

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ГОРОДА МОСКВЫ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ГОРОДА МОСКВЫ
«ШКОЛА № 1584»

Всероссийская конференция для школьников и студентов «Мой шаг в науку»

Проектная работа

СИНТЕЗ ПРИРОДНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ГИДРОГЕЛЯ НА ОСНОВЕ
КРАХМАЛА И ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ КУЛЬТУРНЫХ
РАСТЕНИЙ
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОХА)

Автор:

Ученица 8 класса «М»

ГБОУ «Школа № 1584»

Ванькова Дарья Дмитриевна

Сидорова Мария Вадимовна

Маячкина Екатерина Романовна

Руководитель:

Учитель химии ГБОУ «Школа № 1584»

Артемова Оксана Вячеславовна

Москва, 2025 г.

Оглавление

Введение.....	3
1. Материалы и методы.....	6
1.1. Характеристика существующих методов синтеза.....	6
1.2. Сравнение существующих методов решения.....	7
1.3. Обоснование выбранного варианта решения.....	8
1.4. Параметры, инструментарии и методы исследования, полученных образцов гидрогеля.....	9
1.5. Параметры, инструментарии и методы исследования, полученных образцов гидрогеля.....	11
2. Результаты и обсуждение.....	14
2.1. Полученные результаты.....	14
2.2. Обработка и обсуждение результатов.....	17
3. Выводы.....	20
4. Приложения.....	22
5. Список литературы.....	24

Введение

Гидрогель представляет собой водопоглощающий полимер в форме гранул, обладающий уникальной способностью поглощать и удерживать до 1 литра воды на 10 граммов гидрогеля при его набухании. [1]

В последние годы полимерные композиты завоевывают популярность в сельском хозяйстве благодаря своим уникальным свойствам. Они активно используются в современных технологиях интенсивного земледелия, вызывая живой интерес исследователей. Суперабсорбирующие полимеры помогают бороться с дефицитом воды, ускоряя прорастание семян, увеличивая вегетацию и повышая их стрессоустойчивость. Для начала, важно отметить, что многие люди “засаживают” свои подоконники декоративными растениями в качестве украшения квартир. Растения — это тоже живой организм. Можно провести аналогию: животные — это ответственность, но растения — это точно такая же ответственность для человека. Многие люди забывают поливать свои растения. Что приводит к их увяданию и гибели.

Самые частые причины увядания растений:

1. Перелив/недостаток полива (40-50%). Это самая распространенная причина. Перелив приводит к гниению корней, а недостаток - к увяданию и засыханию. Сложность в том, что потребности растений в воде различны и зависят от множества факторов (вида, размера, сезона, температуры, освещения).

2. Неправильное освещение (20-25%). Некоторым растениям нужно много света, другим – полутень. Недостаток света приводит к ослаблению и вытягиванию, а избыток – к ожогам.

3. Болезни и вредители (15-20%). Различные грибковые, бактериальные заболевания, насекомые - вредители — все это может серьезно повредить растениям. Часто это связано с ослабленным иммунитетом из-за неправильного ухода.

4. Неподходящий температурный режим/сквозняки (10-15%). Резкие перепады температур, холодные сквозняки, слишком высокая или низкая температура — это может быть губительным.

5. Неправильная почва и/или недостаток питательных веществ (5-10%). Неподходящий состав почвы или истощение ее ресурсов может привести к проблемам с ростом и развитием у растений. [1]

6. Другие причины (5-10%). Сюда можно отнести механические повреждения, неправильную пересадку, использование некачественной воды, отсутствие периода покоя (для некоторых видов).

В сельском хозяйстве гидрогели используются для сохранения влаги в почве, что особенно важно в засушливых регионах. Важно отметить, что использование гидрогелей в агрономии не ограничивается только водосбережением; они также могут играть значительную роль в улучшении структуры почвы и увеличении её плодородия за счёт взаимодействия с почвенными микробами и минералами. Они способны впитывать воду и медленно её отдавать, обеспечивая растениям стабильный доступ к влаге. Это позволяет повысить урожайность и улучшить условия для роста сельскохозяйственных культур.[2]

Цель: создать гипоаллергенный и экологически чистый гидрогель на основе природных компонентов (природный гидрогель), который будет оказывать благоприятное воздействие на выращивание культурного растения - гороха. Помимо гидрогеля, на основе природных компонентов, также сделать искусственный гидрогель. Искусственный гидрогель включает в себя полимеры, которые имели изначально природное происхождение, но в дальнейшем подверглись обработке человеком для получения готового продукта. Для сравнения эффективности природного гидрогеля.

