

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**
(СГУ)

Кафедра физики полупроводников

**Получение наночастиц InSb с использованием метода ультразвуковой
обработки**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 412 группы

направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

факультета нано- и биомедицинских технологий

Бышева Данилы Равшановича

Научные руководители

к.ф.-м.н., доцент

должность, ученая степень, ученое звание

подпись, дата

Кабанов В.Ф.

инициалы, фамилия

Зав. Кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

должность, ученая степень, ученое звание

подпись, дата

Михайлов А.И.

инициалы, фамилия

Саратов 2019

ВВЕДЕНИЕ

Общая характеристика работы.

Актуальность данной работы. На сегодняшний день исследования в сфере полупроводниковых структур на квантово-размерных эффектах имеют высочайшую актуальность, поскольку создание и усовершенствование полупроводниковых наноэлектронных и оптоэлектронных приборов на таких структурах ведет к улучшению многих параметров самого прибора. Квантования энергетического спектра носителей заряда в квантово-размерных структурах при некоторых условиях могут оказать огромное влияние на физические свойства полупроводниковых приборов. Квантовые точки – одна из самых актуальных квантово-размерных структур.

Цель и задачи бакалаврской работы.

Целью данной работы является изучение метода получения наночастиц «сверху-вниз» с использованием ультразвуковой обработки.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- 1) Обзор литературы по теме физика и химия поверхностей
- 2) Обзор литературы по теме квантовые точки
- 3) Изучение принципа воздействия ультразвука на частицы в коллоидных растворах.
- 4) Экспериментальное исследование по воздействию ультразвука в течение разного времени и при разных объемных долях раствора

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования метода в промышленных масштабах.

Структура бакалаврской работы. Кроме ВВЕДЕНИЯ, ЗАКЛЮЧЕНИЯ и СПИСКА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ работа включает 3 основных раздела:

1. Квантовые точки
2. Получение квантовых точек
3. Практическая часть

Положение, выносимое на защиту. При воздействии ультразвука на исследуемые наночастицы, размер наночастиц уменьшался в зависимости от времени воздействия и объемных долей раствора.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В разделе 1 произведен анализ литературы, посвящённой квантовым точкам.

В разделе 2 проведен литературный обзор, получению наночастиц. Рассмотрены методы «сверху-вниз» и «снизу-вверх».

В разделе 3 описываются экспериментальные работы исследования. Здесь описывается методика получения наночастиц, а именно:

Исследуемая структура

Был выбран материал из группы $A^{III}B^V$, а именно антимионид индия, учитывая его свойства. Является узкозонным прямозонным полупроводником группы $A^{III}B^V$ с шириной запрещённой зоны 0,17 эВ при 300 К и 0,23 эВ при 80 К, также 0,2355 эВ при 0 К, 0,180 эВ при 298 К; эффективная масса электронов проводимости $m_e = 0,013m_0$, дырок $m_p = 0,42m_0$ (m_0 — масса свободного электрона); при 77 К подвижность электронов $1,1 \cdot 10^6$ см²/(В·с), дырок $9,1 \cdot 10^3$ см²/(В·с)

Оборудование и методика измерений

Приборы и материалы:

1. Дозатор;
2. Пробирка на 2 мл;
3. Магнитная мешалка;
4. УЗ-установка;
5. УЗ-ванна;
6. Арахидовая кислота ($C_{19}H_{39}COOH$);
7. Хлороформ ($CHCl_3$);
8. Zeta-sizer;
9. Стеклянная кювета;

10. Порошок наночастиц InSb.

Результаты эксперимента и обсуждение

Решения по установкам значений объемных долей арахидиновой кислоты и хлороформа были приняты исходя из результатов работ по ультразвуковой обработке наночастиц кремния. Так же было выбрано разное время для длительности обработки: 1, 4, 7 и 10 минут. Время было выбрано так же исходя из результатов работ по УЗ обработке наночастиц кремния.

