

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ
(ДАТА ВЫПОЛНЕНИЯ: 01.03.2024)

**Изучение адсорбции ароматических соединений
из водных растворов на активированных углях
методом УФ-спектрометрии**

выполнили студенты группы Б04-202

Гомзин Александр

Горячев Арсений

Игумнов Дмитрий

Долгопрудный, 2024 г.

Содержание

1	Теоретические сведения	2
1.1	Изотерма Ленгмюра	2
1.2	Изотерма Генри	3
1.3	Изотерма Фрейндлиха	3
1.4	Закон Бугера – Ламберта – Бера	3
2	Ход Работы	4
2.1	Существенные замечания	4
3	Экспериментальные данные	4
4	Обработка результатов	7
5	Заключение	11

Цель работы: получение изотермы адсорбции бензойной кислоты (БК) на углеродном адсорбенте и проанализировать их, используя уравнения Генри, Фрейндлиха и Ленгмюра.

В работе используются:

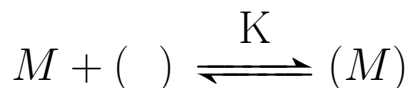
- мерные колбы на 100 мл - 6 шт.
- конические колбы на 50 мл со стеклянными пробками - 6 шт.
- лабораторный стакан на 250 мл - 1 шт.
- стеклянная воронка - 1 шт.
- бумажный фильтр - 6 шт.
- пипетка на 25 мл с делениями - 1 шт.
- лабораторный шейкер
- аналитические весы с разрешением 0.1 мг
- УФ-спектрофотометр
- кварцевые кюветы толщиной 1.0 см с крышечками - 2 шт.
- сорбент: активный уголь
- насыщенный раствор бензойной кислоты (БК) в мерной колбе - 1 л
- дистиллированная вода
- бумажные салфетки

1 Теоретические сведения

Кратко рассмотрим несколько моделей и уравнений, описывающих адсорбцию.

1.1 Изотерма Ленгмюра

Схема для процесса адсорбции/десорбции в предположении, что поверхность адсорбента однородна, а адсорбат располагается слоем в одну молекулу, причем взаимодействие между адсорбированными молекулами пренебрежимо:



Выражение для константы такого равновесия для случая адсорбции вещества из раствора:

$$K = \Gamma / [(\Gamma_{max} - \Gamma) \cdot C] = \Theta / [(1 - \Theta) \cdot C]$$

Выразим параметр и рассмотрим предельные случаи:

$$\Theta = \frac{K \cdot C}{1 + K \cdot C}$$

$$\Theta = \frac{K \cdot C}{1 + K \cdot C}$$

При $K \cdot C \gg 1$ параметр стремится к единице (достигается насыщение).

При $K \cdot C \ll 1$:

$$\Theta = K \cdot C$$

(изотерма Генри)

Переход к координатам, в которых зависимость линейная:

$$1/\Gamma = 1/\Gamma_{max} + 1/[K_L \cdot C] \cdot 1/C$$

1.2 Изотерма Генри

Альтернативный вид изотермы (в таком виде проверяется в работе):

$$\Gamma = K_H \cdot C$$

1.3 Изотерма Фрейндлиха

Возможная аппроксимация при медленном росте заселенности с изменением концентрации:

$$\Gamma = K_H \cdot C^n$$

В координатах с линейной зависимостью:

$$\ln \Gamma = \ln K_H + n \ln C$$

1.4 Закон Бугера – Ламберта – Бера

Ключевой прибор в данной работе – спектрофотометр, который дает нам представления о спектре растворов – зависимости так называемой "оптической плотности" от длины волны проходящего через кювету с образцом раствора света. На основании этих данных можно оценить концентрацию кислоты в конкретном растворе, основываясь на калибровочной зависимости.

При таком определении мы предварительно убеждаемся в справедливости соотношения для интенсивностей до и после прохождения кюветы толщиной l , содержащей раствор с концентрацией C :

$$I_l = I_0 \cdot e^{-\varepsilon C l}$$

Присутствующий в данной зависимости коэффициент ε называют коэффициентом экстинкции; его и требуется определить, чтобы оценить концентрации растворов после их фильтрации с помощью активного угля.

