

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

Кафедра материаловедения, технологии  
и управления качеством

**ПОВЫШЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ В  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ (НА ПРИМЕРЕ ФГБОУ ВО  
САРАТОВСКИЙ ГМУ ИМ. В.И. РАЗУМОВСКОГО МИНЗДРАВА  
РОССИИ)**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 4 курса 4091 группы  
направления 22.03.01 «Материаловедения и технологии материалов»,  
профиль «Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов»  
института физики

Головичева Игоря Владимировича

Научный руководитель,  
старший преподаватель

\_\_\_\_\_  
должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Е.Г. Глуховской

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

Зав. кафедрой,  
д.ф.-м.н., профессор

\_\_\_\_\_  
должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

С.Б. Вениг

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

Саратов 2022

**Введение.** Нанотехнологии – то есть переход с микро- на наноразмеры при создании устройств и систем, структура которых регулируется в диапазоне размеров атомов, молекул и надмолекулярных образований, – это дело уже не будущего, а настоящего времени. Иными словами, нанотехнологический подход означает уже целенаправленное регулирование свойств объектов на молекулярном уровне. Широко развивается новая область – молекулярная электроника, для которой чрезвычайно важно изучение и практическое применение ультратонких пленок, упорядоченных на молекулярном уровне. Для фундаментальных исследований также весьма актуальной является возможность изучения различных межмолекулярных взаимодействий в условиях, когда расстояния между молекулами и их взаимная ориентация строго фиксированы [1-4].

Для решения этих задач используют пленки Ленгмюра-Блоджетт (ЛБ) – трехмерные ансамбли с заранее заданными и регулируемым на молекулярном уровне свойствами. Их получают путем последовательного переноса мономолекулярного слоя (МС) поверхностно-активного вещества (ПАВ) с поверхности жидкой субфазы на твердую подложку. Сформированные таким образом структуры уже нашли широкое практическое применение в современной технике. В качестве примера можно привести использование пленок ЛБ (ПЛБ) в виде элементов микро- и оптоэлектроники, при создании химических сенсоров, фото- и электронорезистов высокого разрешения и т.п. Весьма перспективна задача применения ПЛБ в качестве тонких диэлектрических прослоек в системе «металл-диэлектрик-полупроводник» в случае, когда используют в качестве полупроводника материалы (типа АЗВ5), не выдерживающие высокотемпературной обработки для получения оксидной пленки. Характерно, что в отличие от ряда других методов формирования диэлектрического слоя, нанесение ПЛБ не меняет свойств подложки. На основе ПЛБ из солей жирных кислот с длинной цепью (С16-С30) были разработаны анализаторы спектра рентгеновского излучения, существенно расширившие возможности отечественного приборостроения в области

рентгеноспектрального анализа легких элементов, в которых многослойные пленки со монослоями фиксированной толщины использовались в качестве стандартов нанотолщин и дифракционных решеток для излучения рентгеновского диапазона [5].

Формирование структур в которых чередуются слои квантовых точек и красителей является одним из трендов микроэлектронных фотовольтаических устройств, в которых краситель может выступать в роли сенсебилизатора квантовых точек.

Целью работы является исследование монослоев квантовых точек типа А2В6 и производных симметрично замещенного порфирина ПП1а.

На основе поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- поиск и анализ литературных данных по свойствам квантовых точек, производных порфиринов, по особенностям формирования монослоев на их основе;

- подготовка растворов квантовых точек и производных симметрично замещенного порфирина для технологических процессов;

- исследование монослоев квантовых точек и производных симметрично замещенного порфирина;

- анализ полученных результатов и формулировка выводов.

Дипломная работа занимает 42 страниц, имеет 29 рисунков и 2 таблицы.

Обзор составлен по 25 информационным источникам.

Во введение рассматривается актуальность работы, устанавливается цель и выдвигаются задачи для достижения поставленной цели.

Первый раздел представляет собой теоретические сведения о порфиринах, структуре и свойствах порфирина, спектральных свойствах, методе Ленгмюра-Блоджетт, изотермах сжатия, переносе монослоев на твердые подложки, особенностях формирования монослоев на основе порфиринов, наночастиц и их смесей.

