

Государственное автономное учреждение дополнительного образования
«Детский технопарк «Кванториум»

Научно-исследовательский проект
Получение биоцидных составов на основе наночастиц оксида цинка

Выполнила: Новикова Анастасия Сергеевна

Брянск 2023

Содержание

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение | 3 |
| 1 Теоретическая часть | 4 |
| 1.1 Биоцидные свойства наночастиц цинка | 4 |
| 1.2 Биоцидная активность наночастиц оксида цинка | 5 |
| 1.3 Наночастицы цинка в зависимости от размера | 5 |
| 2 Практическая часть..... | 6 |
| 2.1 Изготовление гексагидрата азотнокислого цинка..... | 6 |
| 2.2 Получение наночастиц оксида цинка | 11 |
| 2.3 Оценка биоцидной эффективности наночастиц оксида цинка | 12 |
| 2.4 Приготовление средства эффективной биоцидной защиты на основе наночастиц оксида цинка..... | 13 |
| Заключение..... | 16 |
| Список литературы..... | 16 |

Введение

Сегодня наиболее распространенными и изученными наночастицами, обладающими биоцидными свойствами считаются ионы серебра, в то время как наночастицы оксидов металлов, имеющие схожий механизм действия, а так же ряд других полезных качеств, практически не применяются в промышленности. Вместе с тем учеными доказано, что серебро, как тяжелый металл, в долгосрочной перспективе имеет накопительный токсический характер воздействия на организм человека. Альтернативу ионам серебра могут составить наночастицы оксида цинка. Цинк является важным микроэлементом для организма человека, в условиях недостатка которого такие ферменты, как алкогольдегидрогеназа, карбоксипептидаза и карбоангидраза теряют свою активность, при этом цинк применяется для лечения воспалений путем регулирования активности каспазы-1, а наночастицы оксида цинка способствуют снижению экспрессии мРНК воспалительных цитокинов путем ингибирования активации В-клеток [1]. Таким образом, разработка и применение биоцидных составов на основе оксида цинка является актуальной и важной задачей научно-исследовательской работы.

Целью работы является получение и изучение биоцидных свойств наночастиц оксида цинка, а так же разработка и изготовление на их основе дезинфицирующего состава с пенообразователями природного происхождения – сапонинами.

Предмет исследования – биоцидные составы на основе сапонинов природного происхождения.

Объект исследования – наночастицы оксида цинка.

Основные задачи:

1. Выполнить литературный анализ в соответствии с тематикой научно-исследовательской работы.
2. Рассчитать необходимое массовое соотношение реактивов для протекания реакции получения гексагидрата азотнокислого цинка $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$.
3. Изготовить гексагидрат азотнокислого цинка $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ как основу для химического синтеза золя наночастиц оксида цинка.
4. Получить наночастицы оксида цинка при помощи комбинированного физико-химического метода, базирующегося на золь-гель технологии и ультразвуковом диспергировании.
5. Исследовать биоцидные свойства золя наночастиц оксида цинка.
6. Разработать вспенивающийся биоцидный состав на основе сапонинов природного происхождения, модифицированный наночастицами оксида цинка.

Научная новизна работы заключается в углублении теоретических познаний в области получения наночастиц оксидов металлов, а в частности цинка, и его воздействия на бактерии и микроорганизмы различного происхождения.

Практическую значимость результатов исследований составляют дополнительные практические представления о физико-химических методах синтеза наночастиц оксидов металлов с применением золь-гель технологии и ультразвукового диспергирования, а так же методах экстракции пенообразователей природного происхождения.

1 Теоретическая часть

1.1 Биоцидные свойства наночастиц цинка

Влияние оксида цинка на биологические функции зависит от его морфологии, размера частиц, времени воздействия, концентрации, рН и биосовместимости. Они более эффективны против таких микроорганизмов, как золотистый стафилококк, желтая сарцина, кишечная палочка. Механизм действия был приписан активации наночастиц оксида цинка светом, которые проникают через бактериальную клеточную стенку путем диффузии.

