

Международная научно-практическая студенческая конференция

"Современные научные исследования"

Проектная работа

## **САМОДЕЗИНФИЦИРУЮЩАЯ АКРИЛОВАЯ КРАСКА С НАНО-Ag**

**Выполнил**

**а:**

учащаяся 10 класса

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России

(РЦ "Медицинский Сеченовский Предуниверсарий") г. Москвы

Нурмагомедова С.Ш.

**Руководитель:**

Оболенская Л.Н., к.х.н., учитель химии ГБОУ Школа № 2065

Москва, 2024

Оглавление	
Литературный обзор.....	3
Актуальность.....	5
Новизна.....	5
Материалы и методы.....	6
Обоснование выбора методов исследования.....	6
Определение содержания в краске полиакрилатов и расхода краски.....	7
Получение образцов.....	8
Изучение структуры полученных образцов.....	12
<i>Электронные спектры поглощения</i> .....	12
<i>Микроморфология</i> .....	13
<i>Изучение бактериостатических свойств образцов</i> .....	15
Примерная себестоимость.....	17
Результаты.....	17
Выводы.....	18
Перспективы.....	19
Заключение.....	19
Список литературы.....	19
Графическая аннотация.....	21

### **Аннотация**

Получено нано-Ag в матрице из акриловой краски по методике [1, 2, 3]. Установлено, что при сонохимическом синтезе (длительность УЗ обработки 10 мин) минимальный объём акриловой краски, достаточный для кратковременной стабилизации нано-Ag, – 20 мл на 0.8 ммоль Ag, для долговременной (при ст.у.) – 80 мл на 0.8 ммоль Ag (при количестве второго стабилизатора – NH<sub>3</sub> – 2.63 ммоль на 0.8 ммоль Ag). Диапазон оптимальной длительности УЗ обработки реакционной смеси составляет 10–23 минуты. Далее было обнаружено, что, в силу высокой вязкости краски, для полноценного тепло- и массопереноса необходимо дополнять УЗ перемешиванием – в этом случае нано-Ag не агрегирует даже за час обработки (при разогреве воды в УЗВ до 48°C). По

данным СЗМ, полученное Ag не только само наноразмерно (перепад высот < 300 нм), но и, в случае термолитического синтеза *in situ*, вызывает двукратное уменьшение средней шероховатости плёнки из краски. В электронных спектрах поглощения (ЭСП) образцов есть интенсивная полоса поглощения плазмонного резонанса Ag. Доказана бактериостатическая активность Ag, полученного с 20 мл краски на 0.8 ммоль Ag (способ I), после 12 дней хранения при ст.у.; nano-Ag в золе (полученном разбавлением краски в 100 раз) в условиях проведения эксперимента (5 ч при 60°C) агрегирует, а в разбавленном в 10 раз – сохраняет исходную дисперсность и успешно подавляет размножение термофильных бактерий.

### **Литературный обзор**

Нано-Ag является эффективным бактериостатиком [1]. В ряде работ, включая [4, 5], было показано, что полиакрилат-ионы способны, вероятно за счёт хелатирования, стабилизировать нано-Ag. В работе [6] описано восстановление  $Ag^+$  до нано-Ag с помощью глюкозы; в качестве стабилизатора авторы использовали аммин-лиганды, образующиеся непосредственно в реакционной смеси при депротонировании катионов аммония щёлочью. Это обеспечивает более точное дозирование реагентов, чем введение водного раствора аммиака, поэтому мы переняли этот приём. Но, отметим, из этой же статьи видно, что для долговременной стабилизации наносеребра одной только защиты аммин-лигандами недостаточно. В работе [7] описано получение нано-Ag цитратным способом, внедрённого в матрицу из акрилатной смолы. Интересно, что, как установлено авторами, бактериостатические свойства наносеребра в этой матрице полностью сохраняются. Потому мы и решили получить акриловую краску с нано-Ag, стабилизированным акрилат- и/или полиакрилат-ионами и обладающими бактериостатическими свойствами, которые препятствуют созданию колоний бактерий, а, следовательно, образованию новых штаммов.

А когда мы стали искать литературные данные по реализованным ранее вариантам сонохимического синтеза наносеребра с глюкозой в качестве восстановителя, то оказалось, что во всех случаях вспомогательно

использовались либо сложные в получении и стабилизации наноструктуры, такие как восстановленный графен [8], либо не менее трудоёмко (и, к тому же, небезопасно) синтезируемые органические вещества, например производные бензимидазола [9].

### **Обоснование целесообразности применения нанотехнологий**

Для придания краске самодезинфицирующих свойств нужно именно нано-Ag, т.к. 1) наночастица Ag – «контейнер», доставляющий  $Ag^+$  внутрь бактериальной клетки, где они предотвращают её размножение; при этом из каждой наночастицы Ag постепенно высвобождаются  $Ag^+$  в течение нескольких лет, что и позволит заменить предусмотренные ГОСТами санобработки по 2 р./сут. на обработку антисептической краской 1 раз в несколько лет.

**Основная идея.** Снижение регулярности санобработки часто касаемых людьми поверхностей с помощью акриловой краски с нано-Ag, стабилизированным акрилат- и/или полиакрилат-ионами и обладающим бактериостатическими свойствами, которые препятствуют созданию колоний бактерий, а, следовательно, образованию новых штаммов.