Преобразуем выражение:

$$D := \lg(I_0/I) = \frac{\ln(I_0/I)}{\ln 10} \approx 0.4343 \cdot \ln(I_0/I) = 0.4343 \cdot \varepsilon Cl = \varepsilon_{10} Cl$$

Величина **D** и есть та самая оптическая плотность, и именно в таком виде будем использовать данный закон.

Данный закон лучше всего выполняется для параллельного пучка монохроматического света, проходящего через чистое вещество. Для смеси не взаимодействующих веществ суммарная оптическая плотность будет суммой плотностей компонент:

$$D = \sum_i D_i = l \cdot \sum_i \varepsilon_i C_i$$

Существенные отклонения от закона могут быть связаны с немонахроматичностью света, его рассеянием при прохождении через раствор, а также ассоциацией или диссоциацией молекул веществ.

В данной работе для определения концентрации будем определять положение максимума оптической плотности при примерно 270-275 нм (соответствует области поглощения для ароматических систем, которую в том числе содержит и БК).

2 Ход Работы

На основании методички.

2.1 Существенные замечания

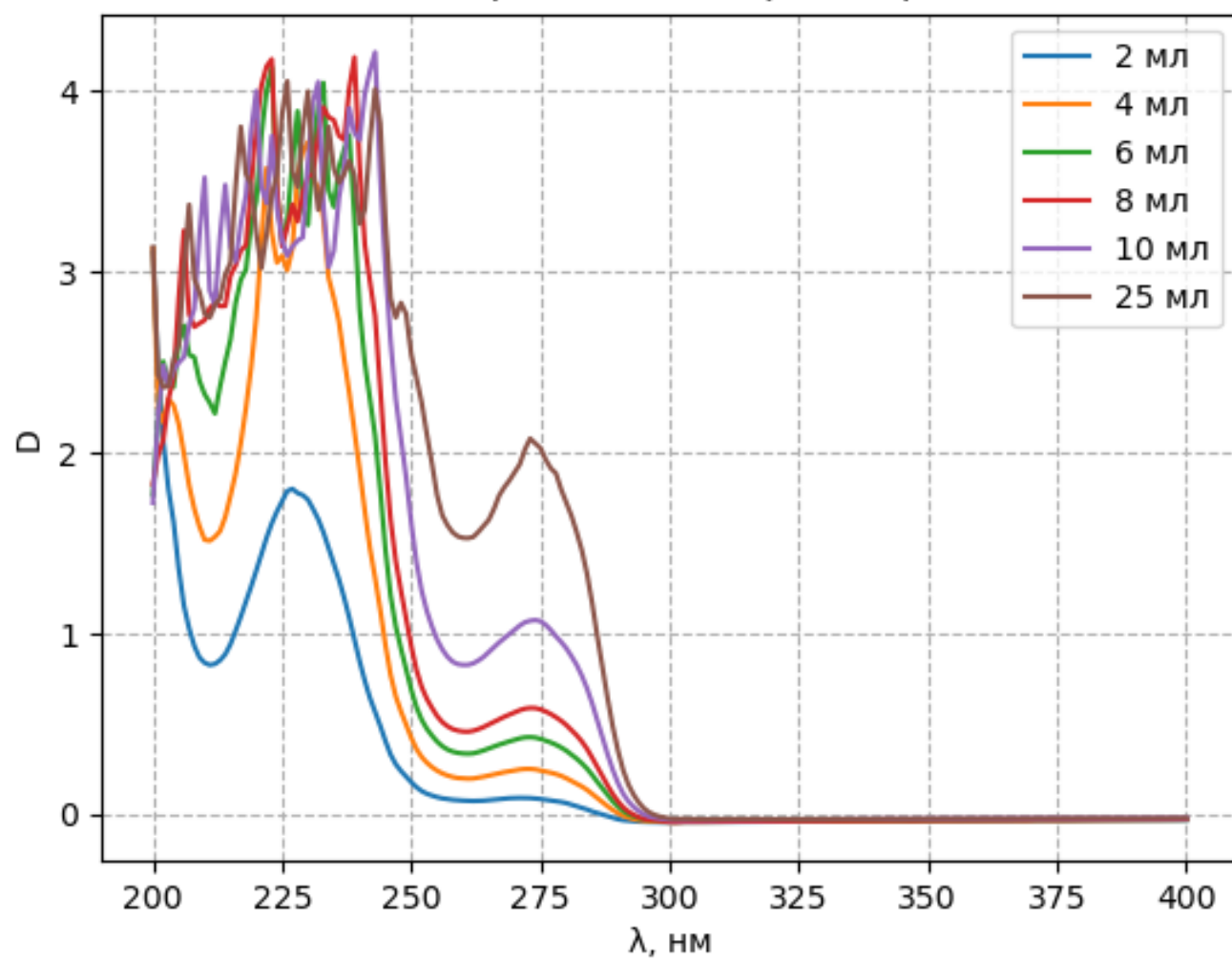
Основными проблемами при выполнении работы было использование недостаточно точных весов при отборе навески угля, не всегда точный отбор объёмов р-ра кислоты, а также, по-видимому, недостаточная фильтрация угля после отбора проб для повторного снятия спектров.