Морфология наночастиц оксида цинка зависит от процесса синтеза. Это могут быть наностержни, нанопластины, наносферы, нанопокртия, наностержни, наноклетки и наноцветки. Наночастицы оксида цинка более активны в отношении грамположительных бактерий по сравнению с другими НЧ той же группы элементов [2].

Наночастица оксида цинка является одним из таких неорганических оксидов металлов, который отвечает требованиям биоцидной защиты, и, следовательно, его можно безопасно использовать в качестве лекарственного средства, консерванта в упаковке и антимикробного средства. Он легко проникает в пищевые продукты, убивает микробы и предотвращает заболевание человека.

Наночастицы оксида цинка нарушают метаболические функции микробов, вызывая их гибель [3].

1.2 Биоцидная активность наночастиц оксида цинка

Общеизвестно, что наночастицы оксида цинка обладают антибактериальными свойствами и подавляют рост микроорганизмов, проникая в клеточную мембрану. Окислительный стресс повреждает липиды, углеводы, белки и ДНК. Перекисное окисление

липидов, очевидно, является наиболее важным, что приводит к изменениям в клеточной мембране, которые в конечном итоге нарушают жизненно важные клеточные функции.

Свободные ионы Zn^{2+} немедленно связываются с биомолекулами, такими как белки и углеводы, и все жизненно важные функции бактерий прекращаются. Было обнаружено, что $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ в шесть раз более токсичен, чем наночастицы оксида цинка и оксид цинка. Наночастицы фактически диспергированы в растворителе, а не растворены, и поэтому они не могут высвобождать ионы Zn^{2+} . Биодоступность ионов Zn^{2+} не всегда составляет 100% и может неизменно изменяться в зависимости от физиологического pH, окислительно-восстановительного потенциала и связанных с ним анионов, таких как Cl^- или SO_4^{2-} .

Растворимость оксида цинка (1,6–5,0 мг/л) в водной среде выше, чем у наночастиц оксида цинка (0,3–3,6 мг/л) в той же среде, которая токсична для водорослей и ракообразных. Как наноксид цинка, так и объемный оксид цинка в 40-80 раз менее токсичны, чем $ZnSO_4$. Более высокая антибактериальная активность $ZnSO_4$ прямо пропорциональна его растворимости с высвобождением ионов Zn^{2+} , которые обладают более высокой подвижностью и большим сродством к биомолекулам в бактериальной клетке из-за положительного заряда на Zn^{2+} и отрицательного заряда на биомолекулах.

Наночастицы оксида цинка наружно используются для лечения легких бактериальных инфекций, но ион цинка является важным микроэлементом для некоторых вирусов и людей, которые повышают ферментативную активность вирусной интегразы. Это также подтверждается увеличением количества вируса инфекционного панкреонекроза на 69,6% при лечении 10 мг/л Zn. Это может быть связано с большей растворимостью ионов Zn по сравнению только с ZnO [4].

1.3 Наночастицы цинка в зависимости от размера

Все характеристики наночастиц оксида цинка зависят от их размера, формы, концентрации и времени воздействия на бактериальную клетку. Кроме того, были также изучены исследования биораспределения наночастиц оксида цинка. Например, Ван и соавт. исследовали влияние длительного воздействия наночастиц оксида цинка на биораспределение и метаболизм цинка у мышей в течение 3-35 недель. Их результаты показали минимальную токсичность для мышей, когда они подвергались воздействию наночастиц оксида цинка в дозе 50 и 500 мг/кг в рационе. При более высокой дозе 5000 мг/кг наночастицы оксида цинка снижали массу тела, но увеличивали массу поджелудочной железы, головного мозга и легких. Кроме того, он повышал активность

глутамино-пировиноградной трансаминазы в сыворотке крови и экспрессию мРНК генов, связанных с метаболизмом цинка, таких как металлотионеин. Исследования биораспределения показали накопление достаточного количества цинка в печени, поджелудочной железе, почках и костях. Поглощение и распределение наночастиц оксида цинка/микрочастиц оксида цинка в значительной степени зависят от размера частиц [5].