**Цель** – получение и характеристика самодезинфицирующей акриловой краски с нано-Ag.

В соответствии с целью и объектом поставлены следующие **задачи**.

- 1) Синтез нано-Ag в матрице из акриловой краски сонохимически (по методике [1, 2]).
- 2) Синтез нано-Ag в матрице из акриловой краски по методике [3] (двумя способами).
- 3) Сканирование плёнок из полученных образцов зондовым микроскопом.
- 4) Анализ микроморфологии полученных наноматериалов.
- 5) Запись и интерпретация электронных спектров поглощения (ЭСП) образцов, полученных сонохимически.
- 6) Изучение бактериостатических свойств образцов (на термофильной культуре).
- 7) Предварительная формулировка оптимального способа получения продукта.

## **Актуальность**

Сейчас в больницах, школах и вообще во всех местах, где бывает много людей, а особенно детей, существуют нормы по санитарной обработке, весьма частой. В конце любой санитарной обработки использованный антисептик попадает так или иначе в окружающую среду. Однако очевидно, что надо уменьшать их количество в нашей жизни. Мы предлагаем возможность сделать более редкими санитарные обработки поверхностей, часто касаемых людьми (например, дверных ручек) благодаря покрытию их самодезинфицирующейся краской с наносеребром. В этом случае один раз в несколько лет будет произведена, закуплена и использована только эта краска, и не будет произведено, закуплено, и использовано заметное количество антисептиков, которые нужны были бы для обработки такой же дверной ручки, покрытой обычной, ныне производящейся краской без эффекта самоочищения. Таким образом, мы стараемся помочь уменьшению влияния человека на окружающую среду, уменьшению потока попадающих в неё токсикантов. Нано-Ag является эффективным бактериостатиком [4]. В ряде работ, включая [5, 6], было показано, что полиакрилат-ионы способны, вероятно за счёт хелатирования, стабилизировать нано-Ag. Потому мы и решили получить акриловую краску с нано-Ag, стабилизированным акрилат- и/или полиакрилат-ионами (а также, немного, аммин-лигандами) и обладающими бактериостатическими свойствами, которые препятствуют созданию колоний бактерий, а, следовательно, образованию новых штаммов. *Работа начата летом 2022 г.*

## **Новизна**

Впервые синтезировано нано-Ag для придания акриловой краски бактериостатических свойств с использованием в качестве capping agents аммиака и акрилат-ионов самой краски (для снижения инфицированности различных поверхностей в медучреждениях). Сонохимический синтез Ag впервые адаптирован для высоковязкой реакционной среды – установка была дополнена верхнеприводной мешалкой из робототехнического набора LEGO

MINDSTORMS® для непрерывного перемешивания. Она была собрана на основе роботизированной установки, разработанной и запрограммированной учащимся 11-го инженерного класса школы №2030 А. Колясниковым.

## **Материалы и методы**

*Реактивы и прочие расходные материалы:* белая акриловая краска Swiss Lake paint, нитрат серебра, нитрат аммония, гидроксид калия, глюкоза (из школьной лаборатории); [«Антибиотест»](#) (флаконы с суспензией спор *Geobacillus stearothermophilus* и кислотно-основным индикатором бромфеноловым синим; ООО «Эко-тест», г. Пущино), фурацилин.

*Оборудование:* весы CAS XE-300, роботизированный мешатель из LEGO MINDSTORMS®, атомно-силовой микроскоп Phywe Compact, муфель СНОЛ (в качестве термостата для инкубации «Антибиотеста»), ультразвуковая ванна GT-F1 209×149×121, тепловой пистолет-распылитель (строительный фен).

*Методы синтеза:* сонохимический, термолиз прекурсора. *Методы характеристики* – сканирующая зондовая микроскопия, электронная спектроскопия поглощения.

## **Обоснование выбора методов исследования**

Сканирующая зондовая микроскопия – основной метод визуализации наночастиц и прецизионного изучения топографии наноплёнок; к её преимуществам (в сравнении с электронной микроскопией) можно отнести прежде всего отсутствие сложной, зачастую деформирующей образец, пробоподготовки и возможность использования не только в вакууме, но и на воздухе, и в жидкой среде [10]. Последнее для нас неактуально, зато крайне важно то, что зондовый микроскоп есть в нашей школе, что позволило нам научиться работать на нём самим, т.е. самим получать сканы, а не только интерпретировать. Нужность использования электронной спектроскопии поглощения обусловлена тем, что самое характерное свойство нано-Ag – полоса поглощения света в области 400–450 нм [1, 2, 9], обусловленная возникновением поверхностного плазмонного резонанса при облучении фотонами с этими  $\lambda$ .

## Определение содержания в краске полиакрилатов и расхода краски

Мы, понимая, что для корректного описания синтезов необходимо знать массовую долю акрилатов в краске, долго пытались найти эти сведения, но они, вероятно, составляют «коммерческую тайну». Поэтому далее мы придумали рассчитать это значение по разности масс свеженанесённой и высохшей краски. Для повышения точности мы, во-первых, высушили окрашиваемую поверхность (дно тонкостенных фарфоровых чаш) до постоянной массы в шкафу при 80°C, а во-вторых, провели три параллельных эксперимента (рис. 1).