3 Экспериментальные данные

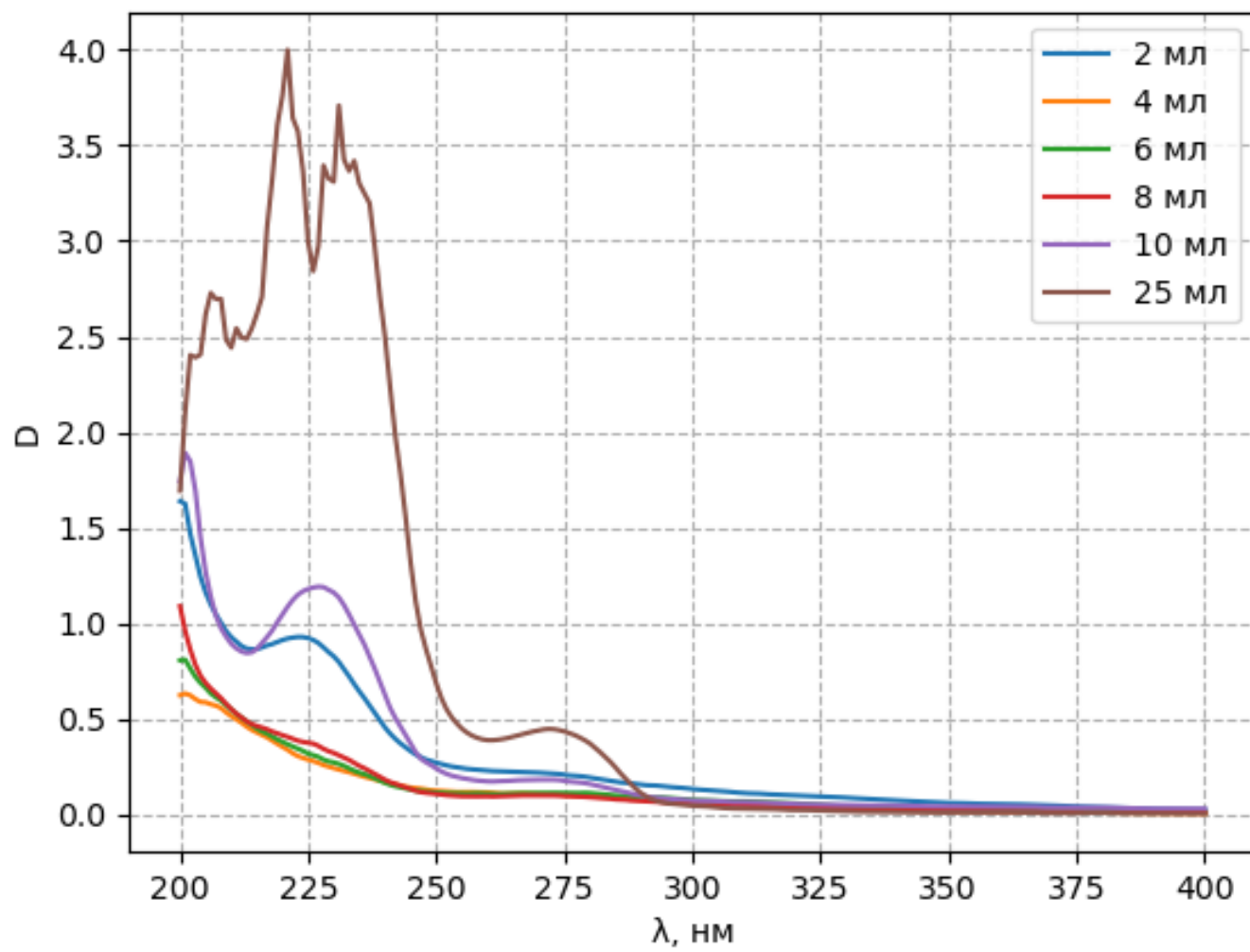
Таблица 1. Концентрации водных приготовленных водных растворов БК