Главные приоритеты для выбора методики получения гидрогеля:

1. Синтез гипоаллергенного гидрогеля.
2. Экологичного гидрогеля (на данный момент существует очень много проблем с экологией, поэтому экологичность стала важной заметкой для проекта).
3. Гидрогель на основе природных материалов.

Задачи:

1. Изучение общей информации о гидрогелях.
2. Получение наиболее полной информации о природных компонентах для синтеза гидрогеля.
3. Выбор методики для синтеза гидрогелей, позволяющей достичь поставленной цели работы.
4. Выбор подходящих компонентов для приготовления природного и искусственного гидрогеля.
5. Протестировать и сравнить природный и искусственный гидрогели по функциональным свойствам.
6. Проанализировать результаты работы.
7. Сделать соответствующие выводы.

1. Материалы и методы

1.1. Описание гидрогелевых материалов.

Полимерные гидрогели классифицируются на синтетические и природные; среди синтетических гидрогелей основные компоненты составляют полимеры и сополимеры акриламида и акриловой кислоты, которые обладают высокой способностью удерживать влагу и прочностью, но имеют ограниченную устойчивость к деградации в почвах. [3]

Гидрогелям также находят применение в промышленности, особенно в производстве композитных материалов. Они используются для модификации свойств полимеров, таких как прочность, эластичность и водостойкость. Это позволяет создавать новые материалы с улучшенными характеристиками для различных отраслей промышленности. Гидрогели применяются в городском ландшафтном дизайне и приусадебном хозяйстве, способствуя лучшей приживаемости рассады. Они препятствуют образованию корки и эрозии почвы на поливных землях и являются многообещающими в методах беспочвенного культивирования при гидропонном выращивании растений на вермикулите, перлите, песке и других субстратах. Более того, гидрогели могут использоваться для инкапсуляции минеральных удобрений, облегчая их медленное высвобождение в почву и продлевая действие.

В настоящее время гидрогель находит применение в следующих областях:

- Гидрогель – добавка в почву для сохранения влаги. [2]
- Гидрогель – субстрат для культивирования растений. [2]
- Гидрогель – средство для транспортировки растений. [2]

Гидрогель можно вносить в почву в любое время: как одновременно с посадкой семян и растений, так и под уже растущие растения. Внесенный в почву гидрогель продолжает действовать на протяжении нескольких лет, равномерно обеспечивая корни растений влагой.

1.2. Классификация гидрогелевых материалов

Классификация гидрогелей по происхождению полимеров:

Природные гидрогели.

Включают такие вещества, как: целлюлоза, хитозан, коллаген, альгинат, агароза, гиалуроновая кислота, крахмал и желатин. Они обладают хорошей биосовместимостью, биоактивностью и биоразлагаемостью, но имеют ограничения по стабильности и механической прочности. [3]

Синтетические гидрогели.

Изготавливаются из полимеров, созданных человеком, которые получают путем полимеризации мономеров, таких как поливиниловый спирт, полиэтиленгликоль,

полиэтиленоксид, поли-2-гидроксиэтилметакрилат, поли-N-изопропилакриламид, полиакриловая кислота и полиакриламид. Хотя некоторые из этих полимеров, например, обладают биосовместимостью, они также характеризуются высокой стабильностью и механической прочностью. [3]

Полусинтетические гидрогели.

