

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

Кафедра материаловедения, технологии  
и управления качеством

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕНГМЮРОВСКИЙ МОНОСЛОЕВ НА ОСНОВЕ  
СМЕСИ ПИРЕНА И АРАХИНОВОЙ КИСЛОТЫ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 4091 группы  
направления 22.03.01 «Материаловедения и технологии материалов»  
института физики

Трушкова Георгия Викторовича

Научный руководитель,  
доцент, к.ф.-м.н.

должность, уч. степень, уч. звание

Е.Г. Глуховской

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой,  
д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

С.Б. Вениг

инициалы, фамилия

Саратов 2021

**Введение.** Технология Ленгмюра-Блоджетт базируется на принципах самоорганизации молекул поверхностно-активных веществ (ПАВ) на границе раздела фаз «вода-воздух». Данная технология способна помочь в решении важных задач формирования структур на межфазных границах на основе наноразмерных или молекулярных компонентов [1].

Изготовление монослоев означает поверхностное образование самосборных монослоев [2,3] на различных поверхностях, включая электроды и приборы. Изготовление многослойной матрицы соответствует послойной [4] сборке, что является универсальным методом подготовки многослойных структур благодаря большому выбору в использовании различных слоистых структур и компонентов. Несмотря на то, что эти две методологии являются довольно многообещающими, научное сообщество признает неоценимый вклад метода ЛБ в изучение функциональных тонких пленок, а также важную роль, которую сыграл данный метод в их развитии.

Поиск и исследование новых материалов представляется актуальным для разработки приборов микро- и наноэлектроники из чего можно сделать вывод, что практическая значимость данной работы заключается в анализе экспериментальных и теоретических данных по исследуемым веществам.

Целью выпускной квалификационной работы является исследование монослоев представителя класса полиароматических веществ – пирена, а также его смесей с поверхностно активным веществом – арахиновой кислотой, методом изотерм сжатия и методом скачка поверхностного потенциала.

На основе поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- сбор научной информации и анализ оригинальных источников по вопросам дипломной работы: о представителях полиароматических углеводородов и представителях жирных кислот, их структурных особенностях, физических и химических свойствах, о технологиях и методах формирования пленок, их исследования на поверхности воды;

- исследование формирования монослоев на основе арахиновой кислоты, пирена и смесей пирена с арахиновой кислотой в различных соотношениях;

Дипломная работа занимает 42 страницы, имеет 38 рисунков и 7 таблиц.

Обзор составлен по 31 информационному источнику.

Во введение рассматривается практическая значимость проделанной работы, устанавливается цель и выдвигаются задачи для достижения поставленной цели.

Первый раздел представляет собой теоретические сведения о представителях полиароматических углеводородов и представителях жирных кислот, а также методах формирования пленок и их исследования на поверхности воды.

В первом пункте второго раздела работы описывается рабочая установка, используемые растворы и смеси, их концентрация и объем, а также ход проведенных экспериментов. Второй пункт посвящен обработке полученных результатов, в нем приведены все рассчитанные и построенные зависимости.

### **Основное содержание работы**

Исследование проводилось на финской установке «KSV Nima LB Trough KN2002», переоборудованной под лабораторные условия.

В качестве жидкой субфазы была использована дионизованная вода с удельным сопротивлением 18,2 МОм×см. Рабочий раствор наносился на поверхность водной субфазы и после испарения растворителя (в качестве которого использовался хлороформ) сжимался с помощью подвижных барьеров при в 15 мм/мин до образования сплошной пленки с плотной упаковкой молекул.

В общем количестве, для рассмотрения, было проведено 13 экспериментов, в которых применялись пирен, арахиновая кислота и хороформ:

1. В двух экспериментах использовался раствор арахиновой кислоты в хлороформе, с концентрацией  $2 \times 10^{-3}$  моль и общим объемом:

- 1) 50 мкл – рисунок 1;
- 2) 100 мкл – рисунок 2.