В лаборатории на базе СГУ имеется УЗ установка максимальной мощностью 75 Вт. Первые эксперименты проводились на ней, но ожидаемых результатов это не принесло. Далее были проведены эксперименты в лаборатории на базе СГТУ, где находится УЗ установка с максимальной мощностью 1 кВт.

Было принято решение попробовать на минимальной мощности равной 150 Вт. Обработка производилась так же 1, 4, 7 и 10 минут.

В дальнейшем производились эксперименты с попыткой добавления арахидиновой кислоты после обработки, но никаких изменений не наблюдалось.

На рисунке 1 показано распределение по размерам в процентом соотношении. Соотношение раствора хлороформа и арахидиновой кислотой 1:10 (1 – арахидиновая кислота, 10 – хлороформ). По графику можно наблюдать самый большой пик наночастиц размерами ~ 68 нм.

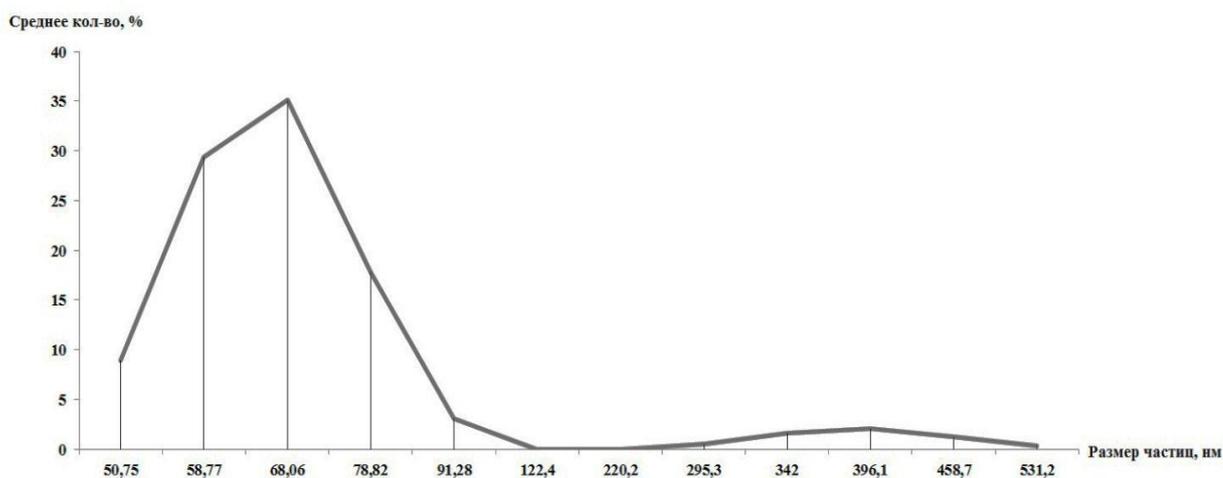


Рисунок 1 – Результат УЗ обработки в течение 1 минуты с соотношением 1:10.

На рисунке 2 представлены результат УЗ обработки так же в течение 1 минуты, но уже с другим соотношением хлороформа и арахидиновой кислоты, 2:10 (2 – арахидиновая кислота, 10 – хлороформ). Большой пик размера частиц так же приходится на ~ 68 нм.