Во втором разделе работы представлены исследование монослоев квантовых точек и производных порфирина ПП1а, формирование монослоев

квантовых точек на поверхности водной субфазы, влияние состава субфазы на формирование монослоев производных порфирина

### Основное содержание работы

Монослои формировались по технологии Ленгмюра-Блоджет. Изотермы монослоев квантовых точек формировались на установке KSV NIMA LB Trough 2002 KN. В качестве раствора для формирования монослоев использовался коллоидный раствор квантовых точек CdSe разведенный в хлороформе в концентрации  $5 \times 10^{-5}$  моль/л для водной субфазы использовалась деионизированная вода. На субфазу впрыскивался коллоидный раствор квантовых точек CdSe объемом 50, 70, 90, 115 мкл (рисунок 1). После испарения хлороформа (5 минут) начиналось движение барьеров со скоростью 15 мм/мин. Температура субфазы поддерживалась постоянной и равной 24 °С. На рисунках 1 и 2 представлены, соответственно, зависимости поверхностного давления и модуля сжатия от объема раствора квантовых точек CdSe, вносимого на поверхность водной субфазы.

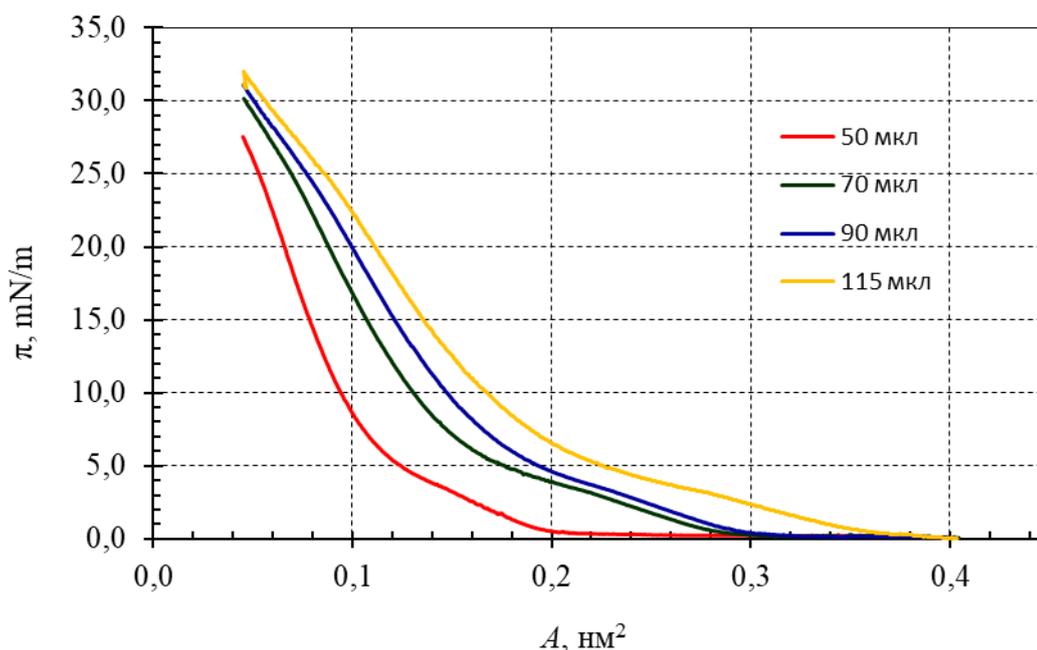


Рисунок 2 –  $\pi$ - $A$  изотерма сжатия монослоев квантовых точек CdSe при объеме аликвоты 50, 70, 90, 115 мкл