Представляют собой химически модифицированные природные полимеры или комбинации природных и синтетических полимеров. Примеры таких модификаций включают метакрилоил-модифицированный желатин и акрилат-модифицированную гиалуроновую кислоту. Кроме того, это может быть сочетание природных и синтетических полимеров, таких как ПЭГ-конъюгированный фибриноген или комбинации желатина с альбумином. Эти гидрогели обладают не только свойствами биологической активности природных аналогов, но и многофункциональными характеристиками благодаря разнообразным химическим параметрам. [3]

Функциональные свойства гидрогелевых материалов на различной основе имеют свои особенности. Материалы на основе природных полимеров обладают высокой биосовместимостью. В большинстве случаев их деградация возможна за счёт действия ферментов организма. Недостатками таких материалов являются низкая механическая прочность и возможность возникновения иммунного ответа организма на их присутствие, а также нестабильность качества получаемого продукта. Материалы на основе синтетических полимеров имеют высокие показатели механической прочности по сравнению с природными полимерами, а также возможность более точного регулирования скорости деградации. Недостатками являются высокая стоимость таких материалов и низкая способность к биodeградации. Также гидрогели на основе полимеров и сополимеров акрилатного ряда способны набухать и становиться проницаемыми для воды и растворённых веществ. [4]

1.3. Характеристика существующих методов синтеза.

Гидрогели представляют собой полимерные сетки, способные поглощать и удерживать большие объёмы воды, что делает их ценными материалами в различных областях науки и техники. Синтез гидрогелей осуществляется с использованием различных методов, каждый из которых имеет свои особенности и области применения. Рассмотрим основные методы синтеза гидрогелей.

Свободнорадикальная полимеризация является одним из наиболее распространённых методов синтеза гидрогелей. Этот процесс включает инициирование, рост и обрыв цепи, что приводит к образованию полимерной сетки.

Сшивка водорастворимых полимеров является ещё одним важным методом синтеза гидрогелей. Этот метод позволяет создавать гидрогели с заданными свойствами, такими как

механическая прочность, биосовместимость и способность к контролируемому высвобождению активных веществ.

1. Ионотропная сшивка: ионотропная сшивка основана на взаимодействии противоположно заряженных групп полимеров, таких как катионные и анионные полимеры. Этот метод позволяет создавать гели с регулируемыми свойствами, такими как жесткость и проницаемость.

2. Гидрофобная сшивка: гидрофобная сшивка включает взаимодействие гидрофобных групп полимеров, что приводит к образованию гидрофобных доменов в геле. Этот метод позволяет создавать гели с контролируемой гидрофобностью и водопоглощением.[5]

Примером применения сшивки водорастворимых полимеров является синтез гидрогелей на основе полисахаридов, таких как хитозан, целлюлоза и крахмал. Эти гидрогели находят широкое применение в медицине, косметологии и биотехнологии.

Полисахариды, такие как целлюлоза, крахмал, гуаровая камедь и альгинат, являются важными природными полимерами, которые могут быть использованы для синтеза гидрогелей. Эти материалы обладают биосовместимостью, биоразлагаемостью и способностью к контролируемому высвобождению активных веществ, что делает их перспективными для применения в медицине и биотехнологии.

1.4. Обоснование выбранного варианта решения.

В рамках исследования было принято решение использовать разработанный командой гидрогель в агропромышленности. Это обусловлено тем, что многие люди, занимающиеся выращиванием комнатных растений, сталкиваются с проблемой неправильного полива. Одни забывают поливать растения, другие же, напротив, чрезмерно увлажняют почву. Синтезированный командой гидрогель предназначен для того, чтобы облегчить уход за растениями и обеспечить оптимальные условия для их роста и развития.

Для тестирования гидрогеля был выбран горох в качестве экспериментальной культуры. Горох был выбран по нескольким причинам. Во-первых, горох является важным культурным растением, для нормального роста которого требуется ключевой компонент гидрогеля — крахмал. Описание методики и состава гидрогеля будет ниже. Во-вторых, горох отличается высокой скоростью роста, что позволяет получить достоверные результаты в короткие сроки. Это особенно важно для проведения эксперимента и оценки эффективности гидрогеля в реальных условиях.

Искусственный гидрогель

Для приготовления искусственного гидрогеля за основу был взят картофельный крахмал в порошке и кристаллизованный концентрат лимонной кислоты.

Почему именно эти компоненты?

1. Выбранные компоненты всегда находится в свободном доступе и также финансово доступны.
2. Гидрогели, созданные на основе природного крахмала, его чистых компонентов и производных, имеют значительное значение благодаря своей способности к набуханию в воде, а также к биосовместимости и биоразлагаемости. [7]

Природный гидрогель

Для получения природного гидрогеля использовался измельченный в блендере геркулес, который служил основным компонентом для синтеза природного гидрогеля. В качестве сшивающего агента был выбран сок лайма. Геркулес был выбран из-за высокого содержания крахмала (примерно 60,1%, согласно таблице 1), что способствует образованию гелеобразной структуры.