V(БК), мл	2	4	6	8	10	25
C, mM	0.44	0.88	1.32	1.76	2.2	5.5

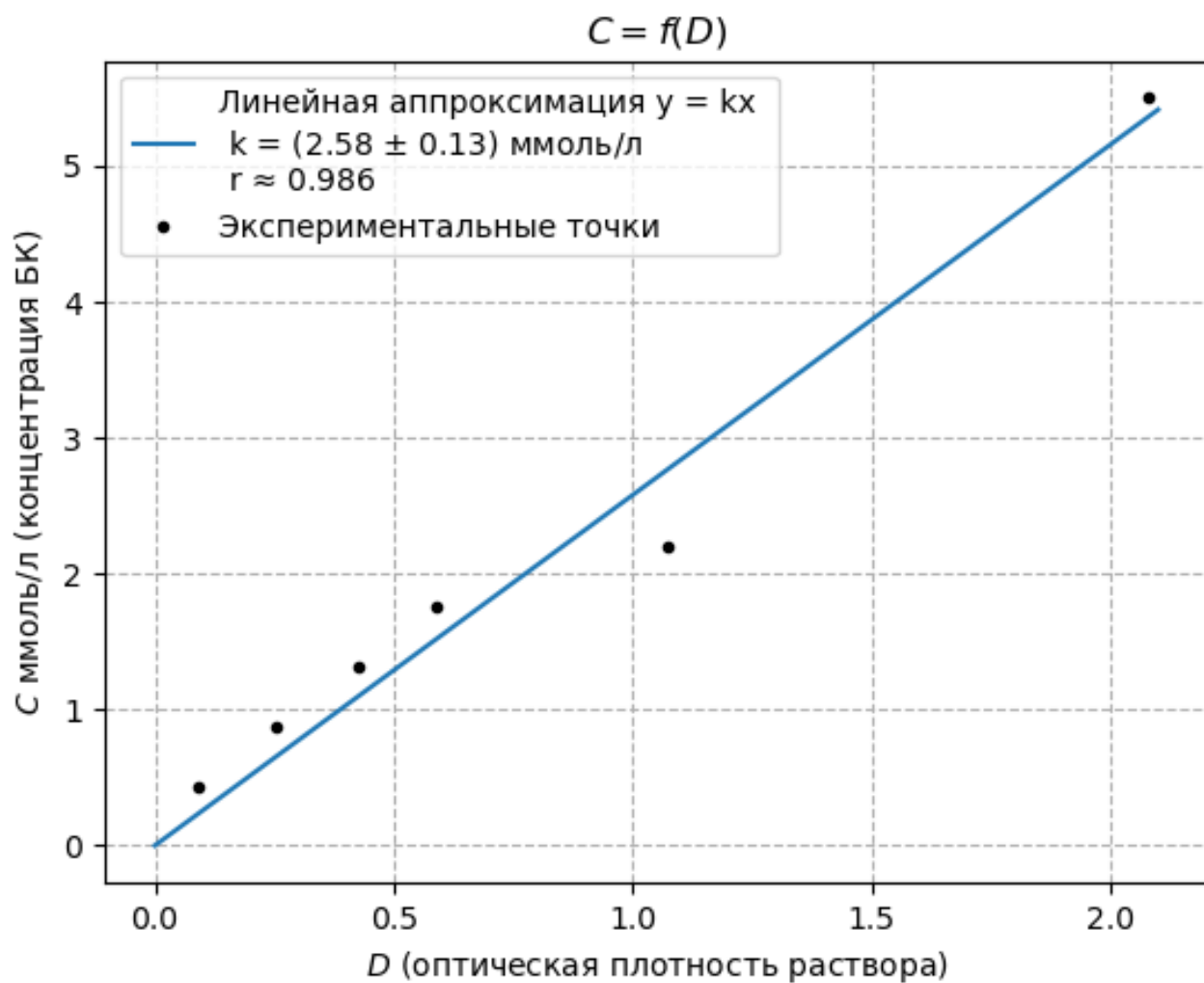
Спектры исходных растворов



Спектры растворов после фильтрации