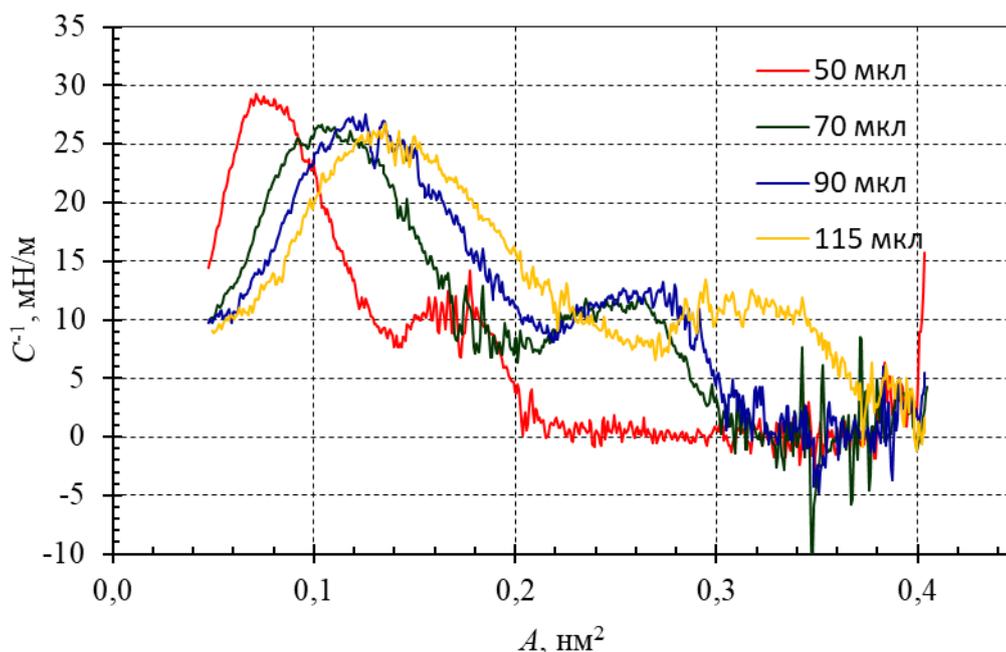


Рисунок 3 –  $C^{-1}$ - $A$  зависимость модуля сжатия от площади на молекулу для монослоя квантовых точек CdSe при объеме аликвоты: 50, 70, 90, 115 мкл

С увеличением объема аликвоты раствора КТ, изотермы сдвигаются вправо, что может быть связано с большей концентрацией квантовых точек на поверхности воды. На изотермах наблюдаются 2 участка с плотной упаковкой молекул. На изотерме, сформированной при объеме 50 мкл, наблюдается наиболее продолжительная газовая фаза, в диапазоне площадей 0,4-0,2  $\text{nm}^2$ , а при объеме 115 мкл газовой фазы не наблюдается. При 90 мкл точка отрыва соответствует площади 0,3  $\text{nm}^2$ . Максимальное давление сжатия на изотермах составило: 50 мкл – 27,5 мН/м, 70 мкл – 30 мН/м, 90 – 32 мН/м, 115 мкл – 33 мН/м (рисунок 3). На всех изотермах не наблюдается коллапс.

### **Влияние состава субфазы на формирование монослоев производных порфирина**

Монослои исследовали путем регистрации и последующего анализа  $\pi$ - $A$  зависимостей (изотерм сжатия). Одновременно с изотермой регистрировали зависимости поверхностного потенциала от удельной площади ( $SPot$ - $A$ ), которые позволили зафиксировать перестройку молекул в плавающем монослое на самых ранних стадиях его сжатия

На рисунке 4 представлена изотерма сжатия ПП1а при внесении 50 мкл раствора на поверхность воды.

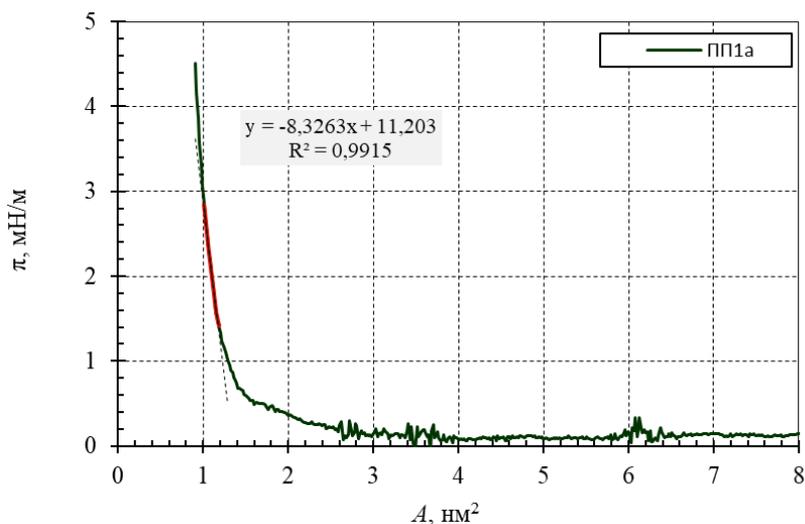


Рисунок 4 –  $\pi$ - $A$  изотерма ПП1а на поверхности воды

На рисунке 5 представлена изотерма сжатия CuSO<sub>4</sub> ( $C=1 \cdot 10^{-3}$  М) в водной субфазе.