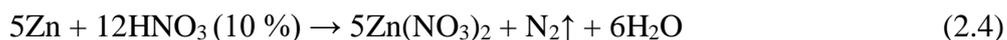
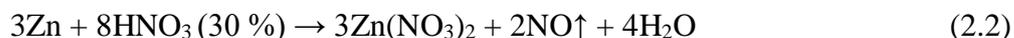
В ходе 14-дневного исследования у мышей, получавших перорально наночастицы оксида цинка, не было обнаружено явного побочного эффекта. Однако внутрибрюшинная инъекция мышам 2,5 г/кг массы тела показала накопление цинка в сердце, печени, селезенке, легких, почках и семенниках. Почти девятикратное увеличение содержания наночастиц оксида цинка в печени наблюдалось через 72 ч. Было показано, что наночастицы оксида цинка обладают лучшей эффективностью в биораспределении печени, селезенки и почек, чем у мышей, получавших пероральное питание. Поскольку наночастицы оксида цинка безвредны в низких концентрациях, они стимулируют определенные ферменты у человека и растений и подавляют болезни. Сингх и др. также недавно рассмотрели биосинтез наночастиц оксида цинка, их поглощение, транслокацию и биотрансформацию в растительной системе [6].

2 Практическая часть

Наночастицы оксида цинка получали при помощи золь-гель технологии из гексагидрата азотнокислого цинка $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$.

2.1 Изготовление гексагидрата азотнокислого цинка

Гексагидрат азотнокислого цинка $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ изготавливали путем растворения металлического цинка в азотной кислоте HNO_3 . На первом этапе работы был выполнен расчет необходимого массового соотношения исходных реактивов. Исходя из справочных данных, реакция взаимодействия цинка и азотной кислоты протекает по следующим уравнениям





Из уравнения 2.4 следует, что для получения гексагидрата азотнокислого цинка необходимо выполнить реакцию взаимодействия 5 молей металлического цинка и 12 молей разбавленной 10 % азотной кислоты.

Молярная масса цинка $M(\text{Zn}) = 65,38$ г/моль. Для выполнения условий реакции необходимо 5 молей металлического цинка, т.е. $m(\text{Zn}) = 326,9$ г.

10 % раствор азотной кислоты HNO_3 получали методом разбавления концентрированной, точную концентрацию которой определяли путем измерения ее плотности при помощи набора лабораторных ареометров АОН-1. Для этого концентрированный раствор HNO_3 помещали в мерный цилиндр объемом 100 см^3 , после чего в него устанавливали ареометр подходящего, для измерения заданного интервала плотностей, веса (рисунок 2.1).

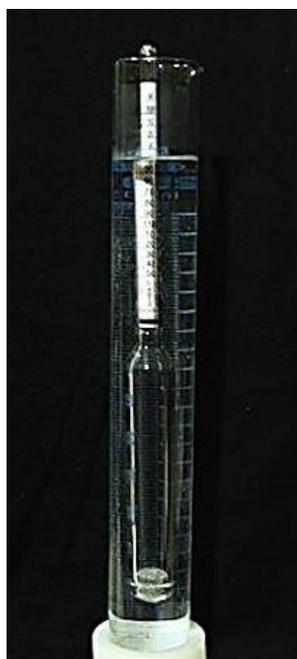


Рисунок 2.1 – Измерение плотности концентрированного раствора азотной кислоты HNO_3

В ходе эксперимента было установлено, что плотность лабораторного концентрированного раствора азотной кислоты составила $1,3667 \text{ г/см}^3$, что соответствует концентрации 60 %. Молярную концентрацию C_M определяли при помощи электронных таблиц (рисунок 2.2).