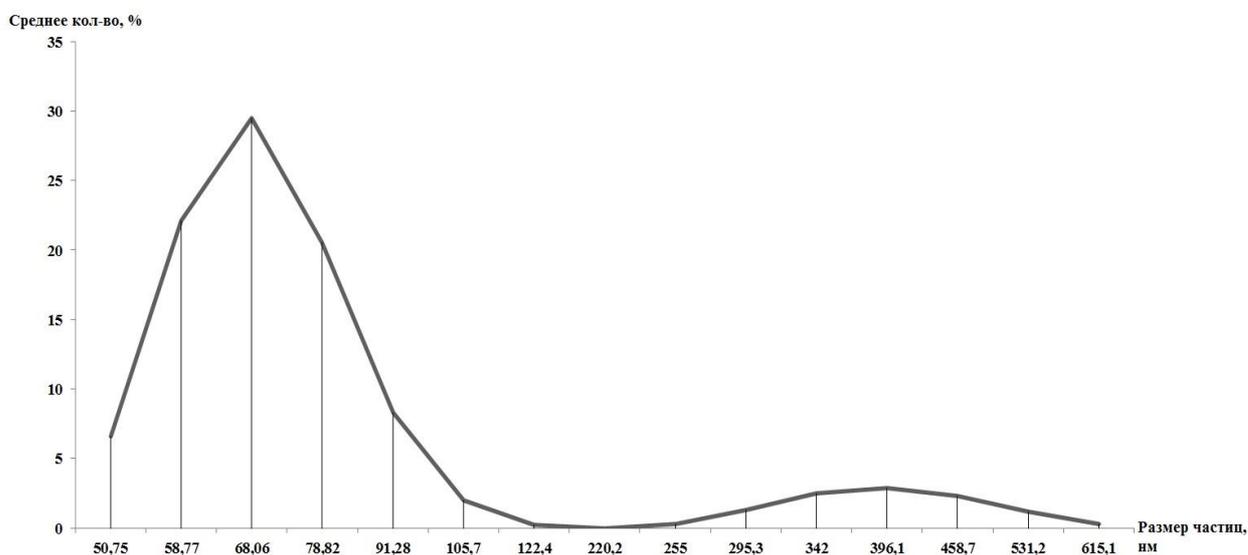


Рисунок 2 – Результат УЗ обработки в течение 1 минуты с соотношением 2:10.

На рисунке 3 соотношение 1:10. УЗ обработка продолжалась в течение 4 минут. Большой пик размера составил ~ 122 нм. Из этого результата можно

сделать вывод, что длительная обработка ультразвуком ведет к агрегации наночастиц.

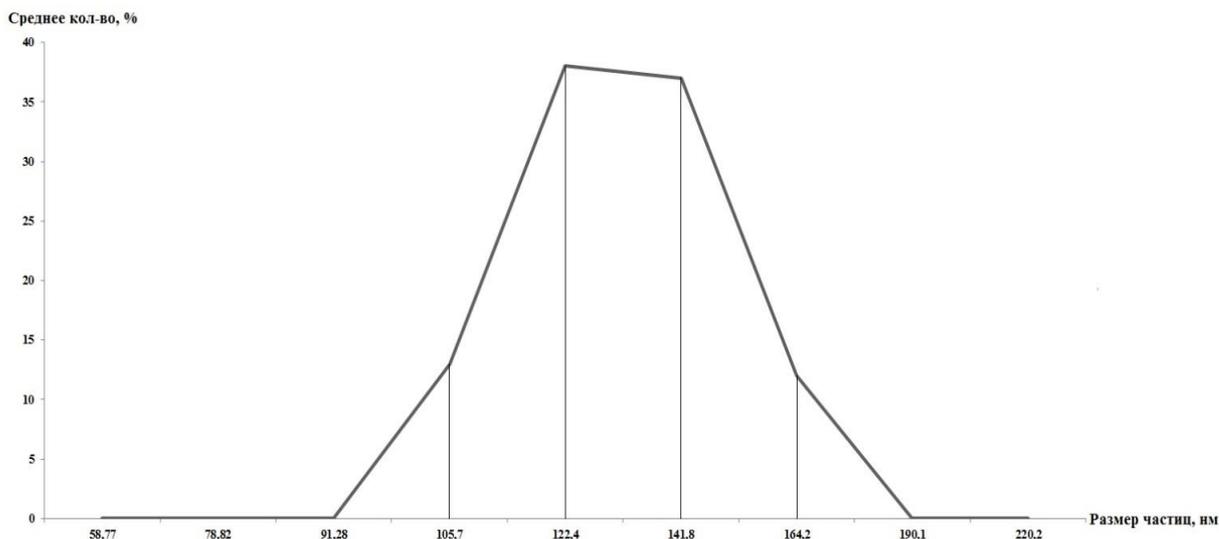


Рисунок 3 – Результат обработки в течение 4 минут с соотношением 1:10.