Сок лайма, в свою очередь, был выбран из-за высокого содержания лимонной кислоты (около 8 граммов на 100 граммов, что соответствует 6–8%, в данном случае 8%), которая играет ключевую роль в процессе гелеобразования. Лимонная кислота способствует полимеризации молекул крахмала, что приводит образованию трехмерной гелевой сетки. Эти компоненты были выбраны на основании литературных данных и предварительных экспериментов, которые показали их эффективность в создании гидрогелей с необходимыми свойствами. В частности, использование сока лайма, вместо лимонного, позволило получить гидрогель с более высокой концентрацией лимонной кислоты, что положительно сказалось на его гелеобразующих свойствах.

Процесс приготовления гидрогеля включал смешивание измельченного геркулеса с соком лайма в определенных пропорциях. После смешивания полученная смесь подвергалась термической обработке для активации процесса гелеобразования. В результате был получен гидрогель с заданными характеристиками, который может быть использован в различных областях, таких как медицина, косметология и сельское хозяйство. [6]

Таблица 1. Содержание крахмала и злаковых (%).

Содержание крахмала в злаковых (%)	
Крупа рисовая	72,9
Крупа кукурузная	69,6
Крупа манная	68,5
Крупа перловая	65,7
Крупа пшенная	64,6
Крупа ячневая	63,8
Толокно	62,9
Хлопья «Геркулес»	60,1
Крупа овсяная	58,2
Крупа гречихи (ядрица)	55,4

1.5. Параметры, инструментarii и методы исследования, полученных образцов гидрогеля.

Методика приготовления гидрогелей включает несколько этапов, направленных на получение материалов с заданными свойствами, такими как высокая поглощающая способность и способность удерживать большие объемы жидкости.

1. Желатинизация крахмала. Крахмал подвергали тепловой обработке при температуре 80°C в течение 40 минут. Этот процесс изменяет структуру крахмала, делая его более вязким и способным к образованию гелей.

2. Введение лимонной кислоты. В полученный раствор желатинизированного крахмала добавляли лимонную кислоту. Кислота взаимодействует с крахмалом, вызывая его частичную деградацию и образование дополнительных химических связей. Это приводит к изменению физических и химических свойств раствора, делая его более подходящим для образования геля.

3. Массовое соотношение компонентов. Массовое соотношение крахмала и лимонной кислоты составляло 10:0,25.

Это соотношение обеспечивает оптимальное взаимодействие компонентов и получение гидрогеля с необходимыми характеристиками [7] .

4. Удаление пузырьков воздуха. Немодифицированные гидрогели требуют дополнительного этапа для удаления пузырьков воздуха. Для этого применяется ультразвуковая обработка, которая помогает разрушить воздушные пузырьки и улучшить однородность структуры геля.

5. Дегидратация. Для удаления избыточной влаги гидрогель дегидратировали с использованием безводного этанола. Этот процесс позволяет снизить содержание воды в геле и улучшить его механические свойства. Оптимальное взаимодействие компонентов и получение гидрогеля с необходимыми характеристиками [7].

6. Сушка в вакууме. Обезвоженный образец сушили в вакуумной сушильной камере при температуре 60°C до достижения постоянного веса. Вакуумная сушка позволяет удалить остаточную влагу и завершить процесс формирования гидрогеля с желаемыми характеристиками.

7. Получение композита. После завершения процесса сушки, гидрогель измельчали и фильтровали для получения сверхпоглощающего композита. Этот этап включает механическую обработку и фильтрацию, которые необходимы для получения конечного продукта с требуемой структурой и свойствами.

Искусственный гидрогель (пропорции)

Крахмал (граммы)	Лимонная кислота (граммы)
10 г	0,25 г

Природный гидрогель:

Овсяная мука- 60% крахмала; вес- 216 (гр.) Крахмал: $216 \times 0,60 = 130$ (гр.)

Лайм- 8% лимонной кислоты; 1 лайм (мякоть)- 40 (гр.)

Лимонная кислота: $40 \times 0,08 = 3,2$ (гр.)

Природный гидрогель (пропорции)

Крахмал (граммы)	Лимонная кислота (граммы)
130 г.	3,2 г.