ПЛОТНОСТЬ РАСТВОРОВ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ (HNO₃) ПРИ 20⁰С

плотность % г/л моль/л

| плотность г/мл | % | г/л | моль/л |
|-------------------|----|-------|--------|
| 1,0036 | 1 | 10,04 | 0,1593 |
| 1,0091 | 2 | 20,18 | 0,3203 |
| 1,0146 | 3 | 30,44 | 0,4831 |
| 1,0201 | 4 | 40,8 | 0,6475 |
| 1,0256 | 5 | 51,28 | 0,8138 |
| 1,0312 | 6 | 61,87 | 0,9819 |
| 1,0369 | 7 | 72,58 | 1,152 |
| 1,0427 | 8 | 83,42 | 1,324 |
| 1,0480 | 9 | 94,37 | 1,498 |
| 1,0543 | 10 | 105,4 | 1,673 |
| 1,0602 | 11 | 116,6 | 1,850 |
| 1,0661 | 12 | 127,9 | 2,03 |
| 1,0721 | 13 | 139,4 | 2,212 |
| 1,0781 | 14 | 150,9 | 2,395 |
| 1,0842 | 15 | 162,6 | 2,58 |
| 1,0903 | 16 | 174,4 | 2,768 |
| 1,0964 | 17 | 186,4 | 2,958 |
| 1,1026 | 18 | 198,5 | 3,150 |
| 1,1088 | 19 | 210,7 | 3,343 |
| 1,1150 | 20 | 223 | 3,539 |
| 1,1213 | 21 | 235,5 | 3,737 |
| 1,1276 | 22 | 248,1 | 3,937 |
| 1,1340 | 23 | 260,8 | 4,139 |
| 1,1404 | 24 | 273,7 | 4,344 |
| 1,1469 | 25 | 286,7 | 4,550 |
| 1,1534 | 26 | 299,9 | 4,758 |
| 1,1600 | 27 | 313,2 | 4,970 |
| 1,1666 | 28 | 326,6 | 5,183 |
| 1,1733 | 29 | 340,3 | 5,401 |

| плотность г/мл | % | г/л | моль/л |
|-------------------|----|-------|--------|
| 1,316 | 51 | 671,2 | 10,65 |
| 1,3219 | 52 | 687,4 | 10,91 |
| 1,3278 | 53 | 703,7 | 11,17 |
| 1,3336 | 54 | 720,1 | 11,43 |
| 1,3393 | 55 | 736,6 | 11,69 |
| 1,3449 | 56 | 753,1 | 11,95 |
| 1,3505 | 57 | 769,8 | 12,22 |
| 1,3560 | 58 | 786,5 | 12,48 |
| 1,3614 | 59 | 803,2 | 12,75 |
| 1,3667 | 60 | 820 | 13,01 |
| 1,3719 | 61 | 836,9 | 13,28 |
| 1,3769 | 62 | 853,7 | 13,55 |
| 1,3818 | 63 | 870,5 | 13,81 |
| 1,3866 | 64 | 887,4 | 14,08 |
| 1,3913 | 65 | 904,3 | 14,35 |
| 1,3959 | 66 | 921,3 | 14,62 |
| 1,4004 | 67 | 938,3 | 14,89 |
| 1,4048 | 68 | 955,3 | 15,16 |
| 1,4091 | 69 | 972,3 | 15,43 |
| 1,4134 | 70 | 989,4 | 15,70 |
| 1,4176 | 71 | 1006 | 15,96 |
| 1,4218 | 72 | 1024 | 16,25 |
| 1,4258 | 73 | 1041 | 16,52 |
| 1,4298 | 74 | 1058 | 16,79 |
| 1,4337 | 75 | 1075 | 17,06 |
| 1,4375 | 76 | 1093 | 17,35 |
| 1,4413 | 77 | 1110 | 17,62 |
| 1,4450 | 78 | 1127 | 17,89 |
| 1,4486 | 79 | 1144 | 18,16 |

Рисунок 2.2 – Электронная таблица зависимости плотности азотной кислоты от ее концентрации при 20 °С

Объем HNO₃ необходимый для выполнения условий реакции 2.4 вычисляли исходя из следующей системы уравнений

$$n = \frac{m}{M}, \quad (2.6)$$

где m – масса вещества, г

M – молярная масса вещества г/моль.