Из данных результатов можно сделать вывод, что при большей объемной доли арахидовой кислоты позволяет производить более длительную УЗ обработку, что дает лучший результат. В этом эксперименте, представленным на рисунке 4, высочайший пик размера наночастиц ~ 51 нм.

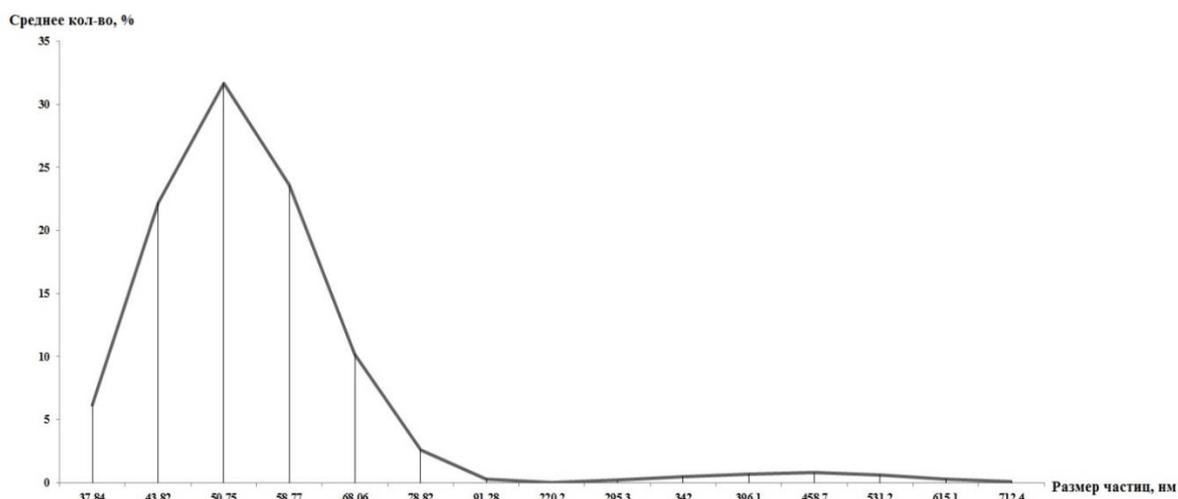


Рисунок 4 – Результат УЗ обработки в течение 4 минут с соотношением 2:10.

Дальнейшее увеличение времени УЗ обработки давали отрицательные результаты. В этом эксперименте, представленным на рисунке 5, большая доля частиц пришлась на размер ~ 459 нм., что далеко от прошлых результатов.