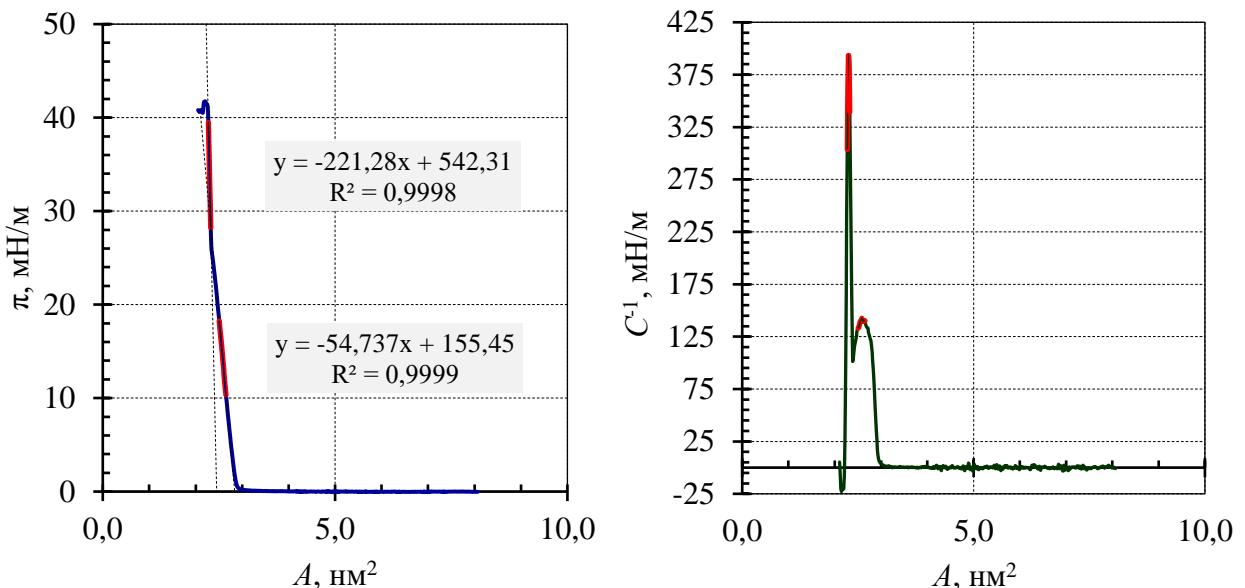


Рисунок 1 –  $\pi$ -A изотерма сжатия монослоя арахиновой кислоты №1 (слева);  
 $C^{-1}$  – A зависимость эксперимента с арахиновой кислотой №1 (справа)