Преобразовав уравнение 2.6, определим массу вещества

$$m = n \cdot M . \quad (2.7)$$

Зная, что плотность вещества находится из уравнения

$$\rho = \frac{m}{V} , \quad (2.8)$$

где V – объем вещества, м^3 .

Масса вещества из уравнения 2.8 выражается следующим образом

$$m = \rho \cdot V . \quad (2.9)$$

Преобразовав уравнения 2.7 и 2.9, получили следующее равенство

$$\rho \cdot V = n \cdot M . \quad (2.10)$$

Откуда объем вещества выражается зависимостью

$$V = \frac{n \cdot M}{\rho} . \quad (2.11)$$

Таким образом, объем 12 молей 10 % HNO_3 составит

$$V = \frac{12 \cdot 63,012}{1,0543} = 717,2 \text{ см}^3 .$$

Расчет необходимого количества компонентов выполняли исходя из массы цинка 5 г, методом составления пропорций.

$$\begin{array}{l} 5 \text{ моль} - 326,9 \text{ г} \\ x \text{ моль} - 5 \text{ г} . \end{array}$$

Таким образом, установили, что имеющиеся в начале реакции 5 г цинка соответствуют 0,0765 молям, при этом, вступающее в реакцию количество HNO_3 должно быть в 2,4 раза больше, т.е. 0,1836 молей, поэтому конечный объем 10 % азотной кислоты из уравнения 2.11 составит

$$V = \frac{0,1836 \cdot 63,012}{1,0543} = 11,97 \text{ см}^3$$

Для получения установленного объема 10 % HNO_3 из лабораторного концентрированного 60 % раствора, пользовались законом эквивалентов.

$$C_{M_1} \cdot V_1 = C_{M_2} \cdot V_2, \quad (2.12)$$

где C_M – молярная масса эквивалента, г/моль экв.;

V – объем, см^3 .

Зная начальную и конечную концентрации HNO_3 , вычисляли ее объемы. Кислоту брали с избытком для обеспечения полного протекания реакции.

$$13,0100 \cdot x = 1,673 \cdot 13;$$

$$x = 1,67 \text{ см}^3.$$

Таким образом, для приготовления 10 % раствора азотной кислоты, в заранее подготовленный химический стакан отмеряли $11,33 \text{ см}^3$ дистиллированной воды, в которую добавляли $1,67 \text{ см}^3$ концентрированного 60 % раствора, и тщательно перемешивали.

В приготовленный раствор HNO_3 опускали, предварительно очищенный ножом от оксидной пленки, металлический цинк. Растворение цинка выполняли на водяной бане при постепенном разогреве до $70 \text{ }^\circ\text{C}$, накрыв стакан часовым стеклом. В результате образовывались кристаллы гексагидрата азотнокислого цинка, которые хранили в герметично закрытой таре при нормальных условиях.

2.2 Получение наночастиц оксида цинка

Изготовление наночастиц оксида цинка выполняли комбинированным физико-химическим методом золь-гель технологии и ультразвукового диспергирования. Для этого в химическом стакане готовили водный раствор гексагидрата азотнокислого цинка концентрацией 0,015 моль/л. С этой целью 0,3112 г $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ растворяли в 100 см³ дистиллированной воды. Массу реактива вычисляли из формулы

$$m = M \cdot C \cdot V, \quad (2.13)$$

где m – масса навески $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, г;

M – молярная масса $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, г/моль;

C – концентрация раствора $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, моль/дм³;

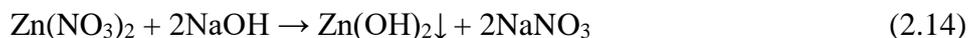
V – объем раствора $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, дм³.

$$m = 207,4343 \cdot 0,015 \cdot 0,1 = 0,3112 \text{ г}.$$

Раствор азотнокислого цинка нагревали на водяной бане до 70 °С при непрерывном перемешивании с помощью магнитной мешалки с подогревом. Данную операцию выполняли в течение 2 часов при постоянной температуре. По истечении заданного промежутка времени в раствор $Zn(NO_3)_2$ по каплям добавляли раствор гидроксида натрия концентрацией 0,03 моль/л. Для приготовления 100 см³ NaOH необходимой концентрации отвешивали 0,1100 г реактива.