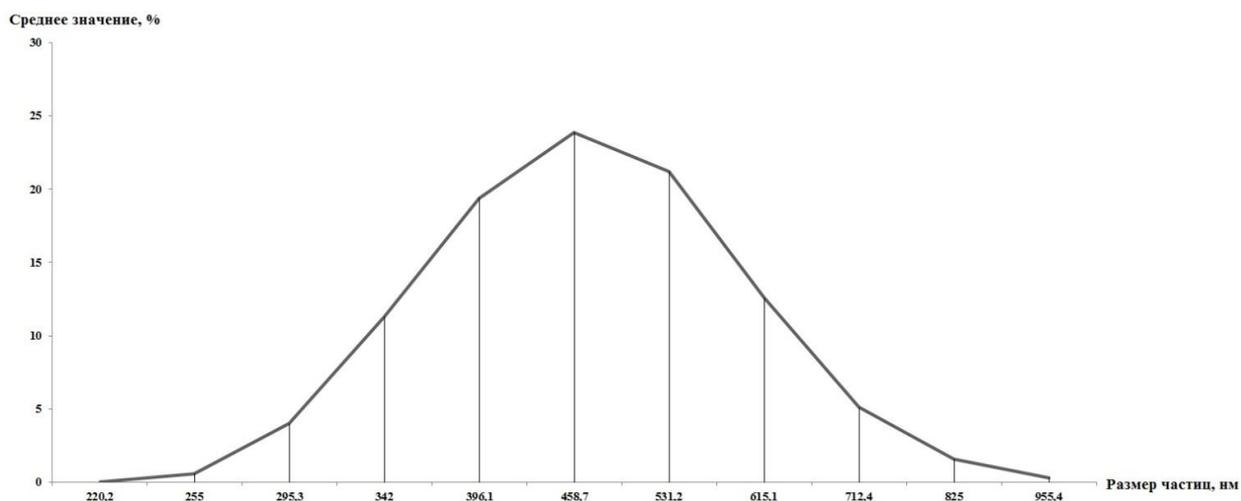


Рисунок 5 – Результат УЗ обработки в течение 7 минут с соотношением концентраций 1:10.

Рисунок 6 иллюстрирует абсолютно не удовлетворительные результаты эксперимента.

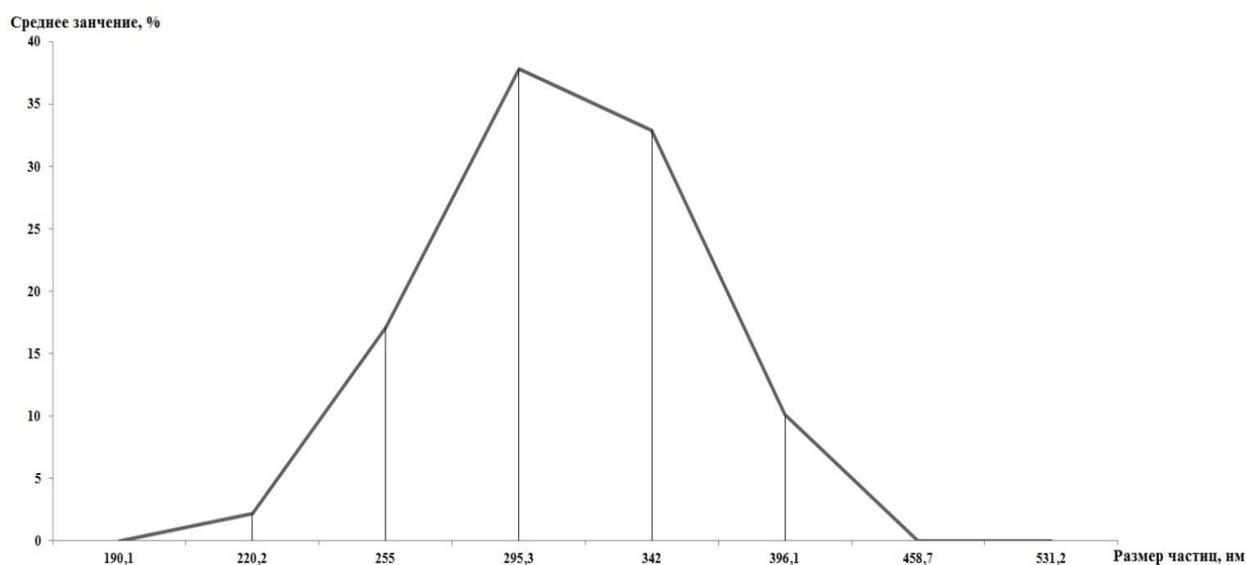


Рисунок 6 – Результат УЗ обработки в течение 10 минут с соотношением концентраций 1:10.

Из графиков на рисунке 7 можно сделать вывод, что значения соотношений концентраций при данном времени обработки не сильно влияют на результат, в обоих случаях максимальное кол-во размера наночастиц составляет ~ 69 нм., но так же видно, что при соотношении концентраций 1:10, общая доля наночастиц имеет меньший размер, чем в случае с соотношениями 2:10.

