

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.  
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»  
Балашовский институт (филиал)

Кафедра физики и информационных технологий

**ВЛИЯНИЕ НАСТРОЕЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ СПЕКТРОФОТОМЕТРА  
«ЛЕКИ SS1104» НА РАССЕЯНИЕ СВЕТА В ЛЕЧЕБНЫХ РАСТВОРАХ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 143 группы  
направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии», профиля  
«Биомедицинская инженерия»,  
факультета математики, экономики и информатики  
Косьяненко Александра Сергеевича

Научный руководитель  
доцент кафедры ФиИТ \_\_\_\_\_ В.В.Иванова  
(подпись, дата)

Зав. кафедрой ФиИТ  
кандидат педагогических наук,  
доцент \_\_\_\_\_ Е.В.Сухорукова  
(подпись, дата)

**Балашов 2018**

## ВВЕДЕНИЕ

Спектрофотометр – прибор измерения зависимости коэффициента отражения или прохождения электромагнитного излучения оптического диапазона от длины волны. Спектрофотометр определяется количеством источников (одно – или двухлучевой спектрофотометр) и типом монохроматора – устройством для разложения исходного светового потока от источника с широким спектром, включающим весь рабочий диапазон прибора, на монохроматические составляющие определенной, в пределах точности прибора, длины волны. Например, сканирующий спектрофотометр для разложения исходного сигнала в спектр использует одну или несколько дифракционных решеток.

Область использования спектрофотометра очень широка. Специальный спектрофотометр используются в полиграфии и лакокрасочной промышленности. Военные, например, используют спектрофотометр для определения заметности военной формы в темное время суток, а производители солнцезащитных очков – для измерения ультрафиолета, проходящего через очки.

По результатам измерений, которые дает спектрофотометр, можно производить количественный или качественный анализ проб веществ, рассматривать кинетику химических реакций, исследовать процессы при различных заданных температурах. В фармацевтике спектрофотометр – совершенно необходимый прибор для входного и выходного контроля качества сырья и готовых фармацевтических препаратов, для количественного и качественного анализа на подлинность и определения фальсификаций лекарственных средств. При мониторинге окружающей среды спектрофотометр незаменим при выявлении наличия даже минимальных примесей, а в пищевой промышленности спектрофотометр используют для определения крепости спиртных напитков и спиртового сырья.

Одним из важных физических свойств является коэффициент рассеяния светового потока, который связан с такими физическими свойствами жидкости, как оптическая плотность и концентрация раствора. В свою очередь на изменение коэффициентов рассеяния светового потока серьезное влияние оказывает длина волны света.

Этим обосновывается **актуальность** темы выпускной квалификационной работы «Влияние настроечных параметров спектрофотометра «LEKI SS1104» на рассеяние света в лечебных растворах».

**Объектом исследований** являются сложные растворы, представляющие смесь двух и более компонентов, а **предметом** – оценка степени влияния длины волны светового излучения на коэффициенты рассеяния и оптическую плотность различных лечебных растворов.

**Цель работы:** проведение анализа оптических свойств лечебных жидкостей при воздействии на них светового излучения.

#### **Задачи:**

1. Рассмотреть сведения из теории растворов, изучающей вопросы растворимости различных компонентов в лечебных жидкостях.
2. Изучить методы анализа свойств жидкостей, включающие в себя способы, основанные на измерении коэффициентов рассеяния и оптической плотности жидких лекарственных сред.
3. Найти функции влияния длины волны на рассеивающую способность и оптическую плотность жидкостей.
4. Определить оптимальную область изменения длины волны, обеспечивающую наилучшие сочетания исследуемых параметров.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**В первой главе** рассматриваются физические характеристики лечебных жидкостей, к которым относятся: коэффициент поглощения, коэффициент пропускания, оптическая плотность, коэффициент рассеяния и коэффициент ослабления.

Коэффициент рассеяния – определяется как физическая величина не имеющая размера, описывающая способность тела разбрасывать падающее на него световое излучение. В качестве буквенного представления используется греческая буква  $\sigma$ .