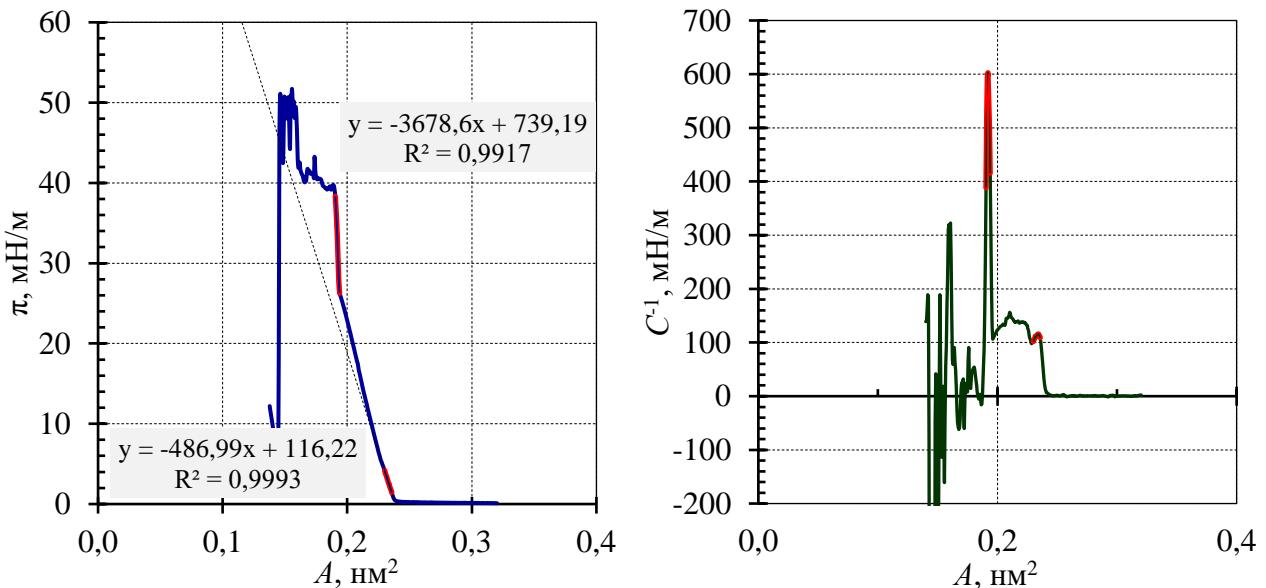


Рисунок 2 –  $\pi$ -A изотерма сжатия монослоя арахиновой кислоты №2 (слева);  
 $C^{-1}$  – A зависимость эксперимента с арахиновой кислотой №2 (справа)

2. В двух экспериментах использовался раствор пирена в хлороформе с концентрацией  $2 \times 10^{-4}$  моль и общим объемом:
- 1) 75 мкл – рисунок 3;
  - 2) 100 мкл – рисунок 4. В течении данного эксперимента использовалась установка для измерения скачка потенциала – рисунок 5.

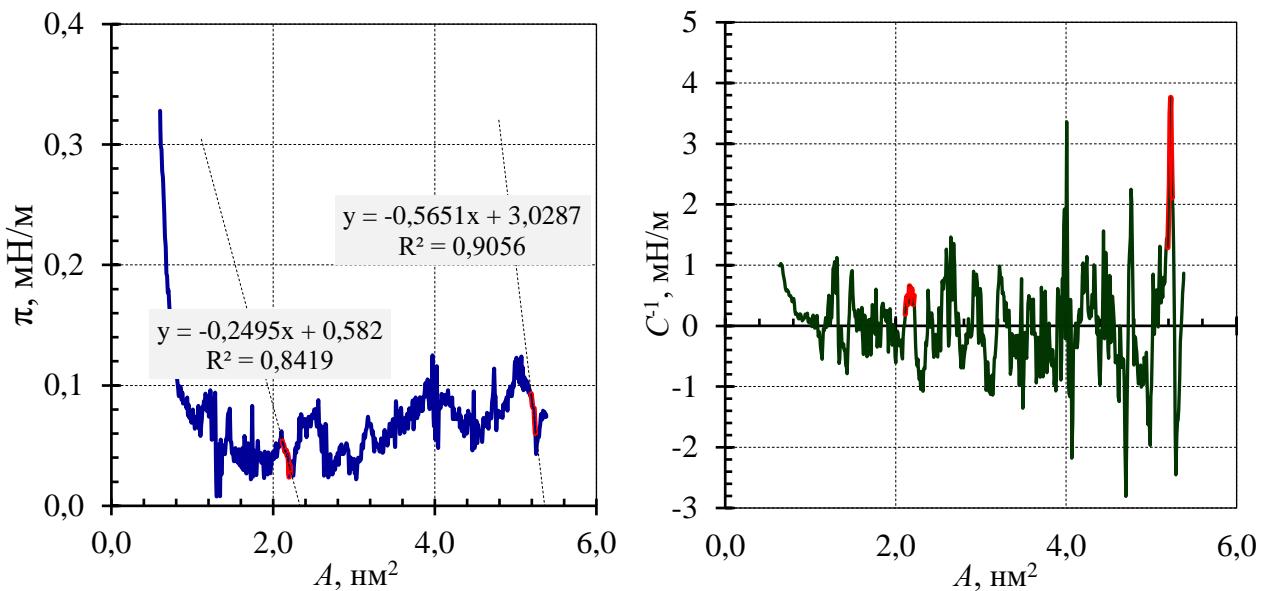


Рисунок 3 –  $\pi$ -A изотерма сжатия монослоя пирена №3 (слева);  $C^{-1}$  – A зависимость эксперимента с пиреном №3 (справа)