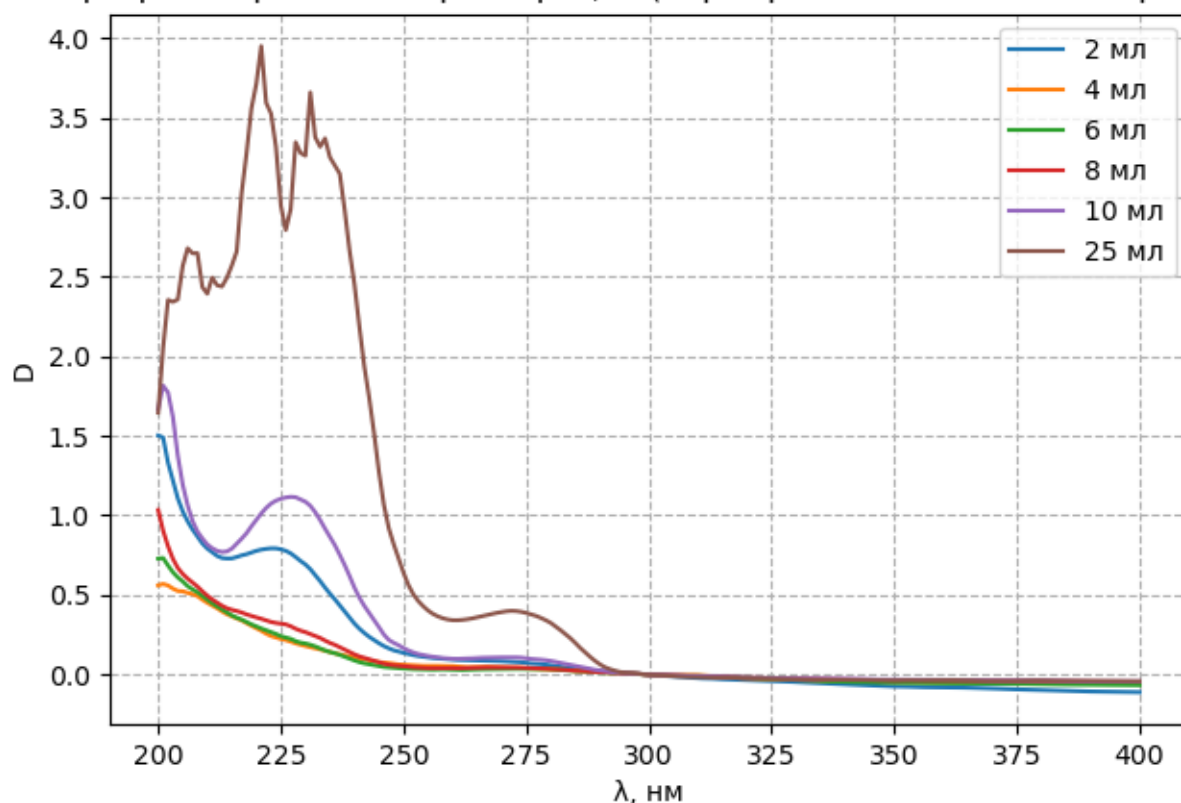


4 Обработка результатов



Наблюдаем отклонение при значениях, соответствующих раствору с 8 мл БК, что может говорить о неаккуратности при приготовлении раствора.

