

**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**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ САХАРИМЕТР «СУ – 3» КАК СРЕДСТВО ДЛЯ  
АНАЛИЗА КОНЦЕНТРАЦИИ САХАРА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ  
ЛЕЧЕБНЫХ СИРОПОВ**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студентки 4 курса 143 группы  
направления подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»,  
профиля «Биомедицинская инженерия»,  
факультета математики, экономики и информатики  
Малык Оксаны Алексеевны

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

Известно, что раствор – это смесь, состоящая из частиц растворённого вещества, растворителя и продуктов их взаимодействия.

Одним из важных его физических свойств является концентрация растворенных в жидкости различных веществ.

Сложным раствором называется смесь, состоящая из двух и более компонентов.

Зная концентрацию растворенных в жидкости веществ можно спрогнозировать поведение смеси при взаимодействии с живым организмом.

Этим обосновывается актуальность темы выпускной квалификационной работы «Лабораторный сахариметр «СУ – 3» как средство для анализа концентрации сахара в водных растворах лечебных сиропов»

**Объектом исследований** являются сложные растворы, представляющие смесь двух и более компонентов, а **предметом** – качественное определение массовой концентрации растворенных в них веществ.

**Цель работы:** определение массовой концентрации сахара в водных растворах лечебных сиропов.

### **Задачи:**

1. Рассмотреть сведения из теории растворов, изучающей вопросы растворимости газов и твердых тел в жидкостях, учитывающие различные свойства наиболее изученных растворов.
2. Изучить методы анализа концентрации различных веществ в жидких растворах, включающие в себя методы, основанные на измерении свойств растворителя, одновременном учете свойств компонентов раствора и на измерении свойства образующегося соединения.

3. Найти функции влияния дольной концентрации водных растворов сиропов на угол поворота плоскости поляризации, и массовую концентрацию принятых к исследованию водных растворов лечебных сиропов.
4. Вычислить разброс значений углов поворота плоскости поляризации и весовой концентрации исследуемых водных растворов, и построить оптимальные области изменения дольных концентраций водных растворов.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**В первой главе** рассматриваются краткие сведения из теории растворов, изучающей вопросы растворимости газов и твердых тел в жидкостях, учитывающие различные свойства наиболее изученных растворов. Определяется, что растворы – это однородная многокомпонентная система, состоящая из растворителя, растворённых веществ и продуктов их взаимодействия.

Изучены основные законы растворения веществ и свойства разбавленных растворов, рассмотрена растворимость газов и твердых веществ в жидкостях, коллигативные свойства разбавленных растворов неэлектролитов и растворов в случае диссоциации.

Рассмотрен процесс растворения, классификация растворов, способы выражения состава растворов, зависимость растворимости от температуры, теплота растворения и разбавления.

**Вторая глава** посвящена изучению методов анализа концентрации различных веществ в жидких растворах, включающих в себя методы, основанные на измерении свойств растворителя, одновременном учете свойств компонентов раствора и на измерении свойства образующегося соединения. Характерными примерами таких свойств являются оптическая плотность, электрическая проводимость, теплота смешения.

Методы, основанные на одновременном учете свойств компонентов раствора предполагает сопоставление экспериментальных изотерм изучаемого

свойства с изотермой, отвечающей раствору А и В в S соответствующей аналитической концентрации, и до того как они вступили во взаимодействие.

К рассматриваемой группе методов ФХА в растворителе относится метод, основанный на расчете парциальных молярных свойств. Теория метода связывает величину свойства равновесной смеси с величинами свойств и истинными молярными долями всех ассоциативных форм компонентов и продуктов взаимодействия между ними.

Обоснованием криометрического метода ФХА, как и криометрии является вытекающее из общей термодинамики фазовых равновесий положение температуры замерзания раствора, в котором растворенные вещества вступают в химическое взаимодействие, меньше температуры замерзания раствора, рассчитанной в предположении отсутствия взаимодействия.

Из недостатков криометрии можно отметить принципиальную невозможность осуществления неизотермического эксперимента. Этот недостаток особенно сильно сказывается, когда криометрический эксперимент осуществляется путем измерения понижения температуры замерзания при последовательном изменении концентрации растворенных веществ (например, при криометрическом титровании).

Методы анализа, основанные на измерении скорости реакции и использовании ее величины для определения концентрации, объединяются под общим названием кинетических методов анализа.