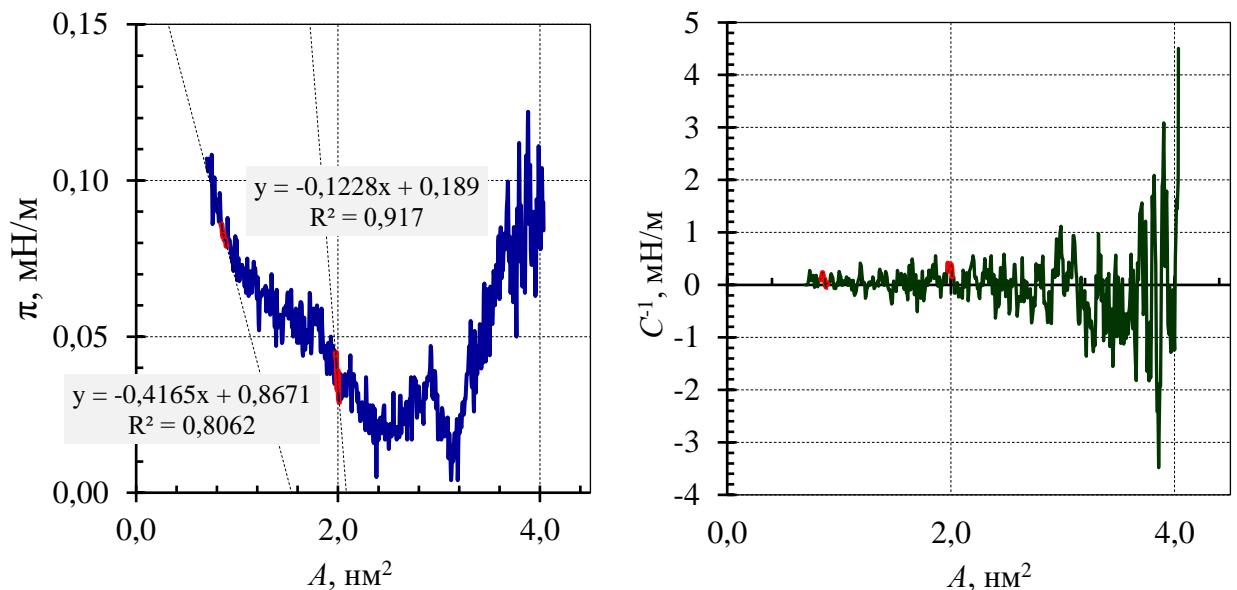


Рисунок 4 –  $\pi$ -A изотерма сжатия монослоя пирена №4 (слева);  
 $C^{-1}$  – Азависимость эксперимента с пиреном №4 (справа)

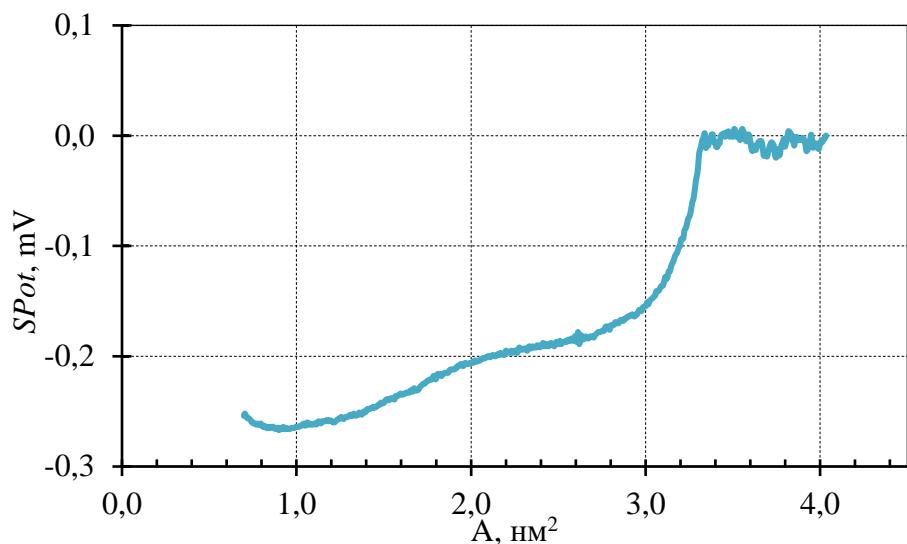


Рисунок 5 – График зависимости поверхностного потенциала от параметра  $A_0$   
для монослоя из пирена объемом 100 мкл