$$m = 39,997 \cdot 0,03 \cdot 0,1 = 0,1100 \text{ г}.$$

Прибавление раствора NaOH осуществляли до прекращения выпадения осадка, после чего продолжали перемешивание в течение еще 2 часов, поддерживая постоянную температуру 70 °С. В результате в реакционном сосуде образовывался коллоидный раствор гидроксида цинка $Zn(OH)_2$.



Полученный осадок промывали 3 раза дистиллированной водой, после чего фильтровали и сушили в сушильном шкафу при температуре 80 °С.

Как известно, температура плавления гидроксида цинка составляет 125 °С, при этом в результате термического разложения образуется оксид цинка ZnO.



Реакцию термического разложения выполняли в муфельной печи, для чего, высушенный Zn(OH)₂ переносили в тигель и кальцинировали в течение 30 минут при температуре 450 °С.

Полученный оксид цинка перемещали в химический стакан, с предварительно отмеренным объемом дистиллированной воды 100 см³, который устанавливали в ультразвуковую ванну для разделения агрегировавшихся в процессе кальцинирования частиц ZnO. Изготовление золя наночастиц оксида цинка выполняли в течение 10 минут при частоте ультразвукового воздействия 35 кГц, в присутствии стабилизатора коллоидных частиц поливинилпирролидона (ПВП) (C₆H₉NO)_n.

Таким образом, комбинированным физико-химическим методом золь-гель технологии и ультразвукового диспергирования синтезирован золь наночастиц оксида цинка, применяемый в качестве биоцидного средства.

2.3 Оценка биоцидной эффективности наночастиц оксида цинка

Оценка биоцидной активности раствора наночастиц цинка выполнялась при помощи посева приготовленной питательной среды бактериями из наиболее загрязненных мест ГАУ ДО «Детский технопарк «Кванториум». Обработка питательных сред исследуемым препаратом проводилась с помощью градуированной пипетки, каждые 3 дня в течение 2 недель, после чего в зависимости от площади образца питательной среды определялась степень заражения. Результаты исследований представлены в таблице 2.1.

Выявлена эффективность применения наночастиц оксида цинка в качестве биоцидного компонента. По данным из таблицы 2.1 установлен стабильный прирост площади заражения питательной среды бактериями в зависимости от даты выполнения исследований в контрольном образце, не обработанном наночастицами ZnO, в то время как образец, содержащий исследуемый препарат демонстрирует стабильные показатели, не изменяющиеся с течением времени, что свидетельствует о полной остановке размножения бактерий (рисунок 2.3).

Таблица 2.1 – Результаты оценки биоцидной эффективности наночастиц оксида цинка

| Наименование образца | Дата выполнения исследований | | | | | |
|----------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| | Площадь заражения до обработки и ZnO, % | Площадь заражения после или без обработки ZnO, % | | | | |
| | 08.12.2023 | 11.12.2023 | 13.12.2023 | 16.12.2023 | 19.12.2023 | 22.12.2023 |
| Контрольный | 40 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| Обработанный ZnO | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 |



Рисунок 2.3 – Оценка биоцидной эффективности наночастиц цинка в питательной среде

2.4 Приготовление средства эффективной биоцидной защиты на основе наночастиц оксида цинка

В работе в качестве средства биоцидной защиты предполагается использование вспенивающегося состава на основе природных сапонинов, модифицированного наночастицами оксида цинка.

Сапонин – природное поверхностно-активное вещество, производное тритерпенов, гликозидного происхождения, которое представляет из себя бесцветные или желтоватые

аморфные вещества, хорошо растворимые в воде [7-9]. Сапонин применяется в качестве пенообразователя в водных растворах.