Количественно коэффициент рассеяния равен отношению потока излучения  $\Phi$ , рассеянного телом к потоку  $\Phi_0$ , упавшему на тело:

$$\sigma = \frac{\Phi}{\Phi_0}. \quad (1)$$

В литературе иногда под термином «коэффициент рассеяния» понимают показатель рассеяния.

Приведенную выше формулу для  $\sigma$  можно преобразовать к виду:

$$\sigma = \frac{r}{\mu} \cdot (1 - 10^{-\mu l}). \quad (2)$$

где  $\mu$  и  $r$  – десятичные показатели рассеяния и ослабления соответственно.

**Вторая глава** посвящена изучению физических принципов спектрофотометрии, техническим средствам для количественных и качественных исследований, наиболее известным методам исследования физических свойств жидких растворов.

Установлено, что для количественного и качественного исследования свойств жидкостей используют оптические визуальные и фотометрические технические средства: колориметры, фотоколориметры, нефелометры, поляриметры, фотометры, спектрофотометры и др.

Среди рассмотренных приборов, используемых для анализа лекарственных растворов, широкое применение нашли спектрофотометры, позволяющие обнаруживать электромагнитную энергию.

**В третьей главе** приводится порядок проведения опыта по исследованию влияния длины волны светового излучения на коэффициенты рассеяния.

В плане выполнения исследования опыт проводился с тремя различными по физическому составу жидкостями – раствор фурацилина,

раствор марганцовокислого калия, настойка эвкалипта.

Значения коэффициентов рассеяния сначала были представлены в виде вариационного ряда, а затем в виде группированной выборки (табл.1).

Таблица 1 - Результаты измерения коэффициентов рассеяния различных жидкостей.

№ пп	Длина волны, нм	Раствор фурацилина	Раствор марганцовокислого калия	Настойка эвкалипта
1	350	0,9	0,5	4,3
2	400	0,9	0,6	5,3
3	450	17,8	1,4	17,4
4	500	56,3	11,8	33,5
5	550	66,5	25,5	36,3
6	600	78,3	36,5	45,3
7	650	83,2	59,7	49,9
8	700	85,3	66,4	66,3
9	750	86,1	66,5	81,1
10	800	86,1	69,3	82,3
11	850	85,7	61,3	88,2
12	900	81,9	55,3	89,2
13	950	72,1	46,3	91,1
14	1000	69,8	33,6	91,1

Дальнейшим этапом явилось получение функций, описывающих поведение коэффициентов поглощения в зависимости от длины волны.

Для получения моделей, описывающих влияние длины волны  $\lambda$  на изменение коэффициентов рассеяния в принятых пределах варьирования, к исследованию были взяты четыре функции.

$$Y_1 = a_0 + a_1 \cdot X \text{ – линейная,}$$

$$Y_2 = a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2 \text{ – квадратичная,}$$

$$Y_3 = a_0 \cdot e^{a_1 x} \text{ – экспоненциальная.}$$

В этих моделях  $a_0, a_1, a_2$  – искомые постоянные коэффициенты,

$Y$  – исследуемая величина (коэффициенты рассеяния), а  $X$  – влияющий

параметр (в нашем случае – длина волны  $\lambda$ ).

После проведения расчета коэффициентов моделей, искомые функции описывающие изменение коэффициентов поглощения раствора фурацелина были найдены в виде.

$$Y_1 = -14,494 + 11,363 \cdot X \text{ – линейная функция,}$$

$$Y_2 = -232,97 + 82,435 \cdot X - 5,2646 \cdot X^2 \text{ – квадратичная функция,}$$

$$Y_3 = 0,9511 \cdot e^{0,5409X} \text{ – экспоненциальная функция.}$$

Для определения, какая именно из полученных моделей наилучшим образом описывает изменение исследуемой величины, был проведен расчет по этим моделям значений коэффициентов рассеяния в зависимости от поставленных им в соответствие значений длины волны  $\lambda$  (табл. 2).