3. В следующих девяти экспериментах, которые проводились с измерением скачка потенциала, использовалась смесь пирена и арахиновой кислоты объемом 100 мкл в пропорциях:

- 1) 1:1 – рисунки 6, 7;
- 2) 1:2;
- 3) 1:3;
- 4) 1:4;
- 5) 1:5;
- 6) 1:10;
- 7) 1:20;
- 8) 1:40;
- 9) 1:50 – рисунки 8, 9.

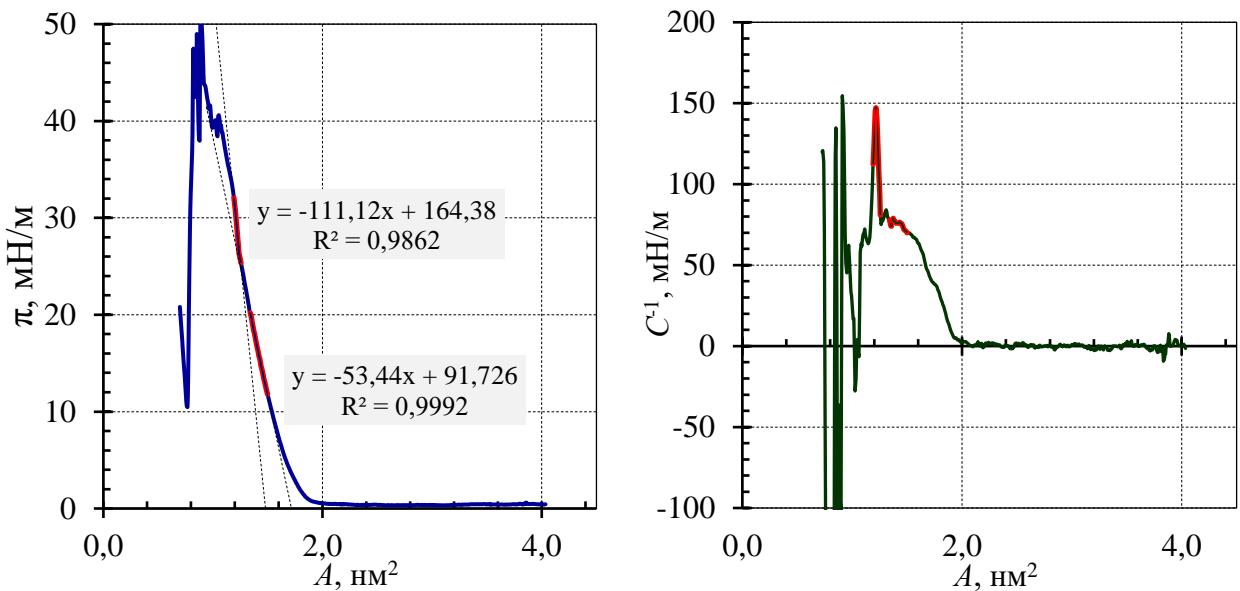


Рисунок 6 –  $\pi$ –A зависимость эксперимента с раствором пирена и арахиновой кислоты в пропорции 1:1 (слева);  $C^{-1}$  – A зависимость эксперимента с раствором пирена и арахиновой кислоты в пропорции 1:1 (справа)