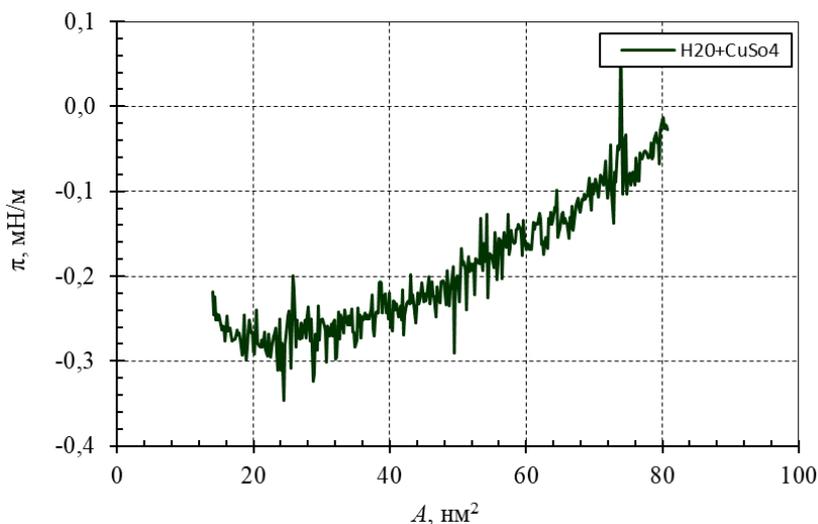


Рисунок 5 –  $\pi$ - $A$  изотерма с CuSO<sub>4</sub>+H<sub>2</sub>O

На рисунке 6 представлена изотермы сжатия ПП1а на водной субфазе содержащей CuSO<sub>4</sub>. По полученным изотермам видно, что изотерма практически не изменилась, но на зависимостях поверхностного потенциала видно сильное различие

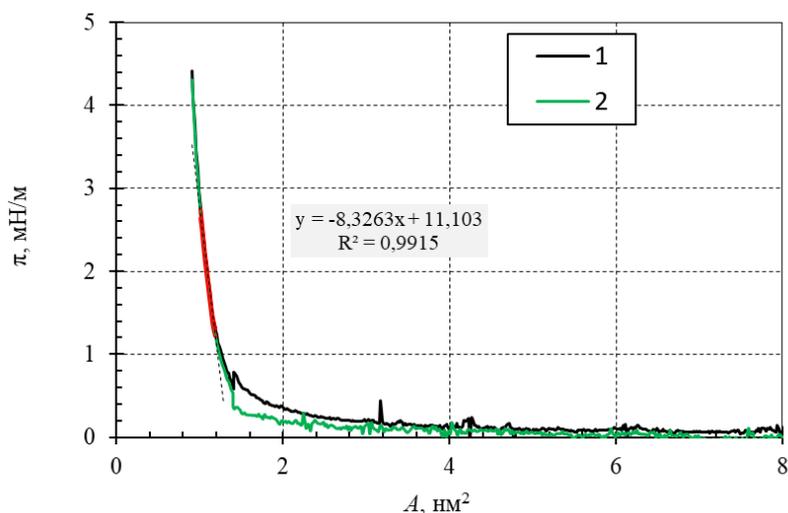


Рисунок 6 –  $\pi$ - $A$  изотермы производного порфирина ПП1а (50 мкл) на поверхности водной субфазы с добавлением  $\text{CuSO}_4$ :

(1) –  $C_{\text{CuSO}_4} = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ ; (2)  $C_{\text{CuSO}_4} = 1 \times 10^{-4} \text{ M}$

На рисунке 7 представлена  $V$ - $A$  зависимость с различной концентрацией  $\text{CuSO}_4$  в субфазе. На зависимости поверхностного потенциала мы наблюдаем различие в площади на молекулу практически в 2 раза при добавлении  $\text{CuSO}_4$  в концентрации  $C = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ .

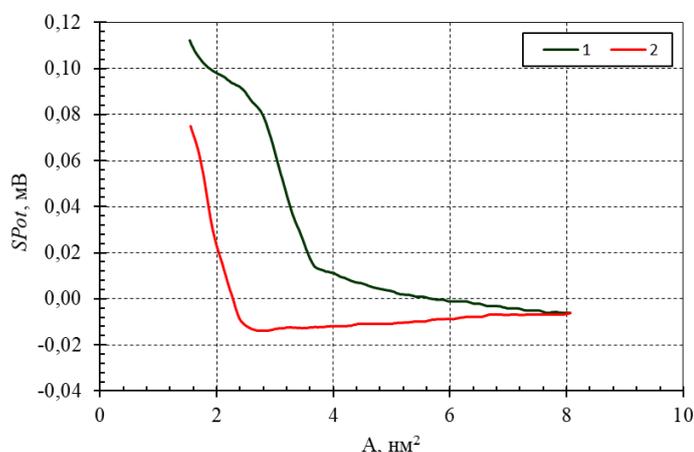


Рисунок 7 –  $V$ - $A$  зависимость производного порфирина ПП1а (50 мкл) на поверхности водной субфазы с добавлением  $\text{CuSO}_4$ :