Одним из растений, содержащих в своем составе высокую концентрацию сапонинов, является сахарная свекла. Свекольный сапонин – тритерпеноидный сапонин, относится к глюкоуронозидам олеаноловой кислоты, в результате гидролиза которого образуются олеаноловая (сапогенин) и глюкоуроновая кислоты [7, 8]. Сахарная свекла содержит 0,14-0,3 % сапонины, который сконцентрирован в ее кожуре и хвостиках [10].

Получение сапонины осуществляли при помощи метода экстракции растворителем. Для этого кожуру и хвостики сахарной свеклы измельчали в бытовом блендере, после чего продукт подвергали сублимационной сушке при температуре 50 °С в течение 3 часов, до остаточной влажности 1-2 %.

Для извлечения сапонинов из подготовленного сырья применяли метод экстракции, осуществляемый при помощи разработанного для этих целей лабораторного экстрактора (рисунок 2.2).

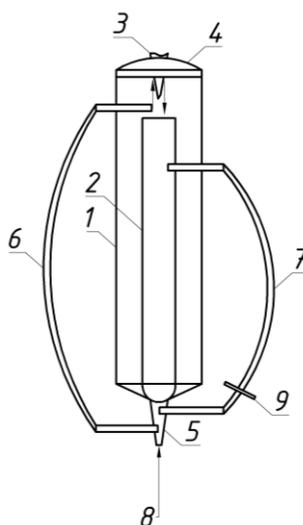


Рисунок 2.2 – Разработанный лабораторный экстрактор для экстрагирования сапонинов из сахарной свеклы

Техническая задача, положенная в основу изобретения, состоит в простоте конструкции, доступности составляющих, малой стоимости, универсальности применения и простоте в эксплуатации.

Лабораторный экстрактор работает следующим образом. Пары растворителя из приемной колбы 8 подаются по приемной трубке 6 в корпус экстрактора 1, откуда поступают в лабораторный обратный холодильник 3. В холодильнике 3 пары растворителя конденсируются и стекают в рабочую камеру 2, в которой находится экстрагируемый

материал. Рабочая камера 2 наполняется экстрагентом, который удаляется из нее через сливную трубку 7, снабженную клапаном 9, представляющим собой пружинный зажим. Клапан необходим для предотвращения попадания паров растворителя в сливную трубку. Из сливной трубки 7 через клапан 9 экстрагент направляется обратно в приемную колбу, после чего, нагреваясь, снова попадает в экстрактор, где процесс повторяется. Таким образом, достигается замкнутый цикл экстракции, загруженного в рабочую камеру 2, материала.

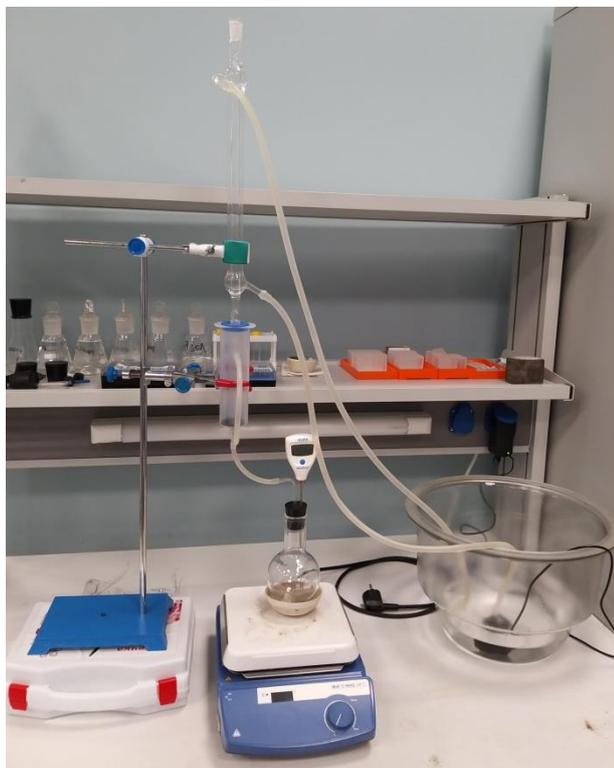


Рисунок 2.3 – Процесс экстрагирования сапонинов из сахарной свеклы при помощи разработанного лабораторного экстрактора

Подготовленное и высушенное свекольное сырье подвергали экстрагированию в разработанном лабораторном экстракторе. В качестве растворителя использовали водный раствор этанола с концентрацией 80 % C_2H_5OH (этиловый спирт). По окончании операции экстрагент удаляли выпариванием при температуре 30 °С, в результате чего получали целевой продукт с концентрацией сапонины до 50 %.