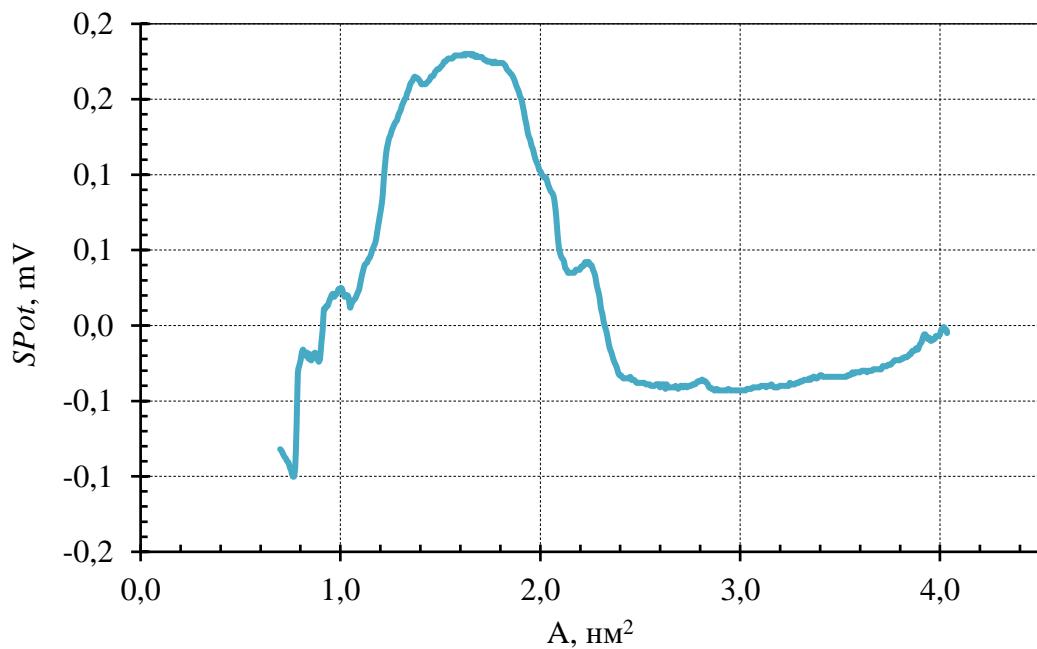


Рисунок 7 – График зависимости поверхностного потенциала от площади на одну молекулу для монослоя из раствора пирена и арахиновой кислоты в пропорции 1:1

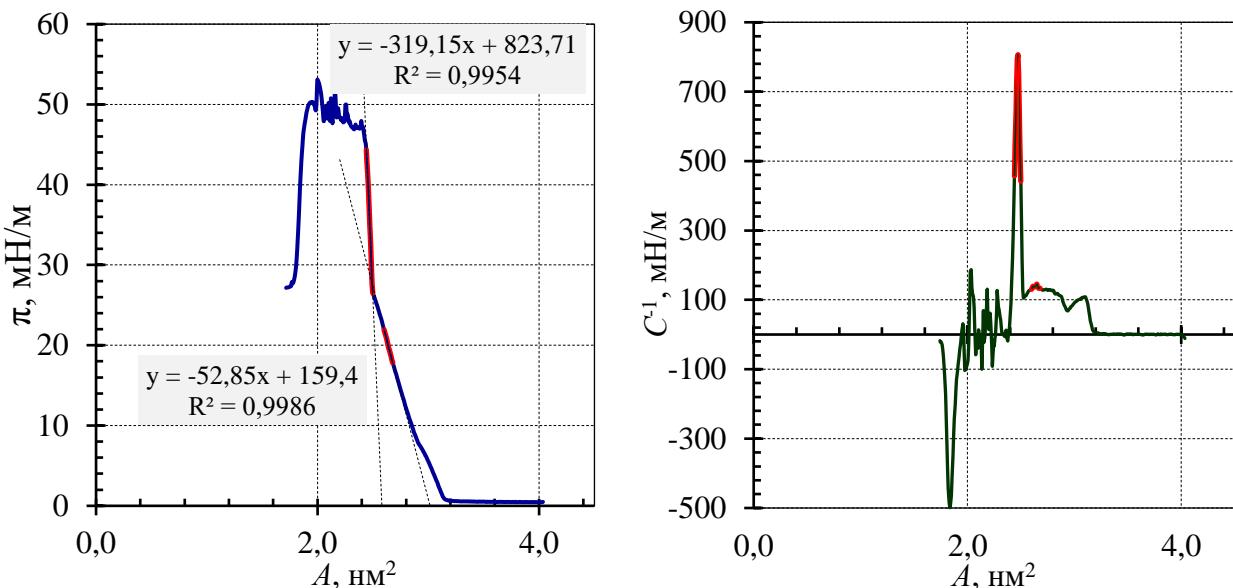


Рисунок 8 –  $\pi$ - $A$  зависимость эксперимента с раствором пирена и арахиновой кислоты в пропорции 1:50 (слева);  $C^{-1}$ - $A$  зависимость эксперимента с раствором пирена и арахиновой кислоты в пропорции 1:50 (справа)