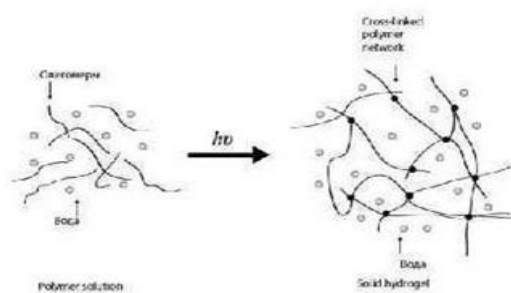
Инструментарий:

Водяная баня, термометры, ложки, скальпель, чашки Петри, колбы, стаканы и мерные стаканы, стеклянная палочка, ёмкости, воронка, фильтровальная бумага.

Методы исследования:

Микротвёрдость, однородность, пористость, взаимодействие с различными реактивами, фитотоксичность, водопоглощение.

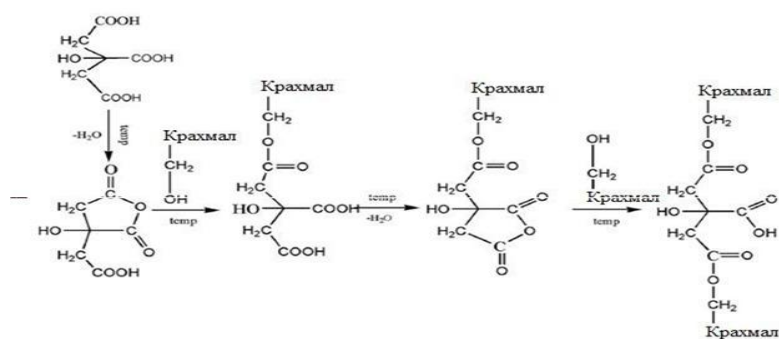
СТРУКТУРА ГИДРОГЕЛЯ



[7]

Уравнение реакции сшивания крахмала и лимонной кислоты [7]

Уравнения реакции сшивания крахмала и лимонной кислоты



2. Обработка и обсуждение результатов

2.1. Полученные результаты.

Было получено два вида гидрогелей, которые в ходе работ назвали «искусственный» и «природный». Эти названия были выбраны не случайно, а на основе компонентов, входящих в состав каждого гидрогеля.

Природный гидрогель состоит из компонентов природного происхождения. В его состав входят натуральные вещества. Эти компоненты обеспечивают экологичность и биосовместимость гидрогеля.

Искусственный гидрогель, как и говорилось о нем в разделе «Цели и задачи», напротив, включает в себя полимеры, которые имели изначально природное происхождение, но в дальнейшем подверглись обработке человеком для получения готового продукта. Такой состав позволяет получать гидрогели с заданными свойствами, недоступными для природных аналогов.[8]

2.2. Обработка и обсуждение результатов.

Для исследования свойств гидрогелей были проведены несколько тестов. Во-первых, изучена их способность впитывать воду. Это важный показатель, так как гидрогели должны эффективно удерживать влагу в почве или других средах.

Далее, оценена микротвёрдость гидрогелей. Этот параметр позволяет судить о механической прочности материала, что важно для его долговечности и устойчивости к внешним воздействиям.

Также были проанализированы физико-химические свойства гидрогелей, включая их состав: однородность, пористость и адсорбционные характеристики. Эти параметры влияют на способность гидрогелей удерживать и отдавать влагу, а также на их взаимодействие с различными веществами.

Для оценки безопасности гидрогелей, протестировали выращенные культуры на фитотоксичность. Это позволило определить, не оказывают ли гидрогели негативного воздействия на растения, что важно для их применения в сельском хозяйстве и ландшафтном дизайне.

В ходе работы, было изучено взаимодействие гидрогелей с различными средами. Это помогло понять, как гидрогели ведут себя в различных условиях. Так же была проверена способность к разложению и растворимость гидрогелей. Эти параметры важны для оценки их экологической безопасности и возможности использования в долгосрочной перспективе.

Исследование на микротвёрдость.

Микротвёрдость представляет собой твёрдость отдельных фаз и структурных составляющих, а также твёрдость внутри отдельных зёрен и тонкого поверхностного слоя после химико-термической обработки, а также тонких листов и фольги.[9]

Микротвердость (Тукон 1102)- устройство для проверки.