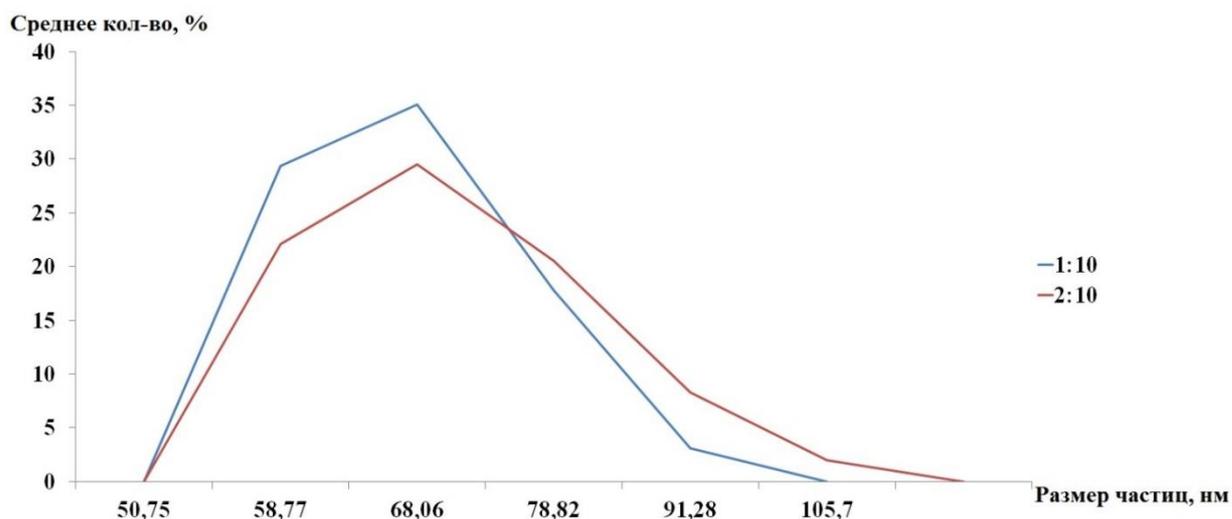


Рисунок 7 – Сравнение результатов УЗ обработки в течение 1 минуты с разными соотношениям концентраций.

Из графиков на рисунке 8 можно сделать вывод, что при более продолжительном УЗ воздействие на наночастицы уже оказывает влияние на результаты соотношения концентраций, в случае 2:10 результаты получились самые удовлетворительные для поставленной цели.

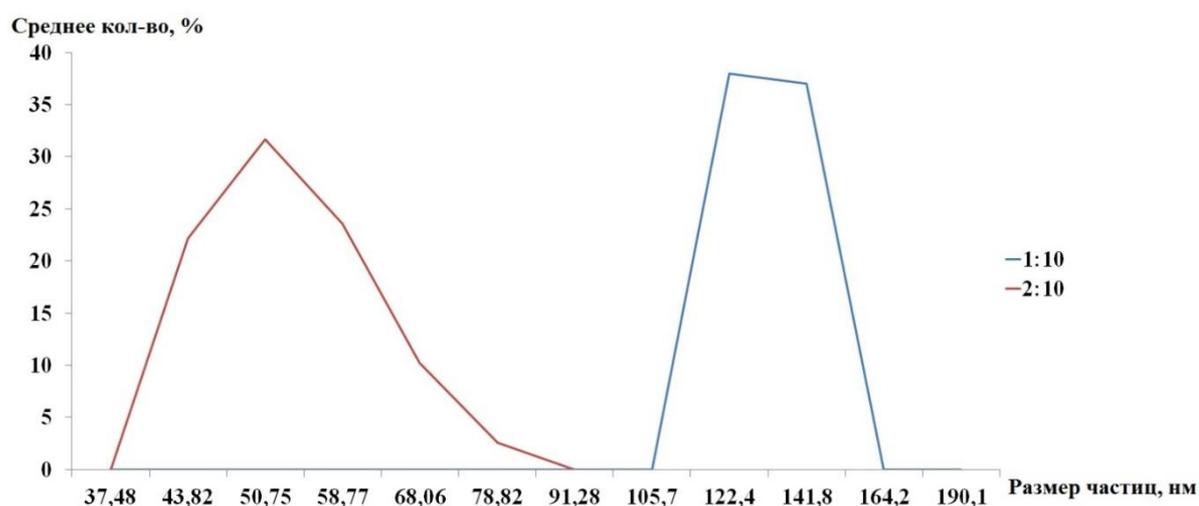


Рисунок 8 – Сравнение результатов УЗ обработки в течение 4 минут с разными соотношениями концентраций.