*a*

Рис. 1. Результаты взвешивания на теххимических весах: высушенных чашек (*a*), их же со свеженанесённым слоем краски (*б*) и после её полного высыхания (удаления воды; *в*)



Для расчёта содержания акрилатов в краске мы вычли из массы чаш с мокрой краской массу сухих чаш, а далее из полученного числа вычли массу чаш с просохшей краской. Затем разделили получившееся число на массу свеженанесённой краски. Расчёты и результаты ниже.

<i>Масса свеженанесённой краски</i>	<i>Масса высушенной краски</i>	<i>Содержание акрилатов</i>
1 чашка – 172,1–169,1= 3 г.	1 чашка – 171–169,1= 1,9 г.	1 чашка – 3–1,9= 1,1 г. 1,1/3=0,37 или 37%
2 чашка – 151,4–146= 5,4 г.	2 чашка – 149,7–146= 3,7 г.	2 чашка – 5,4–3,7= 1,7 г. 1,7/5,4= 0,32 или 32%
3 чашка – 175,5–171,4= 4,1 г.	3 чашка – 174,3–171,4= 2,9 г.	3 чашка – 4,1–2,9= 1,2 г. 1,2/4,1= 0,29 или 29%

А для расчета расхода краски на 1 м<sup>2</sup> мы нанесли её слой на дно больших чашек Петри и из массы чашки с краской вычли массу пустой чашки: 106.360–102,540 = 3,82 г (пока по одной). Отметим, что данные о расходе краски использованной нами далее марки «Белоснежка» приведены в [11].

### Получение образцов

В качестве методов синтеза были использованы сонохимический и термолиз прекурсора.

Сначала был проведён сонохимический синтез (I). Для приготовления образца были использованы: AgNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, KOH, C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>, 80 мл H<sub>2</sub>O. УЗ обработка длилась 10 мин.

Для приготовления первого образца было использовано: 0.14 г AgNO<sub>3</sub> (рис. 1а), 0.21 г NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (рис. 1б), 0.308 г KOH (рис. 1в), 0.45 г C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> (рис. 1г), 80 мл H<sub>2</sub>O. В стакан с каждым реактивом отмерили цилиндром и добавили по 20 мл дистиллированной воды, а затем тщательно размешали до растворения каждого реактива.



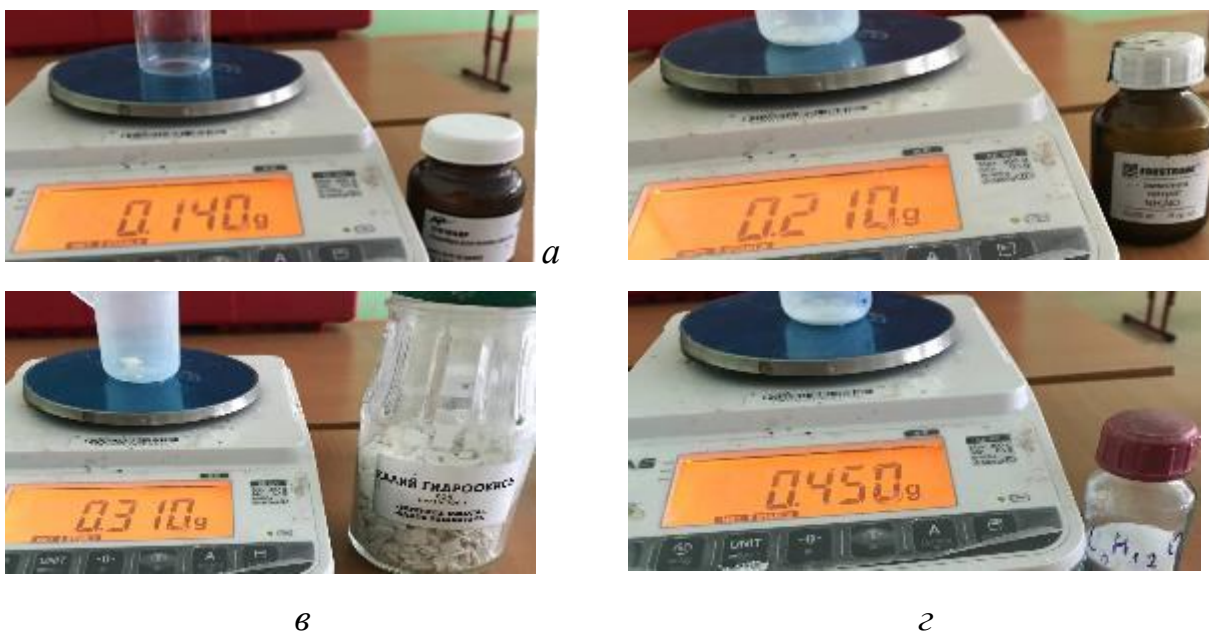


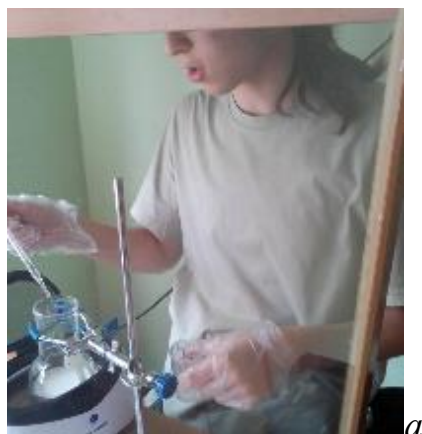
Рис. 1. Навески: нитрата серебра (а), нитрата аммония (б), гидроксида калия (в) и глюкозы (г)

Потом добавили компоненты реакционной смеси в круглодонную колбу в следующей последовательности: 1) раствор глюкозы; 2) раствор гидроксида калия; 3) краску (после чего сразу поместили смесь в ультразвуковую ванну (УЗВ)); 4) растворы нитрата серебра и нитрата аммония мы смешали вместе и далее по каплям добавляли в реакционную смесь, помещённую в УЗВ (рис. 2а). Суммарное время обработки составило 30 мин (это – «образец 1»).