1)  $C_{\text{CuSO}_4} = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ ; 2)  $C_{\text{CuSO}_4} = 1 \times 10^{-4} \text{ M}$

Для подтверждения факта переноса и исследования возможного влияния состава субфазы на молекулы симметрично замещенного порфирина проведено исследование спектральных свойств пленок порфирина ПП1 с 5 и 15 монослоями, нанесенными на стеклянные подложки.

Получены электронные спектры поглощения и люминесценции следующих систем: 1) пленка ПП1 толщиной 5 и 15 монослоев, перенесенных с поверхности деионизированной воды; 2) пленка ПП1 толщиной 5 монослоев, перенесенных с поверхности водной субфазы с добавлением соли  $\text{CuSO}_4$ . Спектры регистрировались с помощью спектрометра FireFly4000 с оптоволоконным кабелем диаметром 50 мкм, UV-VIS спектрофотометра Shimadzu UV-1800 и люминесцентного спектрометра LS-55 (PerkinElmer) в диапазоне длин волн 200-900 нм (рисунок 7).

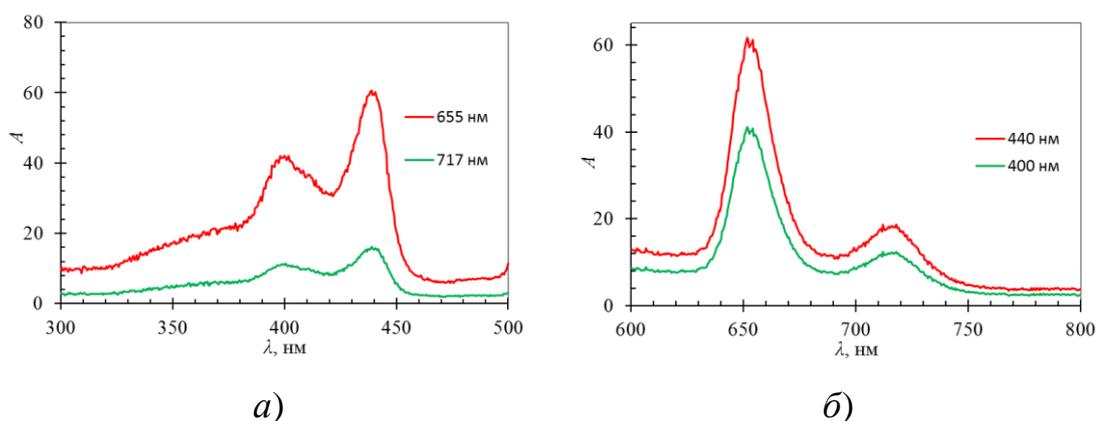


Рисунок 8 – Спектры пленки 5 МС ПП1, нанесённые с поверхности водной субфазы (деионизированная вода): *a*) поглощение (при возбуждении длинами волн 655 и 717 нм), *b*) люминесценция ( $\lambda_{\text{EX}} = 440$  нм)

В спектрах поглощения пленочных образцов ПП1 на стеклянных подложках в области 300-800 нм обнаружена зависимость интенсивности пиков поглощения и флуоресценции от количества нанесенных слоев (5, 10 и 15 слоев). При этом положение узкого пика при 440 нм, соответствующий наиболее интенсивной полосе Сорe и относящийся к разрешенному переходу в возбужденное состояние с наиболее высокой энергией, не изменялось (рисунок 8).