Кинетические методы анализа могут применяться как для определения сравнительно больших концентраций, так и для определения очень малых концентраций различных веществ.

**В третьей главе** приводится порядок проведения опыта по исследованию поведения углов поворота плоскости поляризации и массовой концентрации растворов лечебных сиропов.

На первом этапе исследований производилось вычисление величины удельного вращения раствора сахара.

Перед опытом сахариметр настраивался, и проводилась регулировка с целью установки его на ноль.

В нашем случае угол  $\varphi_0$  составил значение  $\varphi_0 = 1,65^0$ .

В кювету устанавливалась трубка известной длины  $l = 95$  мм с водным раствором сахара рекомендуемой концентрации ( $C = 280 \text{ кг} / \text{м}^3$ ) и вращением анализатора добивались равенства яркостей частей поля зрения. При этом измерялся угол вращения плоскости поляризации раствором.

В нашем случае он составил значение  $\varphi_1 = 18,4^0$ .

Вычислялся угол поворота плоскости поляризации

$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_0 \quad (2)$$

В нашем случае он составил значение  $\varphi = 16,75^0$ .

Далее по формуле  $[\alpha] = \frac{\varphi}{Cl}$  вычислялась величина удельного вращения раствора сахара, которая в рассматриваемом случае составила значение

$$[\alpha] = 0,72 \frac{\text{град} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}}.$$

В плане выполнения исследования опыт проводился с тремя различными по физическому составу жидкостями – растворами в воде лечебных сиропов «Гербион», «Бронхобос» и «Доктор МОМ».

Используя исходные данные и придерживаясь методики, опыт проводился со всеми тремя жидкими растворами в следующей последовательности.

Для исследований концентрации рассматриваемого сиропа были взяты его дольные значения концентрации от целой доли растворителя (табл. 1).

Расчет концентрации проводился в следующей последовательности.

В трубку принятой длины ( $l = 95$  мм) наливался водный раствор сиропа в соответствии с принятыми дольными значениями концентрации ( $m/M=0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8$ ) от целой части растворителя.

По лимбу и нониусу заново производился отсчет положения анализатора, который составил ряд значений угла  $\varphi_2$  поворота плоскости анализатора.

Используя выражение  $\varphi = \varphi_2 - \varphi_0$ , вычислялся угол поворота плоскости поляризации водного раствора сиропа исследуемой концентрации.

Для вычислений искомой концентрации в исследуемом растворе использовалась формула.

$$C_{\text{НЕИЗВ}} = \frac{\varphi}{[\alpha] \cdot l}$$

Вычисления повторялись семь раз для каждого долевого значения концентрации.

Результаты расчета для раствора сиропа «Гербион» сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчет угла поворота плоскости поляризатора, и концентрации сиропа «Гербион» в растворителе

$m/M$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$\varphi_2$	16	18	21	23	28	31	35
$\varphi = \varphi_2 - \varphi_0$							
$\varphi$	14,35	16,35	19,35	21,35	26,35	29,35	33,35
$C_{\text{НЕИЗВ}} = \frac{\varphi}{[\alpha] \cdot l}$							
$C_{\text{НЕИЗВ}}$	209,795	239,035	282,895	292,895	385,234	429,094	487,573

Дальнейшим этапом явилось получение функций, описывающих поведение угла поворота плоскости поляризации, и концентрации водного раствора сиропа «Гербион» в зависимости от дольных значений его концентрации.

Искомые функции были найдены в виде.

Для угла поворота:

$Y_1 = 10,85 + 13,095 \cdot X + 19,048 \cdot X^2$  – квадратичная функция,

$Y_2 = 10,756 \cdot e^{1,4317}$  – экспоненциальная функция,

$Y_3 = 35,77 \cdot X^{0,6167}$  – степенная функция.

Для массовой концентрации водного раствора:

$Y_1 = 175,12 + 99,838 \cdot X + 370,09 \cdot X^2$  – квадратичная функция,

$Y_2 = 155,83 \cdot e^{1,4317}$  – экспоненциальная функция,

$Y_3 = 516,54 \cdot X^{0,6126}$  – степенная функция.