Далее отмерили на весах реактивы как при синтезе 1 способом. В круглую плоскодонную колбу поместили 20 мл краски. Сначала добавляли растворы глюкозы и щелочи, далее раствор нитрата аммония. Затем поставили в УЗВ (рис. 2б). Далее по каплям в течение 5 минут добавляли раствор  $\text{AgNO}_3$ . Через 10 минут раствор приобрёл бледно-жёлто-розовую окраску; в этот момент мы отобрали пробу 1 мл и разбавили её дистиллированной водой в 100 раз.

Рис. 2.

Капельное  
введение  
раствора  
нитрата  
серебра в ходе  
синтеза  
способом I (а)  
и погружение  
колбы с  
реакционной  
смесью в УЗВ  
(б)



Обнаружилось, что при введении 80 мл [краски](#) на 0.8 ммоль Ag (образец «I-1») золь стабилен в течение, как минимум, 6 мес. хранения при ст.у.; при 16-кратном уменьшении объёма краски («I-2») коагуляция Ag (почернение реакционной смеси) произошла мгновенно; при 4-кратном уменьшении («I-3») – только 5 мин (а в случае 20-кратного разбавления пробы реакционной смеси дистиллированной водой – через 8 суток).

Далее мы взяли менее дорогостоящую акриловую краску «Белоснежка». Массы навесок для приготовления образцов мы взяли такие же, как для первых синтезов «способом I». Сначала всё стало получаться плохо (смесь быстро темнела). Мы стали непрерывно перемешивать реакционную смесь робомешалкой (образец «I-01-09»; *рис. 4а*), и тогда наночастицы Ag в реакционной смеси сохранили устойчивость и через 24 мин УЗ обработки (образец «II-01-09»; *рис. 4б*), и через 40 мин (образец «III-01-09»; *рис. 4в*), и через час (образец «IV-01-09»; *рис. 4г*), и даже далее – после завершения 1-часовой УЗ обработки и дальнейшего хранения сутки при ст.у. на свету (что полностью моделирует

условия реальной эксплуатации краски; далее будем именовать этот образец «V-01-09»;



а



б



в



г

Рис. 4. Вид реакционной смеси при синтезе способом I+(с перемешиванием во время УЗ обработки): через 4 мин (а), 24 мин (б), 40 мин (в) и 1 ч (г)

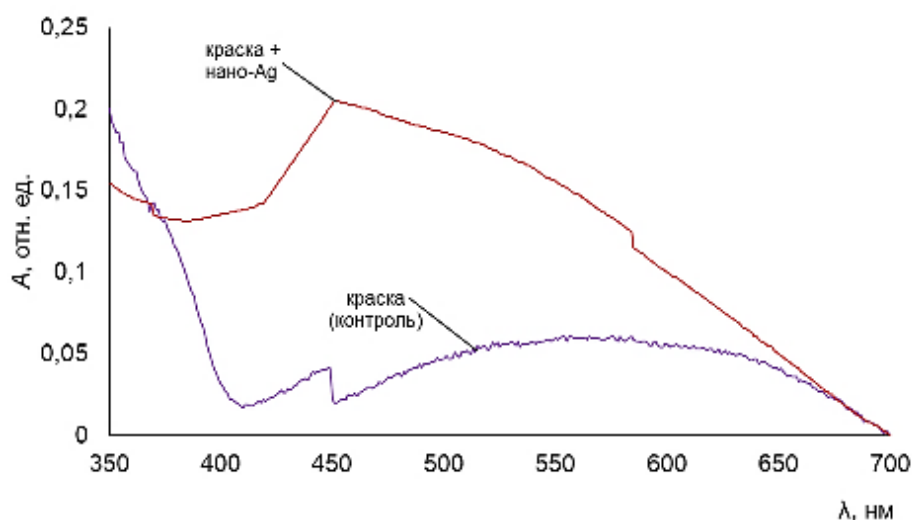
Второй способ синтеза – термическое разложение  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$  из [полученного предварительно  \$\text{Ag}\_2\text{O}\$](#) ). Далее половину реактива Толленса смешали с краской и через 24 ч подвергли [обработке при  \$160^\circ\text{C}\$](#)  (5 мин; «II»). Вторую половину реактива Толленса накапали на плёнку краски, сохшей 24 ч, и обработали в тех же условиях (Ag «III»). Обе плёнки (на Cu пластине) стабильны не менее 12 дней.

## Изучение структуры полученных образцов

### Электронные спектры поглощения

В ЭСП краски с нано-Ag (полученным I способом; с 80 мл краски), разбавленной дистиллированной водой в 500 раз (рис. 5) чётко видна полоса плазмонного резонанса около 450 нм [4], отсутствующая в ЭСП образца сравнения (так же разбавленной краски без Ag).

