфата меди (II) должно произойти окрашивание в изумрудный цвет, в нашем случае – изумрудно-зеленый.



Получение мыла

Мыло получали холодным способом: раствор щелочи смешивали с маслами, взбивали до однородной массы и отстаивали до созревания.

Рецепт на одно мыло [3]:

Касторовое масло- 8г (увеличение пены при намыливании, придает мылу кремообразное качество).

Кокосовое масло – 16 г (питает, защищает от вредных воздействий окружающей среды, ценится за свои очищающие и пенообразующие свойства).

Облепиховое масло - 3г (отбеливающее средство при пигментных пятнах).

Оливковое масло - 33г (увлажняющее и смягчающее свойства).

Кунжутное масло 7 г (питает кожу, уменьшает раздражение, восстанавливает защитные функции кожи) [4]

Гидроксид натрия - 9г

Экстракт коры ивы - 22 г

Итоговый вес мыла: 98г

Реакция в общем виде:

Проверка антибактериальных свойств мыла.

Было сделано 5 посевов с помощью агар-агара: три посева были обработаны экстрактом коры ивы, разной концентрации, один посев обработан мыльной водой и ещё один посев был контрольным. На третий день в чашке с контролем

появились колонии бактерий. В чашках, обработанных экстрактом колонии бактерий, начали появляться на пятый день, в чашке, обработанной мылом – на седьмой день.

Проверка на щелочную среду.

С помощью универсальной индикаторной бумаги мы сравнили характер среды полученного мыла. Натуральное мыло имеет рН 8-8,5, что соответствует стандартам [4].

Пенообразующая способность.

Стабильность пены: пена сохраняла объем после встряхивания в течение 2-х минут.

Кратность пены: объем мыльной воды к образовавшейся пене относится $\approx 3:5$.

Выводы:

1. Экстракт коры ивы белой обладает хорошей бактерицидной активностью. Бактерицидные свойства проявляются при использовании для приготовления экстракта навески 15 грамм и выше.

2. На основе экстракта коры ивы можно получить мыло, обладающее бактерицидными свойствами.

Применение газовой хроматографии как метода количественно-качественного анализа синтезированного лактида-сырца

А.С. Субботина

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ, 10 класс, г. Томск

Научный руководитель: младший научный сотрудник ИШХБМТ ТПУ
Зиновьев А.Л.

С каждым годом спрос на производство биоразлагаемых пластиков увеличивается, это связано со способностью данных полимеров разлагаться под действием физических факторов и микроорганизмов до элементарных соединений, таких как метан, вода, углекислый газ, биомассу и неорганические частицы.

Одним из самых изученных и распространенных представителей биоразлагаемых полимеров является – полимолочная кислота (ПМК) [1]. Данный термопластичный полимер используется в товарах широкого потребления, в аграрной промышленности и медицине, так как абсолютно безопасен для человека и окружающей среды.

Полимолочную кислоту высокой молекулярной массы получают путем полимеризации мономера – лактида [2]. Полимеризация лактида происходит с раскрытием цикла с различными гетерогенными катализаторами в растворе или в виде суспензии. Однако на чистоту полимера и молекулярную массу полимера будет влиять чистота мономера. Основными веществами, загрязняющие лактид, являются: молочная кислота и её низшие олигомеры. Контроль чистоты лактида является стадией, определяющей свойства получаемого полимера.

Для аналитики чистоты лактида необходимо точные качественно-количественные методы анализа. Один из таких методов является газожидкостная хроматография.

Для данного исследования применялась система газовой хроматографии «Хромос ГХ-1000», оборудованный ПИД детектором. Разделение анализирующих проб проводилось на капиллярной-хроматографической колонке SGE BP21 (30м×0,25мм). Эффективное разделение компонентов осуществлялась за счёт неподвижной фазы, представляющая собой полиэфирную пленку, внутри пространства капиллярной колонке. В качестве газа-носителя использовался азот.

Для количественного анализа использовался лактид, синтезированный в ТПУ, он применялся для построения градуировочного графика. Для градуировки приготавливались растворы лактида, растворенного в этилацетате (ВЭЖХ), с концентрацией: 1 мг/мл, 1.5 мг/мл, 2 мг/мл, 2.5 мг/мл, 3 мг/мл.

Режим термостатирования испаритель, детектора и колонки представлены в таблице 1. Полученный градуировочный график представлен на рисунке 1.

Таблица 1 – Режимы термостатирования

ПИД	290 °С
Испаритель	240 °С
Термостат колонки	от 60 °С до 230 °С

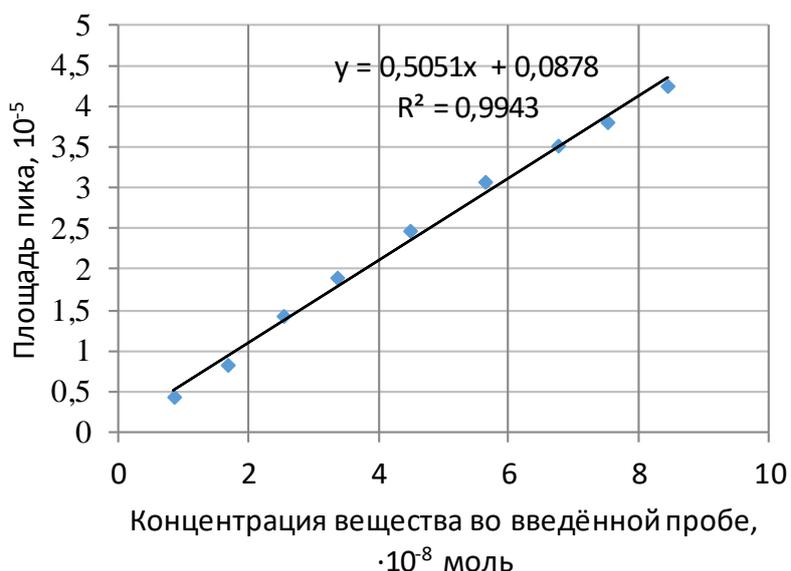


Рисунок 1 – Градуировочный график для количественного определения лактида

Как видно из представленного графика среднее квадратичное отклонение (R^2) составляет всего 0,99943, что говорит о низком отклонении от линии тренда и высокой точности полученных результатов.

Для проверки работоспособности калибровки был проведено анализ лактида-сырца с неизвестным содержанием, полученный результат был сопоставлен с результатов содержания лактида в лактиде-сырце полученного из

¹H ЯМР спектра, отклонение составило 3%, что говорит о высокой точности составленного калибровочного графика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shalaby S.W. Absorbable and biodegradable polymers/ S.W. Shalaby, K.J.L. Burg. – Washington. 2004. – 305 с

2. Yoo D.K. Synthesis of Lactide from Oligomeric PLA: Effects of Temperature, Pressure, and Catalyst/ D.K. Yoo, D.J. Kim// Macromolecular Research. – 2006. – с. 510-516