Из вычислений видно, что все модели демонстрируют хорошую сходимость результатов, однако для квадратичных функций значения критериев Пирсона ( $\chi^2 = 0,0592$ ) и ( $\chi^2 = 3,0267$ ) наименьшие, а это означает, что эти модели описывают поведение углов поворота и массовой концентрации наилучшим образом.

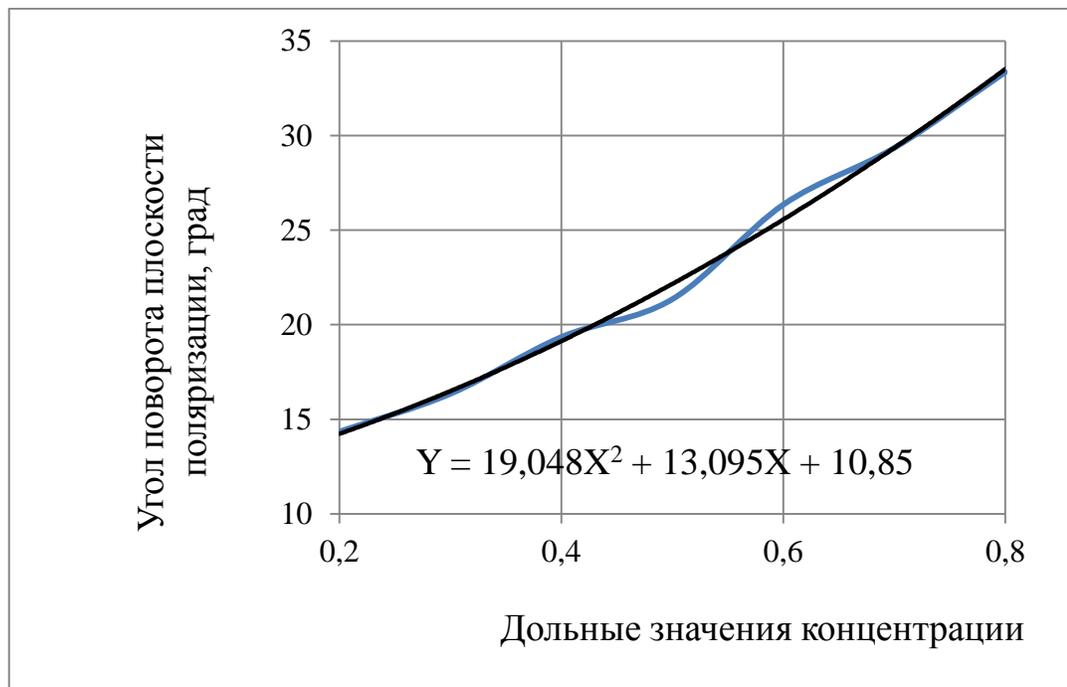


Рисунок 1 – Влияние дольной концентрации на угол поворота плоскости поляризации, аппроксимированное квадратичной моделью

Окончательным этапом исследований было отыскание оптимальных границ изменения дольных значений концентрации водных растворов лечебных сиропов.

Поиск включал в себя отыскание таких границ дольных концентраций, при которых плотность распределения исследуемых величин является максимальной.

Вначале находились отклонения, вычисленные по полученным ранее функциям.

$\Delta Y_1 = Y - Y_1$  – отклонение, вычисленное по квадратичной модели;

$\Delta Y_2 = Y - Y_2$  – отклонение, вычисленное по экспоненциальной модели;

$\Delta Y_3 = Y - Y_3$  – отклонение, вычисленное по степенной модели.

Дальнейшим этапом было вычисление эмпирических частот

$$W = \frac{\Delta Y}{N},$$

где  $N = 7$  – число наблюдений.

После этого вычислялось математическое ожидание случайной величины

$$M(X) = \sum_{i=1}^7 W_i \cdot X_i,$$

где  $X_i$  – значения дольных концентраций.

Затем определялось математическое ожидание квадрата случайной величины

$$M(X^2) = \sum_{i=1}^{16} W_i \cdot X_i^2.$$

Зная  $M(X)$  и  $M(X^2)$ , была найдена дисперсия

$$D(X) = M(X^2) - [M(X)]^2$$

и среднее квадратичное отклонение

$$\sigma(X) = \sqrt{D(X)}$$

После этого вычислялась функция нормального закона распределения случайной величины, представляющая собой плотность вероятностей.

$$f(X) = P = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-[X-M(X)]^2/(2\sigma^2)}$$

Графическая иллюстрация теоретической функции распределения угла поворота плоскости поляризации приведена на рисунке 2.