На рисунке 9 сравнение всех результатов экспериментов. График дает более четкое понимания максимально оптимальных выборах времени воздействия и соотношения объемных долей.

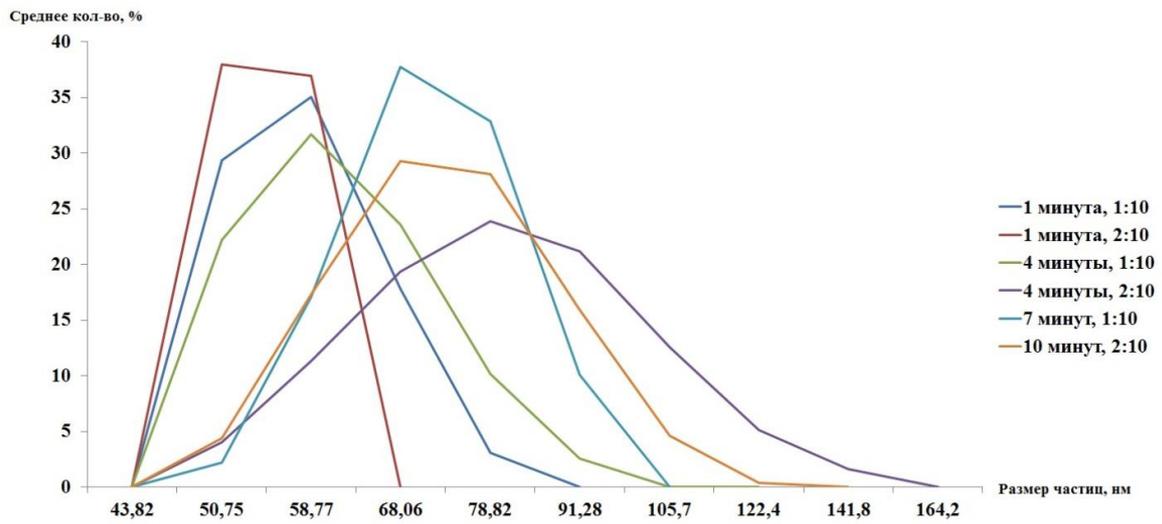


Рисунок 9 – Общее сравнение всех результатов всех экспериментов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе экспериментальных исследований установлены оптимальные результаты, которые достигаются при следующих условиях:

- 1) Время УЗ обработки (4 минуты);
- 2) Соотношение объемных долей арахидиновой кислоты и хлороформа (2:10).

Трудности в достижение поставленных целей заключаются в очень точной установке времени воздействия, вплоть до секунд. Даже одна секунда может привести к агрегации частиц, несмотря на покрытие монослоем стабилизатора. Трудности так же могут быть связаны с выбором стабилизатора. Арахидиновая кислота имеет длинную углеродную цепь, что сказывается на возможности покрытия монослоем более крупной частицы. Так же одной из важнейших проблем может являться затруднение в выборе рабочей мощности УЗ установки. Возможна сложная взаимосвязь мощности и времени воздействия. В любом случае исследование в данной области требует еще по меньшей мере десятки экспериментов, вполне вероятно даже сотни.

В дальнейшем планируется изменение диапазона мощностей УЗ установки, так как все приведенные эксперименты проводились на мощности 150 Вт., и соотношений объемных долей арахидиновой кислоты и хлороформа. Будут рассмотрены другие виды стабилизаторов и подбор более точного времени воздействия.