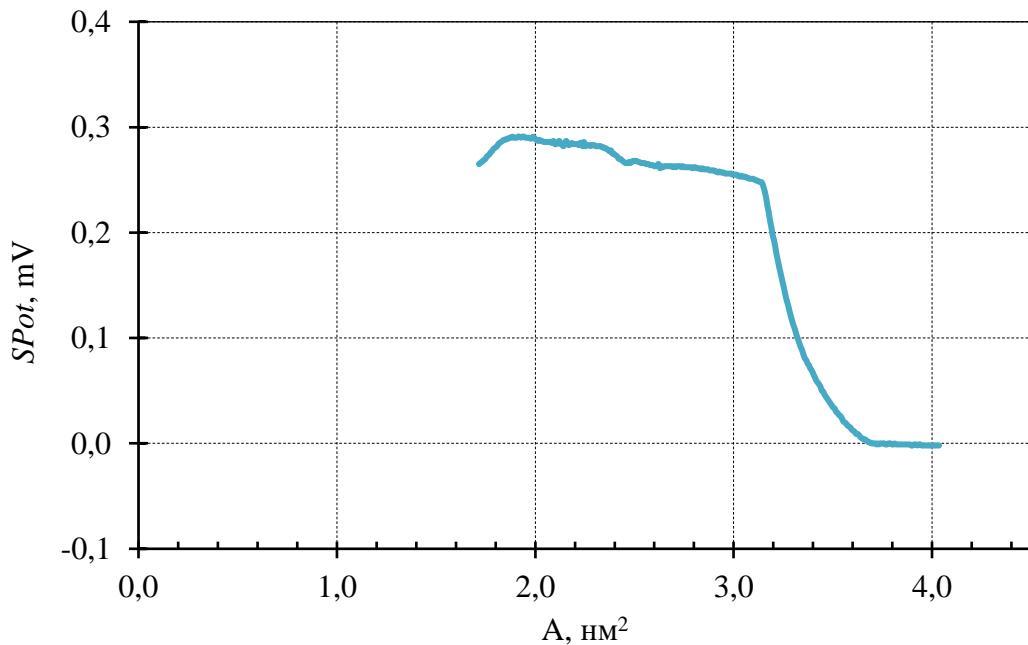


Рисунок 9 – График зависимости поверхностного потенциала от площади на одну молекулу для монослоя из раствора пирена и арахиновой кислоты в пропорции 1:50

Для исследования полученных ленгмюровских монослоев проводился анализ  $\pi$ - $A$  изотерм сжатия и  $C^{-1}$ - $A$  зависимостей, которые характеризуют связь между модулем сжатия ( $C^{-1}$ ) и площадью на одну молекулу ( $A_0$ ). Модуль сжатия – это аналог коэффициента жесткости, но, только для двумерных тел.

По подобной диаграмме ( $C^{-1}$ – $A$ ) можно определить в каких диапазонах величин  $A_0$  достигается состояние плотно-упаковка монослоя имеющего большую жесткость (модуль сжатия), признаком чего являются локальные максимум на данных зависимостях. Так же, локальные максимумы – это индикаторы перехода упорядоченного монослоя, находящегося в двумерно-кристаллической фазе, к не упорядоченному состоянию.

Для получения рассчитываемых величин, в процессе работы, к построенным графикам была применена линейная аппроксимация, включающая в себя по два аппроксимируемых участка на каждой из полученных изотерм сжатия.

Так же, с помощью шаблона в Excel были получены графики зависимости поверхностного потенциала (SPOT) от величины  $A$  для 9 изотерм сжатия, построенных по данным, полученным из исследования смеси пирена и арахиновой кислоты, а также, одной изотермы сжатия раствора пирена в хлороформе.