Таблица 2 – Расчет критерия Пирсона

№ пп	$X \cdot 10^2$	$Y$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$\frac{[Y - Y_1]^2}{Y_1}$	$\frac{[Y - Y_2]^2}{Y_2}$	$\frac{[Y - Y_3]^2}{Y_3}$
1	3,5	0,9	25,277	1,234	6,316	23,5085	0,0904	4,6438
2	4	0,9	30,958	1,234	8,277	29,1842	0,0904	6,5747
3	4,5	17,8	36,640	31,379	10,847	9,6870	5,8764	4,4565
4	5	56,3	42,321	47,590	14,216	4,6174	1,5941	124,5832
5	5,5	66,5	48,003	61,168	18,631	7,1279	0,4647	122,9936
6	6	78,3	53,684	72,114	24,417	11,2873	0,5306	118,9116
7	6,5	83,2	59,366	80,428	31,999	9,5693	0,0955	81,9240
8	7	85,3	65,047	86,110	41,937	6,3060	0,0076	44,8381
9	7,5	86,1	70,729	89,159	54,960	3,3407	0,1049	17,6431
10	8	86,1	76,410	89,576	72,029	1,2288	0,1349	2,7489
11	8,5	85,7	82,092	87,360	94,397	0,1586	0,0315	0,8014
12	9	81,9	87,773	82,512	123,713	0,3930	0,0045	14,1321
13	9,5	72,1	93,455	75,032	162,133	4,8795	0,1146	49,9952
14	10	69,8	99,136	64,920	212,483	8,6810	0,3668	95,8125
$\Sigma$						119,9692	9,5071	690,0587

По таблице критических точек распределения  $\chi^2$  [1] по уровню значимости  $\alpha = 0,05$  и числу степеней свободы  $k = n - 3 = 14 - 3 = 11$  находим критическую точку правосторонней критической области ( $\chi_{кр}^2 = 11,45$ ).

В нашем случае только квадратичная функция описывает поведение коэффициентов рассеяния наилучшим образом, так как для нее значение критерия Пирсона наименьшее ( $\chi^2 = 9,5071$ ).

Графическая иллюстрация для квадратичной модели приведена на рисунке 1.

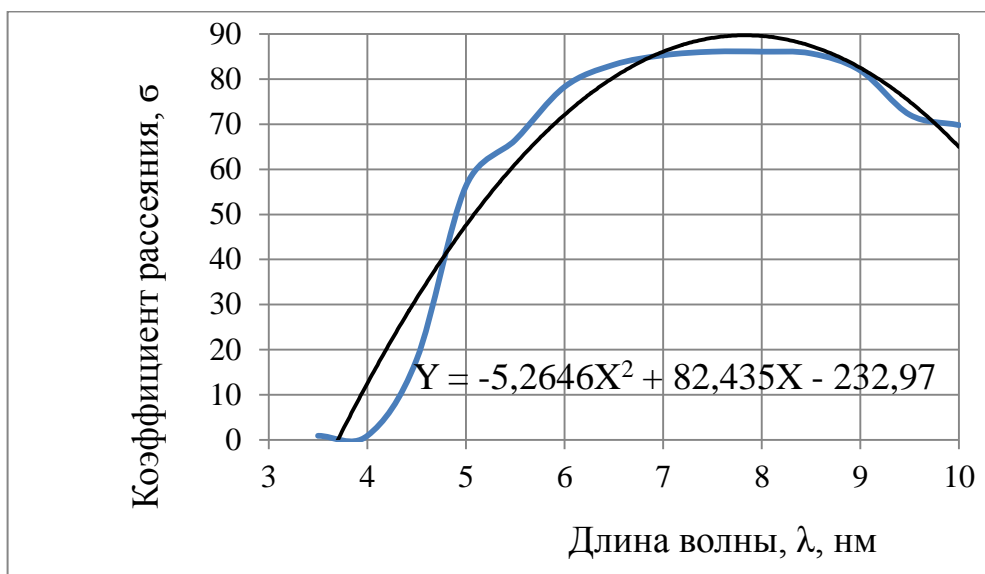


Рисунок 1 – Изменение коэффициентов рассеяния в зависимости от длины волны, аппроксимированное квадратичной моделью

По аналогии были найдены функции описывающие коэффициенты рассеяния в зависимости от длины волны для растворов марганцовокислого калия и эвкалипта.