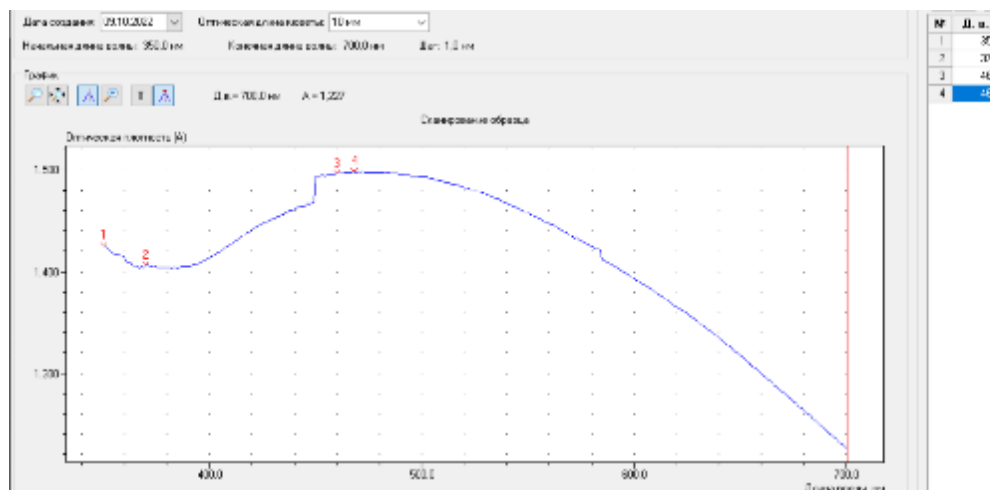
Рис. 5. ЭСП краски с нано-Ag, полученным I способом (80 мл краски), и «образца сравнения»; оба образца разбавлены водой в 500 раз)



Аналогичный результат – для пробы, отобранной в момент окрашивания реакционной смеси при синтезе в присутствии 20 мл краски (и разбавленной тогда же в 100 раз; рис. 6).

Рис. 6.

ЭСП  
краски с  
нано-Ag (I;  
20 мл  
краски;  
проба  
разбавлена  
в 500 раз)



### Микроморфология

Для плёнок из образцов, полученных способом I без перемешивания (рис. 2), перепад высоты поверхности не превышает 300 нм; в плёнке из образца, полученного с меньшим объёмом краски, наночастиц Ag меньше (они имеют продольные размеры ~150 нм и высоту 10–20 нм).

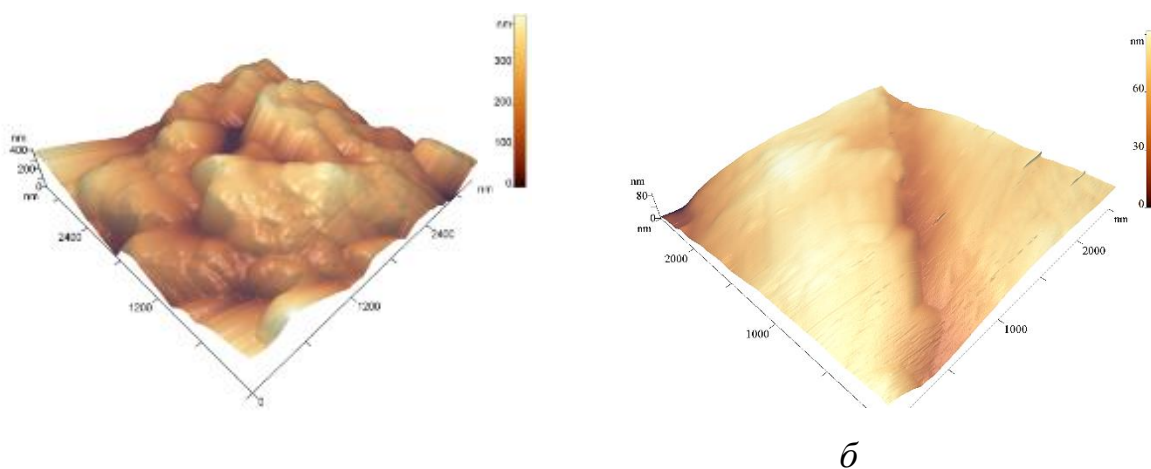


Рис. 7. 3D-рельеф образцов краски с нано-Ag (I): с добавлением 80 мл (а) и 20 мл (б) краски

На поверхности пленки из образца, полученного в ходе синтеза сонохимическим методом вторым способом I-01-09 различимы агрегаты наночастиц размером 200–300 нм и высотой от 50–100 нм (рис. 8а) На поверхности краски II,III-01-09 различимы агрегаты наночастиц размером 200–300 нм и высотой от 50–90 нм (рис. 8б, в) Поверхность на снимке V-01-09

уже выглядит чище (с меньшим числом вкраплений, даже несмотря на её неоднородность), чем на предыдущих образцах серии, но редкие частицы (или их агрегаты) размером 250–500 нм все же присутствуют. (рис. 8г). Это требует уточнений и повторного сканирования.