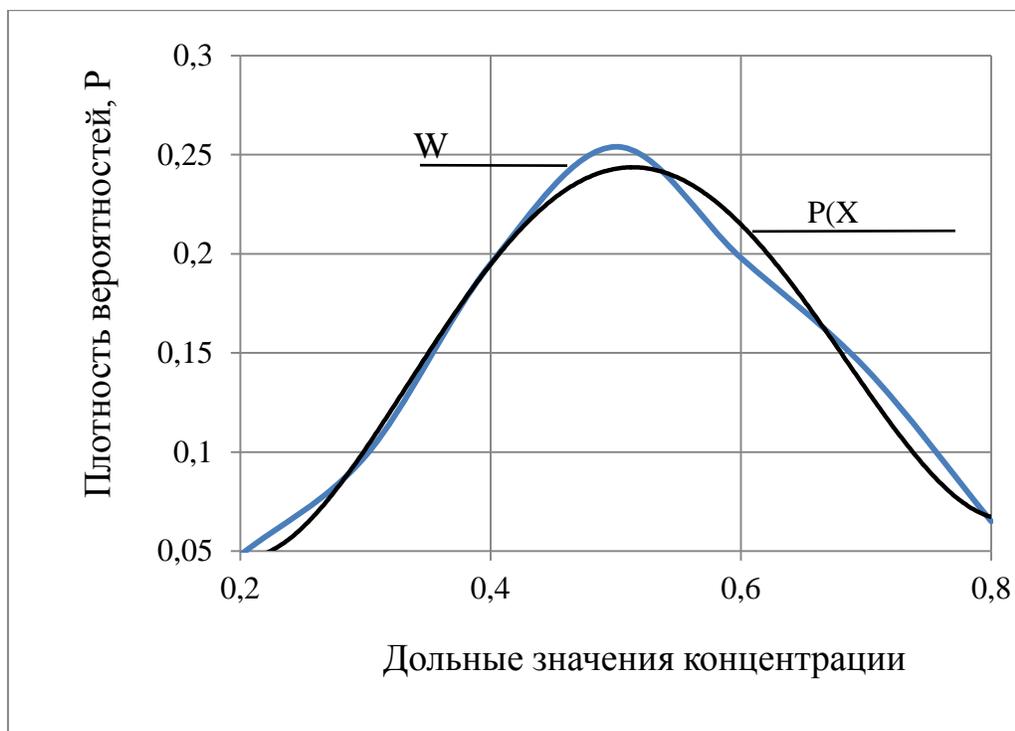


Рисунок 2 – Распределение для квадратичной модели

Анализ графических иллюстраций для построенных функций и расчетных данных позволяет установить, что наибольшая плотность вероятностей 0,24 – 0,25 частей от полной вероятности по всем моделям соответствует интервалу значений дольной концентрации раствора 0,36 – 0,72 от единицы растворителя.

По аналогии были проведены исследования с двумя другими лечебными жидкостями – растворами сиропов «Гербион» и «Доктор МОМ».

Отыскание оптимальных границ изменения длин волн при исследовании правого глаза проводились в строгой последовательности, определенной для левого глаза.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В работе достигнута поставленная цель – проведение опыта по качественному анализу при определении массовой концентрации водных растворов лечебных сиропов.

Выполнены следующие задачи:

1. Рассмотрены сведения из теории растворов, изучающей вопросы растворимости газов и твердых тел в жидкостях, учитывающие различные свойства наиболее изученных растворов.
2. Изучены методы анализа концентрации различных веществ в жидких растворах, включающие в себя методы, основанные на измерении свойств растворителя, одновременном учете свойств компонентов раствора и на измерении свойства образующегося соединения.
3. Найдены функции влияния дольной концентрации водных растворов сиропов на угол поворота плоскости поляризации, и массовую концентрацию принятых к исследованию водных растворов лечебных сиропов.
4. Проведена оптимизация и найдены оптимальные области изменения дольных концентраций водных растворов.

Данная ВКР будет полезна преподавателям и студентам, обучающимся по направлению «Биотехнические системы и комплексы», медицинским работникам, реализующим свою деятельность в области анализа жидких лечебных сред.