**Заключение.** В ходе данной дипломной работы был проведен анализ литературных и общих источников на тему сбора информации о представителях полиароматических углеводородов и представителях жирных кислот, их структурных особенностях, физических и химических свойствах, о технологиях и методах формирования пленок, их исследования на поверхности воды.

Практическим путем, на основе 13 проведенных экспериментов, получены данные по которым были построены изотермы сжатия ( $\pi$ – $A$  зависимость), зависимости модуля сжатия от площади на одну молекулу ( $C^{-1}$ – $A$  зависимость), а так же зависимости поверхностного потенциала от площади на одну молекулу (SPOT- $A$  зависимость).

В результате анализа полученных зависимостей, сделаны следующие выводы:

- раствор арахиновой кислоты в хлороформе, при объемах 50 и 100 мкл, проходил через идентичные фазы формирования, а именно: фаза двумерного газа, фаза жидкости и двумерно-кристаллическая фаза. Далее, происходила

слишком плотная упаковка молекул из-за растущего поверхностного давления, следствием чего стало достижение коллапса в обоих случаях;

- будучи гидрофобным веществом, исследуемый пирен в объемах 75 и 10 мкл, вел себя как типичный представитель этого типа веществ. Исследуемые графики говорят о том, что в обоих случаях, сжимаемый монослоем постоянно агрегировался из-за отсутствия амфи菲尔ных свойств у молекул;

- при помещении смеси пирена и арахиновой кислоты на поверхность водной субфазы и последующего сжатия, арахиновая кислота выступала в качестве 2d матрицы для не амфе菲尔ных молекул пирена. В результате, изотермы сжатия и  $C^{-1}-A$  зависимости свидетельствуют о четком прохождении данной смеси, при всех применяемых пропорциях, через три фазы формирования, так же, как и в случае с арахиновой кислотой: фаза двумерного газа, фаза жидкости и двумерно-кристаллическая фаза.

При увеличении количества арахиновой кислоты в смеси, удельная площадь в твердо-конденсированном состоянии увеличивается от 1,496 нм<sup>2</sup> (при пропорции 1:1) до 2,584 нм<sup>2</sup> (пропорция 1:50). Такое увеличение связано с тем, что часть молекул пирена может выводиться из состава монослоя (матрицы арахиновой кислоты) в пространство над углеводородными цепями и не занимать дополнительной площади. Одновременно с этим - модуль сжатия при увеличении концентрации арахиновой кислоты, ведет себя не монотонно: при переходе состава смеси от 1:1 до 1:4 наблюдается рост от 69,28 до 170,9 мН/м, после чего, резко снижается до 87,89 мМн/м при составе смеси 1:5, и далее опять возрастает до значения 117,7 при составе в 1:50.

Диапазон значений A, при которых на кривых φ-A потенциал резко возрастает, коррелирует с увеличением площади  $A_0$  для твердо-кристаллического состояния в зависимости от количества арахиновой кислоты в составе монослоя. Диапазон напряжений, при которых скачок потенциала максимальен, сдвигается в область больших значений A.

## **Список использованных источников**

- 1 Блинов, Л. М. Лэнгмюровские пленки / Л. М. Блинов // Успехи физических наук. –1988. – V. 155, № 7. – P. 443-480.
- 2 Morales, D. Single-Step Binary Electrostatic Directed Assembly of Active Nanogels for Smart Concentration-Dependent Encryption / D. Morales, [et al.] // Langmuir. – 2018. – № 34(4). – P. 7.
- 3 Kise, R. Fluorous Property of a Short Perfluoroalkyl-Containing Compound Realized by Self-Assembled Monolayer Technique on a Silicon Substrate / R. Kise, [et al.] // Bulletin of Chemical Society of Japan. – 2019. – № 92(4). – P. 6.
- 4 Ji, Q. Layer-by-Layer Films of Graphene and Ionic Liquids for Highly Selective Gas Sensing / Q. Ji [et al.] // Angew. Chem. Int. Ed. – 2010. – V. 49, № 50. – P. 9737-9739.