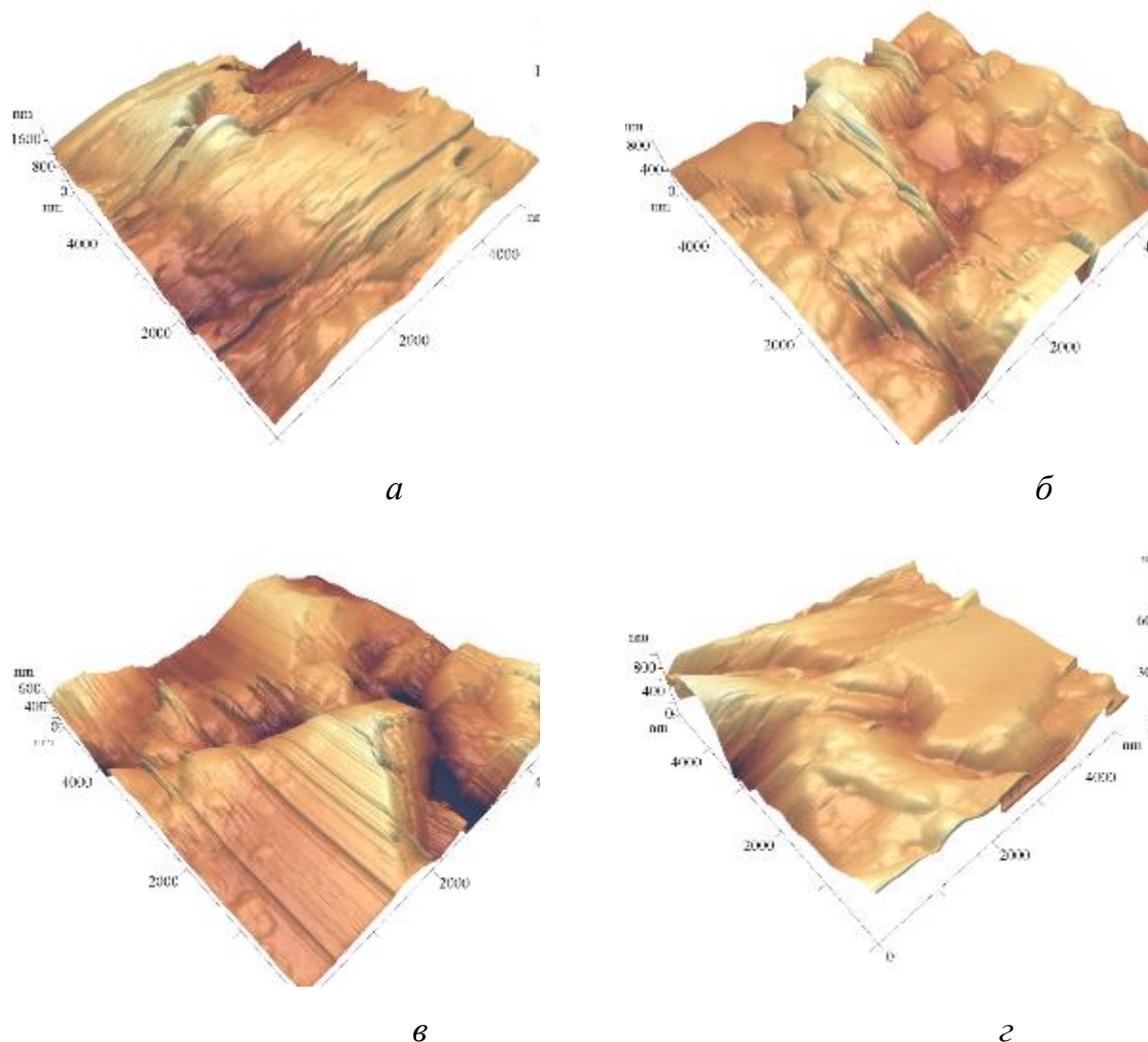


Рис. 8. Образцы, полученные вторым способом при синтезе сонохимическим методом: образец I-01-09 (а), II-01-09 (б), III-01-09 (в), V-01-09 (г).

Для [рельефа всех участков](#) плёнок «II» и «III», характерна «нитевидная» аперiodическая структура со средним сечением «нитей» от 100 нм до 500 нм.

При этом перепад высот рельефа образцов с Ag уменьшился по сравнению с чистой краской в ~2 раза (300 нм против 600 нм).

### ***Изучение бактериостатических свойств образцов***

В качестве золя, тестируемого на бактериостатические свойства, взяли пробу, отобранную в ходе синтеза способом I (с 20 мл краски) в момент появления жёлтого оттенка у реакционной смеси, и тогда же разбавленная в 100 раз; за время хранения (12 дней при ст.у.) интенсивность окраски и опалесценция увеличились, но прозрачность сохранилась ([фото](#)). Для контроля корректности проведения исследования в первый флакон с бактериями было добавлено 100 мкл раствора фурацилина, обладающего бактериостатическими свойствами (флакон «+контроль»; *рис. 9а*), а в другой флакон с тем же содержимым – 100 мкл дистиллированной воды (флакон «– контроль»). В остальные два флакона было добавлено по 100 мкл тестируемого образца разной концентрации: в первый – сам золь, а во второй – тот же золь, но разбавленный дистиллированной водой в 10 раз (серия – на *рис. 9б*). (Образец проверен всего один из-за огромного дефицита «Антибиотестов»; далее найдём способ самим выращивать бифидобактерии или другие безопасные «чистые линии» и будем проверять на них.)

*Рис. 9.* Добавление фурацилина (*а*); вид флаконов перед началом инкубации (*б*)



Флаконы [поместили в муфельную печь](#), выступающую в роли термостата, на 5 ч при 60°C.