Измерение микротвёрдости осуществляется методом вдавливания алмазной пирамидки при нагрузке менее 2 Н (200 гс). Выбор участка для испытаний микротвёрдости и определение размеров отпечатка производятся с использованием микроскопа. Затем по специальным таблицам определяется число твёрдости — отношение нагрузки к площади поверхности отпечатка.

Существуют два основных метода испытаний на микротвёрдость:

1. Метод восстановленного отпечатка. Основан на измерении оптическим методом размера отпечатка, полученного в результате вдавливания индентора определённой геометрической формы в материал под заданной нагрузкой.

2. Метод невосстановленного отпечатка (по глубине отпечатка). В этом методе измеряется глубина отпечатка индентора и сила, действующая в процессе его вдавливания. [8,9,10]

3. Исследование образцов гидрогелевых материалов на микротвердость, химический состав, однородность и воздействие на агрессивные среды.[8,9,10]

Таблица 2. Исследование образцов гидрогелевых материалов на микротвердость, химический состав, однородность и воздействие на агрессивные среды.

Название исследования	Природный	Искусственный
Микротвердость	4HV	6HV
Состав (спектрометр)	El. PPM. +/-	
Содержание ионов солей		
K ⁺	1934.125	462.58
Ca ²⁺	885.75	985.87
Ti ⁴⁺	59.19	-
Fe ³⁺	106.17	107.16
Sr ²⁺	35.4	23.3

Zr^{4+}	13.3	18.3
Mo^{3+}	54.5	57.5
Cd^{2+}	164.32	211.28
Однородность	Неоднородный	Неоднородный
Пористость (микроскоп)		
Взаимодействие с реактивами	NaOH	
	Набух	Набух
H_2SO_4	Обуглился и растворился	Растворился
HNO_3	Обесцветился, набух немного	Растворился раствор приобрел ярко- желтый цвет
Реактив Швейцера $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$	Растворился	Не растворился
Фитотоксичность	Гидрогели не обладают фитотоксичностью, что подтверждается результатами экспериментов с семенами растений. В ходе исследования семена были обработаны гидрогелем. После определенного периода времени, были оценены следующие параметры: отсутствие ожогов на семенах, сохранность зеленого пигмента. Растения, обработанные природным гидрогелем, обладали более густой кроной и ярко-зелёной окраской, по сравнению с искусственным. (фото б)	

В результате проделанных опытов можно сделать вывод, что синтезированные гидрогели не обладают фитотоксичностью, что подтверждается результатами экспериментов с семенами растений. В ходе исследования семена были обработаны гидрогелем.

После определенного периода времени были оценены следующие параметры: отсутствие ожогов на семенах, сохранность зеленого пигмента. Но растения с синтезированным искусственным гидрогелем имели слабый стержень, не крепкую корневую систему. Самое заметное — это окраска бледного цвета.

Результаты исследования полностью соответствуют ожиданиям. Анализ последнего столбца данных показывает, что искусственный гидрогель обладает удовлетворительной степенью биоразлагаемости. Это свидетельствует о том, что он может быть эффективно

переработан или разложен микроорганизмами в естественных условиях. Природный гидрогель, в свою очередь, демонстрирует высокую биоразлагаемость, что подтверждает его экологическую безопасность и потенциал для использования в биоразлагаемых материалах.

Исследование на водопоглощение.

Водопоглощение гидрогеля — это его способность удерживать большое количество воды по сравнению с массой тела. [7]

На водопоглощение гидрогеля влияют различные факторы, например:

- Температура реакции. При низких или высоких температурах водопоглощающая способность гидрогеля снижается. [7]
- Время реакции. Увеличение времени реакции приводит к увеличению степени сшивания полимеров, что, в свою очередь, приводит к снижению водопоглощения гидрогеля. [7]
- Концентрация солей в растворе. Высокие концентрации солей, например, хлорида натрия, приводят к снижению водопоглощающей способности гидрогеля. [7,8]
- Ионный состав окружающей среды. Добавление в воду ионов различных металлов уменьшает значения максимального водопоглощения на 1–2 порядка. [7]
- Концентрация сшивающего агента. Дальнейшее повышение концентрации сшивающего агента приводит к увеличению плотности узлов сетки, что отражается на уменьшении водопоглощения гидрогелей. [8]

Формула для определения степени водопоглощения гидрогеля ($Q(H_2O)$):

$Q(H_2O) = (m_2 - m_1)/m_1$, где m_2 — масса набухшего гидрогеля, m_1 — масса сухого гидрогеля. [7,9]

Таблица 3. Изменение массы гидрогелей во время нахождения в дистиллированной воде.