Вспенивающийся состав для биоцидной защиты изготавливали при помощи смешивания золя наночастиц оксида цинка и сапонины в пропорции 2:1.

Заключение

В литературном анализе, проведенном по теме научно-исследовательской работы, рассмотрены биоцидные свойства наночастиц цинка, биоцидная активность наночастиц оксида цинка, а так же Наночастицы цинка в зависимости от размера.

В качестве основы для получения наночастиц оксида цинка использован гексагидрат азотнокислого цинка. Выполнен расчет необходимого массового соотношения исходных реактивов для приготовления $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, который изготавливали путем растворения металлического цинка в 10 % азотной кислоте HNO_3 .

В ходе выполнения исследований по оценки биоцидной эффективности наночастиц ZnO в контрольном образце, не обработанном ZnO, установлен стабильный прирост площади заражения питательной среды бактериями в зависимости от даты выполнения исследований, в то время как образец, содержащий исследуемый препарат, демонстрирует стабильные показатели, не изменяющиеся с течением времени, что свидетельствует о полной остановке размножения бактерий и эффективности биоцидной защиты применяемого раствора.

Комбинированным физико-химическим методом на основе золь-гель технологии и ультразвукового диспергирования синтезированы наночастицы оксида цинка.

Методом экстрагирования растворителем из сахарной свеклы получен сапонин, который использован для изготовления вспенивающегося защитного состава. Экстракция выполнена при помощи разработанного для этих целей лабораторного экстрактора.

Получен эффективный биоцидный вспенивающийся состав на основе сапонинов природного происхождения, модифицированный наночастицами оксида цинка. Таким образом, все цели и задачи научно-исследовательской работы выполнены в полном объеме.

Список литературы

- 1 Husen A., Siddiqi K.S. Phytosynthesis of nanoparticles: concept, controversy and application // Nano Res Lett. – 2014. – No 12. – Pp. 229-232.
2. Siddiqi K.S., Husen A. Recent advances in plant-mediated engineered gold nanoparticles and their application in biological system // Trace Elements Med Biol. – 2017. – No 40. – Pp. 10–23.
3. Rai M., Yadav A., Gade A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials // Biotechnol Adv. – 2009. – No 27. – Pp. 76–83.
4. Sawai J. Quantitative evaluation of antibacterial activities of metallic oxide powders (ZnO, MgO and CaO) by conductimetric assay // Microbiol Methods. – 2003. – No 54. – Pp. 177–182.

5. Roselli M., Finamore A., Garaguso I., Britti M.S., Mengheri E. Zinc oxide protects cultured enterocytes from the damage induced by *Escherichia coli* // *Nutr.* – 2003. – No. 133. – Pp. 4077–4082.
6. Husen A., Ghorbanpourn M., Manika K., Varma A. Gold nanoparticles from plant system: Synthesis, characterization and their application / Eds. // *Nanoscience and Plant–Soil Systems.* – 2017. – Vol. 48. – Pp. 455–479.
7. Кошулько А.И. Сапонин сахарной свеклы и технология его извлечения для коммерческих целей // *Цукор України.* – 2004. – № 3–4 (37).
8. Каухова И.Е., Минина С.А. Химия и технология фитопрепаратов. – М.: ГЭОТАР Медиа, 2004.
9. Цитович И.К. Аналитическая химия. – М., 1994. – 120 с.
10. Деканосидзе Г.Е., Чирва В.Я., Стригина Т.В., Уварова Н.И. Исследование тритерпеновых гликозидов. – Тбилиси, 1982. – 210 с.