(Для подготовки этой серии мы создали [стерильную воздушную среду](#).)

Через 5 ч инкубации во флаконе с золом нано-Ag, разбавленном в 10 раз, так же как и во флаконе с фурацилином, окраска среды с термофильной культурой осталась синей. Т.е. доказаны, в первом приближении,

бактериостатические свойства нано-Ag. Во флаконе с неразбавленным золе окраска среды стала жёлтой. Это значит, что бактерии размножились и выделили количество кислоты, достаточное для перехода окраски индикатора (рис. 10).

Рис. 10. Вид флаконов после окончания инкубации



Мы предположили, что за 5 ч инкубации при 60°C нано-Ag в исходном золе агрегировало, что и ухудшило их свойства. Для проверки этого предположения мы термостатировали золь Ag (с разбавлением в 10 раз и без) в тех же условиях (фото), а затем отсканировали плёнки (рис. 11а) из термостатированных золь зондовым микроскопом.

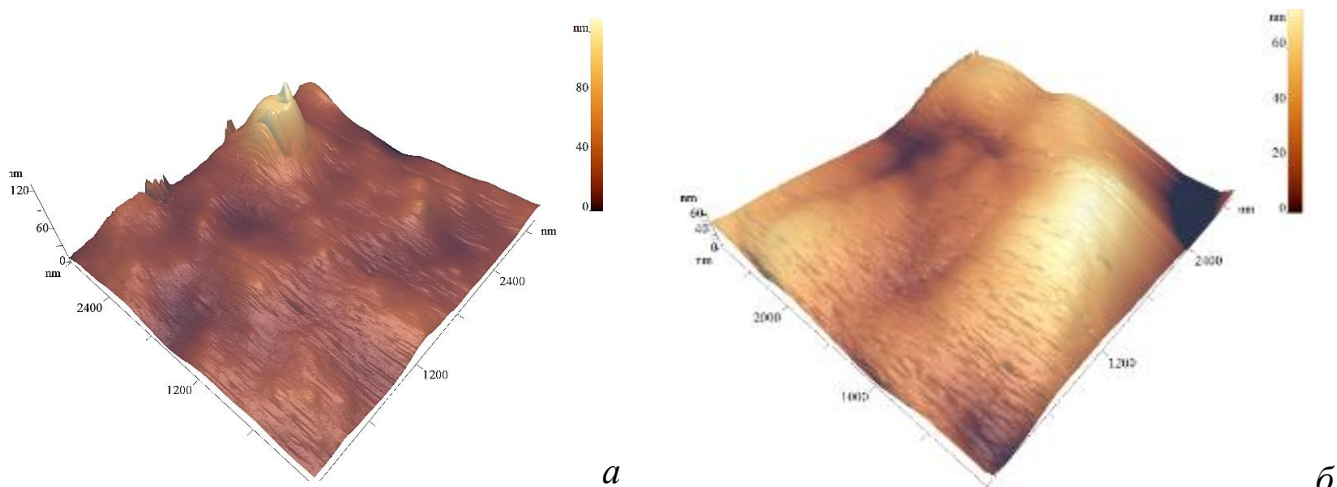


Рис. 11. 3D-рельеф исходного золя (а); 3D-рельеф разбавленного золя (б); вид золь после термостатирования и шайб с их каплями, нанесёнными на свежесколотую слюду для изучения методом СЗМ (в)





На скане плёнки из исходного золя (рис. 11б) видим характерный для агрегировавших частиц вырост высотой 100 нм, также на поверхности в большом количестве присутствуют частицы размером 70–100 нм и высотой 20–40 нм. На снимке плёнки из предварительно разбавленного золя общий перепад высот не превышает 80 нм.

### Примерная себестоимость

Мы составили примерную смету расходов (Таблица 3) на реактивы для получения 1 л краски, что достаточно для окрашивания 6.5 м<sup>2</sup> поверхности [11].

Таблица 3. Примерная смета (цены взяты на 07.01.23 г.)

Реагент	Стоимость	Масса навески (в расчёте на 1 л краски)	Цена (в расчёте на 1 л краски)
Нитрат серебра	96 р./г	1.75 г	168 р.
Нитрат аммония	0.19 р./г	2.63 г	0.5 р.
Гидроксид натрия	0.29 р./г	2.75 г	0.8 р.
Глюкоза	0.51 р./г	5.63 г	2.9 р.
/Собственно краска/	2850 р. / 0.9 л	–	3167 р.
Итого			172.2 р. (не считая самой краски)

### Результаты

- 1) Получено нано-Ag в матрице из акриловой краски: сонохимически и термолитически. Первый вариант адаптирован для краски (в дополнение к УЗ было перемешивание верхнеприводной мешалкой из LEGO MINDSTORMS®).
- 2) Минимальный объём акриловой краски ( $w(\text{акрилатов}) \approx 32\%$ ), достаточный для кратковременной стабилизации нано-Ag, получаемого СХ без перемешивания, – 20 мл на 0.8 ммоль Ag, для долговременной (при ст.у.) – 80 мл на 0.8 ммоль Ag (при количестве второго стабилизатора – NH<sub>3</sub> – 2.63 ммоль на 0.8 ммоль Ag). При перемешивании стабильность растёт.