Диаграмма 1. Изменение массы (г.) гидрогелей в дистиллированной воде в течение времени (ч.).

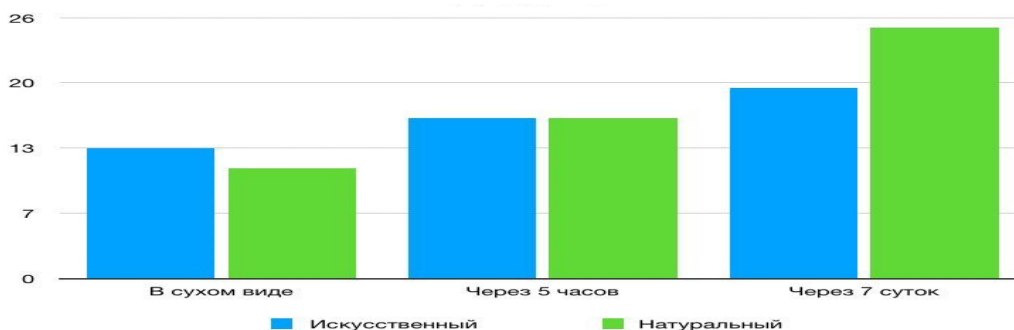


Таблица 3

	Искусственный	Натуральный
В сухом виде	13	11
Через 5 часов	16	16
Через 7 суток	19	25

Рассчитаем степень водопоглощения гидрогелей за 5 часов и за 7 суток: Искусственный:

За 5 часов: $(16-13)/13=3/13\sim0.23$

За 7 суток: $(19-13)/13=6/13\sim0.46$

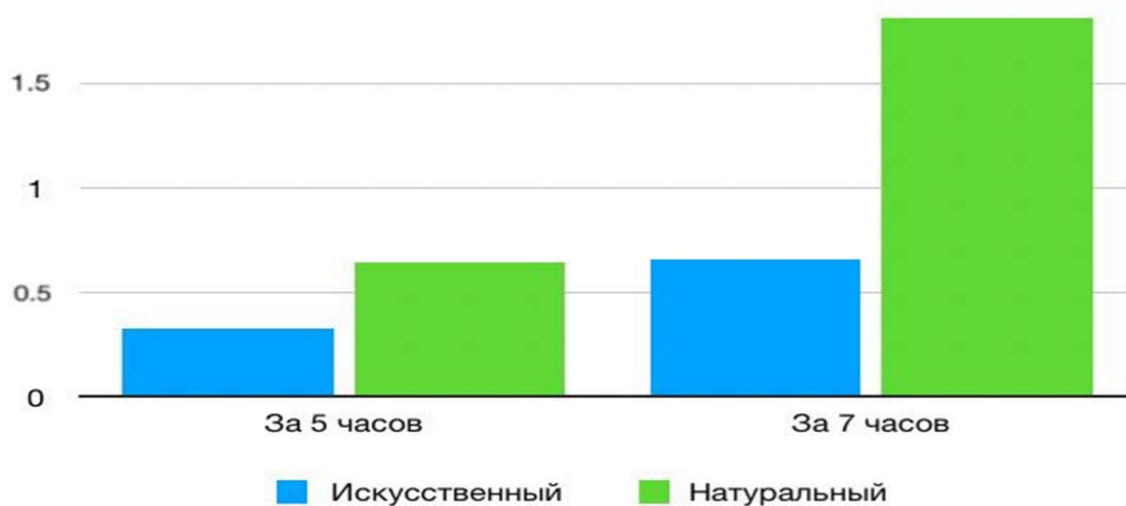
Натуральный:

За 5 часов: $(16-11)/11=5/11\sim0.45$

За 7 суток: $(25-11)/11=14/11\sim1.27$

Сравнив числа, можем сделать вывод, что у натурального гидрогеля степень водопоглощения больше.