Для раствора марганцовокислого калия.

$$Y_1 = -23,53 + 9,1442 \cdot X \text{ – линейная функция,}$$

$$Y_2 = -190,56 + 63,478 \cdot X - 4,0247 \cdot X^2 \text{ – квадратичная функция,}$$

$$Y_3 = 0,1887 \cdot e^{0,6771X} \text{ – экспоненциальная функция.}$$

Для раствора эвкалипта.

$$Y_1 = -28,635 + 11,902 \cdot X \text{ – линейная функция,}$$

$$Y_2 = -173,44 + 59,007 \cdot X - 3,4893 \cdot X^2 \text{ – квадратичная функция,}$$

$$Y_3 = 2,97 \cdot e^{0,3764X} \text{ – экспоненциальная функция.}$$

Исследования поведения оптической плотности среды  $D$  проводились в строгой последовательности, приведенной для коэффициентов рассеяния.

Функции влияния длины волны  $\lambda$  имели вид.

Для раствора фурацилина.

$Y_1 = 1,0946 + 0,1014 \cdot X$  – линейная функция,

$Y_2 = -1,1317 + 0,8256 \cdot X - 0,0536 \cdot X^2$  – квадратичная функция,

$Y_3 = 1,1219 \cdot e^{0,0659X}$  – экспоненциальная функция.

Для раствора марганцовокислого калия.

$Y_1 = -0,31 + 0,247 \cdot X$  – линейная функция,

$Y_2 = -3,216 + 1,1924 \cdot X - 0,07 \cdot X^2$  – квадратичная функция,

$Y_3 = 0,0802 \cdot e^{0,3682X}$  – экспоненциальная функция.

Для раствора эвкалипта.

$Y_1 = 0,3885 + 0,1808 \cdot X$  – линейная функция,

$Y_2 = -1,2343 + 0,7088 \cdot X - 0,0391 \cdot X^2$  – квадратичная функция,

$Y_3 = 0,6469 \cdot e^{0,1288X}$  – экспоненциальная функция.

Для поиска оптимальных пределов изменения значений длины волны использовались известные методы математического анализа и в частности – исследование функции на экстремум, позволяющее с определенной долей точности вычислить оптимальные пределы изменения функции.

В основу расчета был положен метод вычисления кривизны кривой функции, продолжением которого является нахождение тех границ, в рамках которых исследуемая функция имеет максимальную кривизну. Границы, отделяющие этот участок от приближенной линейности, являются пределами активного роста функции и представляют собой определенный оптимум ее изменения.

Кривизна кривой вычислялась по известной формуле.

$$K = \frac{|Y''|}{[1 + (Y')^2]^{1,5}} \quad (3)$$



где  $Y'$  – первая производная от исследуемой функции;

$Y''$  – вторая производная от исследуемой функции.

С учетом этого, для квадратичной модели, описывающего влияние длины волны на коэффициенты рассеяния раствора фурацилина, искомые функции имели вид.

$$\left. \begin{aligned} Y_2 &= -232,97 + 82,435 \cdot X - 5,2646 \cdot X^2 \\ Y_2' &= 82,435 - 10,5292 \cdot X \\ Y_2'' &= -10,5292 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Для определения границ оптимальной области изменения длины волны  $\lambda$ , строились две функции изменения кривизны кривой: квадратичная и полином третьей степени с целью определения точек пересечения с эмпирической кривой.

Графическая иллюстрация для полинома третьей степени приведена на рисунке 2.