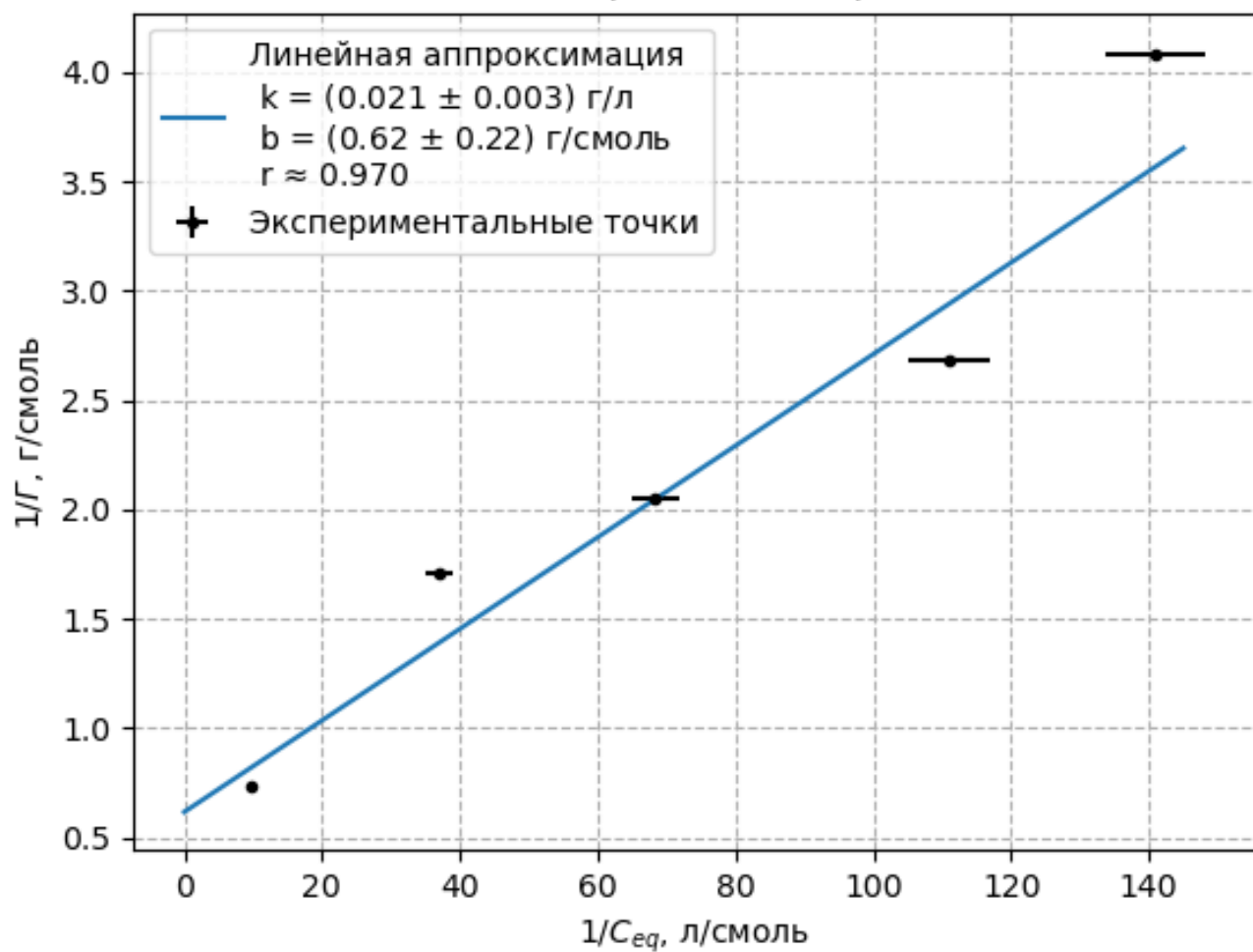
Спектры растворов после фильтрации (нормировка по значениям при 300 нм)