- 3) По данным СЗМ, полученное Ag не только само наноразмерно (на всех сканах перепад высот < 300 нм), но и, в случае термолитического синтеза *in situ*, вызывает двукратное уменьшение средней шероховатости плёнки из краски по сравнению с «контрольным сканом».
- 4) В ЭСП образцов есть интенсивная полоса поглощения поверхностного плазмонного резонанса нано-Ag около 440–460 нм.
- 5) Доказана бактериостатическая активность образца после 12 дней хранения; нано-Ag в исходном золе в условиях проведения эксперимента агрегирует, а в разбавленном в 10 раз – сохраняет ультрадисперсность и успешно подавляет рост колоний термофильных бактерий.
- 6) Предварительно сформулированы оптимальные условия синтеза: метод – СХ; 80 мл краски на 0.8 ммоль Ag; непрерывное перемешивание реакционной смеси (с УЗ) в течение 24–60 мин.

## **Выводы**

1. Акрилаты в составе краски действительно стабилизируют нано-Ag, хотя и не «на 100%» – для полноценной стабилизации (и придания термической устойчивости) нужны те или иные дополнительные меры – аммин-лиганды, перемешивание в ходе синтеза, разбавление после.
  2. При переходе к вязкой реакционной среде УЗ обработки для массообмена, препятствующего росту частиц Ag, становится недостаточно; решение – верхнеприводная робо-мешалка.
  3. Нано-Ag действительно (судя по виду ЭСП) образуется (упомянутая вязкость краски не блокирует ОВР между Ag<sup>+</sup> и глюкозой) и действительно подавляет рост колоний бактерий.
  4. Получаемая самодезинфицирующая краска воспроизводимо содержит нано-Ag (подтверждено визуально по окраске и многочисленным данными СЗМ), недорого и уже, по сути, готова к применению в медучреждениях и т.п.
- Получена рецензия к.х.н. А.Ю. Оленина.

## **Перспективы**

Оптимизировать температуру и время термодеструкции реактива Толленса (под контролем СЗМ), применить полученную самодезинфицирующую краску на практике и сравнить с аналогами по свойству антибактериальности. Уточнить результаты сканирования краски с Ag, полученном адаптированным сонохимическим методом, хранившейся на свету. Из-за дефицита «Антибиотестов» найти способ самим выращивать бифидобактерии или другие безопасные «чистые линии» и проверить все образцы инкубацией с ними.

## **Заключение**

Полученные образцы акриловой краски с нано-Ag устойчивы при ст.у., проявляют бактериостатические свойства (по крайней мере, тот, который проверен) и перспективны для дальнейшего изучения. Оптимальные условия синтеза: метод – сонохимический; 80 мл краски на 0.8 ммоль серебра; непрерывное перемешивание реакционной смеси в течение 24–60 мин.

## **Список литературы**

1. Богатырев В. А., Дыкман Л. А., Хлебцов Н. Г. Методы синтеза наночастиц с плазмонным резонансом //Учебное пособие. – СГУ им. НГ Чернышевского. – 2009.–35 с. – 2009.
2. Щербаков А.Б., Иванов В.К. Практикум по наноматериалам и нанотехнологиям // Изд-во Московского. университета, Москва. 2019. С. 368
3. Закаилова Е. И. и др. Получение пленок серебра на высокопористой ячеистой керамике //Успехи в химии и химической технологии. – 2014. – Т. 28. – №. 6 (155). – С. 95-97.
4. Сергеев Б. М., Кирюхин М. В., Прусов А. Н. и др. Получение наночастиц серебра в водных растворах полиакриловой кислоты // Вест. Моск. Унив. Сер. 2 //Химия. – 1999. – Т. 40. – №. 2.
5. Demirci G. et al. Effective SERS materials by loading Ag nanoparticles into poly(acrylic acid-stat-acrylamide)-block-polystyrene nano-objects prepared by PISA //Polymer. – 2021. – Т. 224. – С. 123747.

6. Вишнякова Е. А. и др. Определение условий образования наночастиц серебра при восстановлении глюкозой в водных растворах // J. Siberian Federal University. Chemistry. – 2009. – Т. 1. – С. 48-55.
7. Takamiya A. S. et al. Biocompatible silver nanoparticles incorporated in acrylic resin for dental application inhibit Candida albicans biofilm // Materials Science and Engineering: C. – 2021. – Т. 118. – С. 111341.
8. Vinoth V. et al. Sonochemical synthesis of silver nanoparticles anchored reduced graphene oxide nanosheets for selective and sensitive detection of glutathione // Ultrasonics sonochemistry. – 2017. – Т. 39. – С. 363-373.
9. Kumar B. et al. Sonochemical synthesis of silver nanoparticles using starch: a comparison // Bioinorganic Chemistry and applications. – 2014. – Т. 2014. – Article ID 784268. – 8 pages. <https://doi.org/10.1155/2014/784268>
10. Яминский И. В. и др. Сканирующая зондовая микроскопия 2D наноразмерных структур для энергонакопителей и катализаторов // Наноиндустрия. – 2019. – Т. 12. – №. 2. – С. 148-152.
11. БЕЛОСНЕЖКА краска в/д влагостойкая супербелая. Описание. // Электронный ресурс. Дата обращения: 22.02.2023. URL. <https://www.solomon-stroy.ru/catalog/vodoemulsionnaya-kraska/belosnezhka-kraska-v-d-vlagostoykaya-superbelaya-14-kg/>

# Графическая аннотация