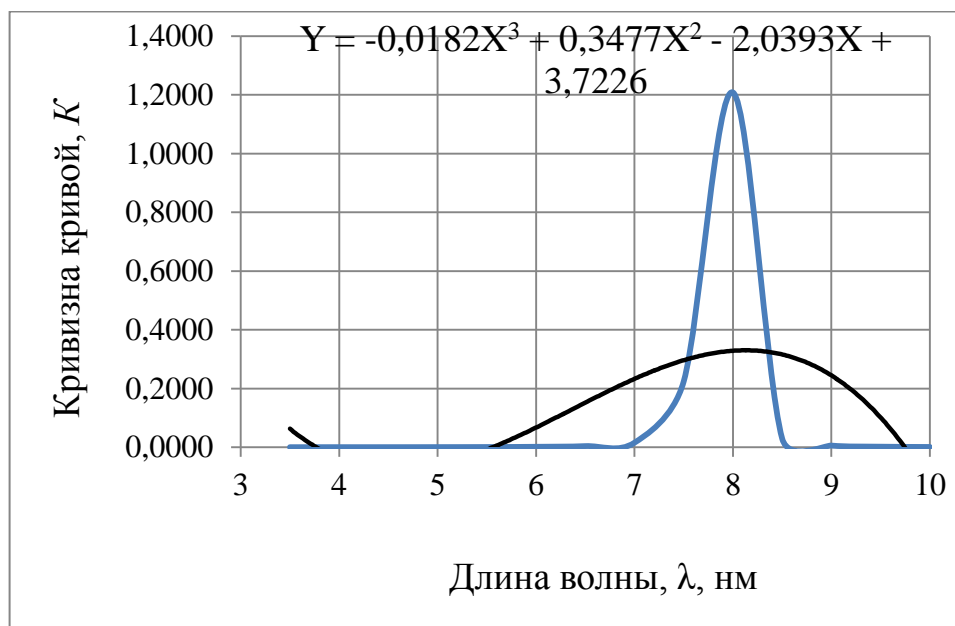


Рисунок 2 – Аппроксимация кривизны кривой полиномом третьей степени

Анализ графических иллюстраций позволяет установить, что для коэффициентов рассеяния раствора фурацилина точки пересечения квадратичной функции принадлежат значениям длины волны

$X_{MIN} = 7,54 \cdot 10^2$  нм и  $X_{MAX} = 8,55 \cdot 10^2$  нм . а полинома третьей степени –  
 $X_{MIN} = 7,62 \cdot 10^2$  нм и  $X_{MAX} = 8,45 \cdot 10^2$  нм .

Как видно, эти значения достаточно близки друг к другу, поэтому, применяя усреднение этих значений, нетрудно установить границы оптимальной области изменения длины волны светового излучения  $\lambda_{MIN} = 7,52 \cdot 10^2$  нм и  $\lambda_{MAX} = 8,5 \cdot 10^2$  нм .

Аналогичным образом проводились исследования влияния длины волны  $\lambda$  на коэффициенты рассеяния раствора марганцовокислого калия и настойки эвкалипта, а также на оптическую плотность принятых к исследованию жидкостей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной работы была достигнута основная цель, а именно проведен анализ по качественному анализу физических свойств лечебных жидкостей при воздействии на них светового излучения.

Выполнены поставленные задачи:

- Рассмотрены сведения из теории растворов. изучающие вопросы растворимости различных компонентов в лечебных жидкостях.
- Изучены методы анализа свойств жидкостей, включающие в себя способы, основанные на измерении коэффициентов рассеяния и оптической плотности жидких лекарственных сред.
- Найдены функции влияния длины волны на рассеивающую способность и оптическую плотность жидкостей.
- Определена оптимальная область изменения длины волны, обеспечивающая наилучшие сочетания исследуемых параметров.

Работа будет полезна студентам, обучающимся по направлению «Биотехнические системы и технологии» и медицинским работникам.