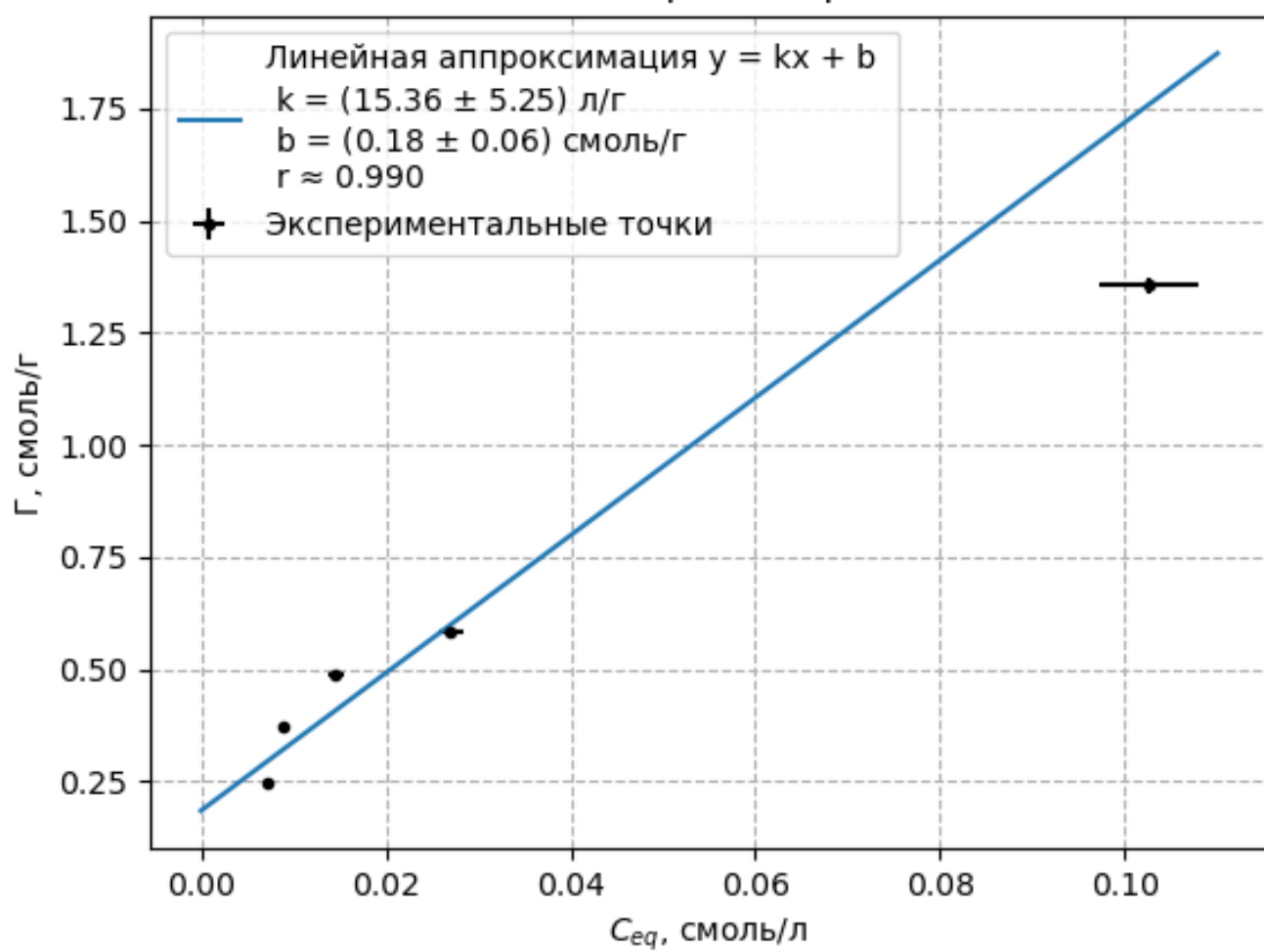
В записанных спектрах для растворов после фильтрации наблюдаем тенденцию к завышению оптической плотности вдоль всего диапазона, что особенно заметно для раствора с добавлением 2 мл БК, конкретно для области длин волн больше 275 нм. В исходных спектрах (для образцов, куда не был добавлен активный уголь) оптическая плотность была практически нулевой уже на 300 нм, когда как для второго набора падение плотности с увеличением длины волны практически всегда достаточно медленное.