Диаграмма 2. Степень водопоглощения гидрогелей в течение времени (ч).



3. Выводы

В рамках завершения проекта, было проведено комплексное исследование на фитотоксичность гидрогелей, на примере растения гороха. Эксперименты проводились в университете МИСИС, где были изучены характеристики гидрогелей, их микротвердость и точный состав элементов. Особое внимание уделялось взаимодействию гидрогелей с различными средами, включая щелочную и кислотную. Сами гидрогели имели нейтральную среду.

На базе школы, были проведены предварительные эксперименты, в ходе которых были созданы образцы гидрогелей. Полученные данные позволили углубить понимание методик и полимеров, используемых в разработке биоразлагаемых гидрогелей.

Для более полного анализа были синтезированы искусственные гидрогели. Сравнительные исследования фитотоксичности и скорости роста растений проводились на трех образцах: без гидрогеля, с природным гидрогелем и с искусственным гидрогелем.

Результаты показали, что ростки гороха, выращенные с использованием природного гидрогеля, достигли высоты около 20 см. Стоит отметить, что они опережали ростки в других горшках на 3 см и имели насыщенный зеленый пигмент в стеблях. Было увлекательно наблюдать за «гонкой» ростков. Эти наблюдения свидетельствуют о благоприятном влиянии природного гидрогеля на рост и развитие растений.

Результаты исследования подтверждают положительное влияние природного гидрогеля на рост и развитие растений. Он стимулирует их вегетацию, улучшает фотосинтетическую активность и способствует формированию крепкой корневой системы. Синтетические гидрогели, напротив, демонстрируют фитотоксичность, что требует тщательного анализа их применения и оценки долгосрочных последствий для экосистем. Это подчеркивает важность разработки экологически безопасных альтернатив и проведения дополнительных исследований для минимизации негативного воздействия синтетических гидрогелей на окружающую среду.

Команда достигла поставленной перед ней цели, разработав биоразлагаемый гидрогель и протестировав его при выращивании гороха.

4. Приложения

Фотографии, сделанные во время выполнения кейса:

- 1) Фотографии продуктов для приготовления природного гидрогеля.



- 2) Фотографии варки сока лайма с добавлением получившейся крахмальной воды.



- 3) Фотографии готовых гидрогелей.



А

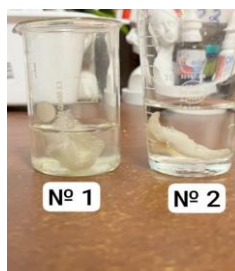


Б

- А) Готовый синтетический гидрогель.

- Б) Готовый природный гидрогель.

- 4) Фотографии процесса исследования на водопоглощение.



Сухие образцы гидрогелей.

Мерный стакан № 1- синтетический гидрогель (нахождение в

дистиллированной воде в течение 5 часов).

Мерный стакан № 2- природный гидрогель (нахождение в дистиллированной воде в течение 5 часов).



Природный гидрогель спустя 7 дней.

5) Фотографии процесса исследования на взаимодействие с реактивами



6) Фотографии процесса исследования на фитотоксичность.



А



Б



В

А. Ростки гороха с природным гидрогелем.

Б. Ростки гороха с искусственным гидрогелем.

В. Ростки гороха без добавления гидрогелей.

5. Список литературы:

1. Старт в науку. Научный журнал для школьников. Изд. 11, 2022 г.
2. Сельскохозяйственная биология. Научный журнал. Изд. 10, 2023 г.
3. Химия и биология. Научный журнал «UNIVERSUM». Изд. 11(125), 2024г.

Ссылки на литературные источники:

1. <https://science-start.ru/ru/article/view?id=8>
2. <https://nsportal.ru/ap/library/drugoe/2016/08/30/svoystva-gidrogelya>
3. <https://agrobiology.ru/1-2023maksimova-html.html>
4. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9104731/>
5. https://elib.usma.ru/bitstream/usma/21167/1/UMP_2024_005.pdf
6. <http://magn.phys.msu.ru/diploma/2015/Kovrizhnykh2014.pdf>
7. <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/10747>
8. <https://portal.tpu.ru/SHARED/z/ZULFA/Learning/Tab/Microhardness.pdf>
9. <https://modifier.ru/terms/microhardness.html>
10. <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/10769>