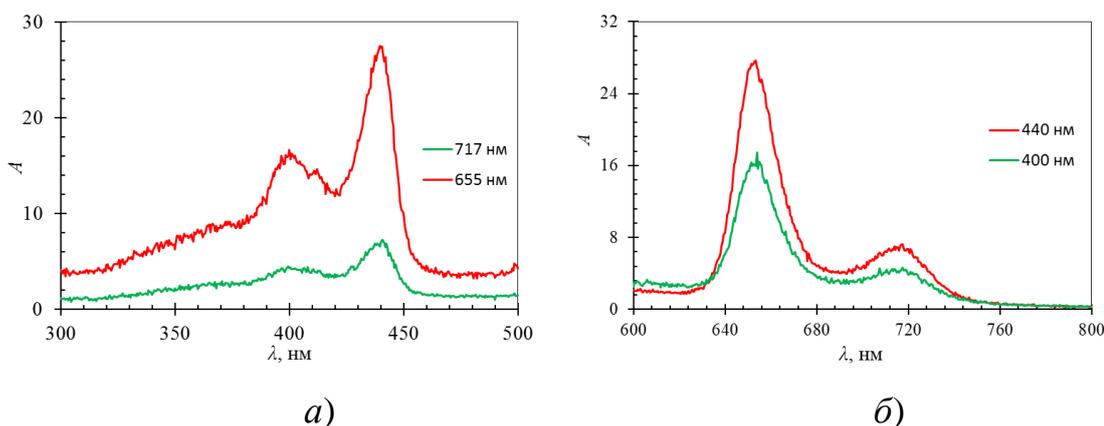


Рисунок 9 – Спектры пленок ПП1 (5 монослоев), нанесённых с поверхности водной субфазы, содержащей  $\text{CuSO}_4$  ( $C = 10^{-3}$  М): а) поглощение (при возбуждении длинами волн 655 и 717 нм), б) люминесценция ( $\lambda_{\text{EX}} = 440$  нм)

Для монослоевых пленок сформированных на водной субфазе, содержащей  $\text{CuSO}_4$ , интенсивность полос поглощения на длинах волн 400 и 440 нм снижается приблизительно в 2,5 раза. Дополнительных полос, соответствующих поглощению ионов меди, в спектрах не наблюдалось. Хотя на изотермах сжатия и зависимостях поверхностного потенциала влияние ионов меди, растворенных в субфазе, проявлялось отчетливо.

**Заключение.** В ходе проделанной научно-исследовательской работы был проведен поиск и анализ научной информации по русскоязычным и зарубежным источникам, в которой отмечались особенности структурных, спектральных свойств квантовых точек и производных порфиринов. Описаны физикохимические основы формирования монослоев на основе различных наночастиц, в том числе квантовых точек, производных порфиринов и их смесей. Исследованы монослои квантовых точек CdSe с различными объемами раствора КТ вносимого на поверхность водной субфазы.

В ходе выполнения практики были получены следующие результаты:

- при увеличении объема раствора квантовых точек вносимого на поверхность наблюдается увеличение удельной площади  $A_0$ , одновременно с этим наклон соответствующих плотноупакованным состояниям участков изотерм и модуль сжатия монослоя, уменьшаются. Это может

свидетельствовать о разуплотнении наночастиц в слое при увеличении объема рабочего раствора;

- исследованы монослой симметрично замещенного порфирина ПП1а при различных условиях: в зависимости от количества внесенного на поверхность водной субфазы раствора и от состава субфазы;

- для монослоевых пленок сформированных на водной субфазе, содержащей  $\text{CuSO}_4$ , интенсивность полос поглощения на длинах волн 400 и 440 нм снижается приблизительно в 2,5 раза.

#### **Список использованных источников**

1 Ковальчук, М. В. Молекулярный конструктор Ленгмюра-Блоджетт / М. В. Ковальчук, В. В. Клечковская, Л. А. Фейгин // Природа. – 2003. – Т. 12. – Р. 20-28.

2 Narita, A. Bottom-Up Synthesis of Chemically Precise Graphene Nanoribbons: Bottom-Up Synthesis of Chemically Precise Graphene Nanoribbons / A. Narita, X. Feng, K. Müllen // The Chemical Record. – 2015. – V. 15, № 1. – P. 295-309.

3 Chen, L. From Nanographene and Graphene Nanoribbons to Graphene Sheets: Chemical Synthesis / L. Chen // Angew. Chem. Int. Ed. – 2012. – V. 51. – P. 7640-7654.

4 Skraba-Joiner, S. L. Scholl Cyclizations of Aryl Naphthalenes: Rearrangement Precedes Cyclization / S. L. Skraba-Joiner // J. Org. Chem. – 2015. – V. 80, № 19. – P. 9578-9583.

5 Львов, Ю. М. Ленгмюровские плёнки получение, структура, некоторые применения / Ю. М. Львов, Л. А. Фейгин // Кристаллография. – 1987. – Т. 32, № 3. – С. 800-815.