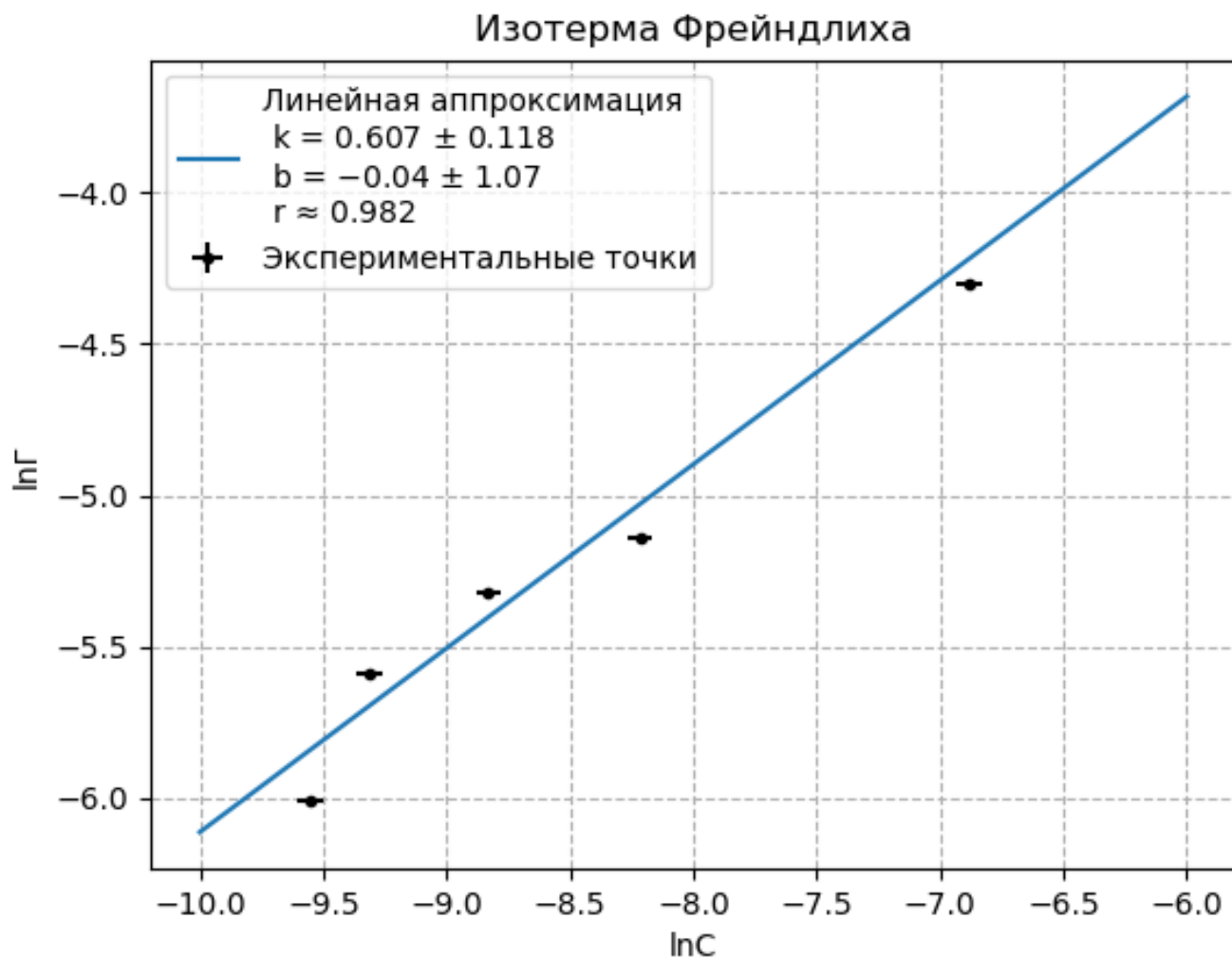
Данное явление можно объяснить наличием во втором наборе растворов не удаленного активного угля, вносящего, в том числе, вклад в поглощение. Простейший способ учета данного отклонения – вычитание из спектра значений, соответствующих активному углю (по предполагаемой аддитивности оптических плотностей). Конкретно в наших вычислениях вычитаем из всего спектра реальные значения оптических плотностей при 300 нм (предполагаем поглощение углем равномерным в диапазоне за исключением более точных данных).

Изотерма Ленгмюра



Изотерма Генри





5 Заключение

В данной работе нами были получены изотермы адсорбции в различных координатах, соответствующих разным описаниям процесса. Используемый способ проверки гипотез о линейности в соответствующих координатах, а именно коэффициент корреляции, дает достаточно близкие значения ($0.97 - 0.99$) для всех трех подходов с лишь небольшим преимуществом уравнения Генри.

Для более тонкого сравнения потребовалась бы более тщательная оценка погрешностей измерений, которая затруднена из-за влияния процесса измерений на спектрофотометре, а в еще большей степени – из-за возможного и труднооценимого влияния оставшегося в растворах угля