

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

**ОРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ В  
РАСТВОРАХ С ПОМОЩЬЮ СПЕКТРОФОТОМЕТРА «LEKI SS 1104»**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студента 4 курса 143 группы  
направления подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы  
и технологии», профиля «Биомедицинская инженерия»,  
факультет математики, экономики и информатики  
Сомова Никиты Валерьевича

Научный руководитель  
доцент кафедры ФиИТ,  
кандидат физико-математических наук \_\_\_\_\_ А.Н.Сорокин  
(подпись, дата)

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

**Балашов 2016**

## ВВЕДЕНИЕ

Для установления чистоты лекарственных веществ используют различные физические, физико–химические, химические методы анализа или их сочетание.

К физическим и физико–химическим методам относятся: определение температур плавления и затвердевания; определение плотности, показателей преломления (рефрактометрия), оптического вращения (поляриметрия); спектрофотометрия; фотоколориметрия, эмиссионная и атомно–абсорбционная спектрометрия, флуориметрия, спектроскопия ядерного магнитного резонанса, масс–спектрометрия; хроматография – адсорбционная, распределительная, ионообменная, газовая, высокоэффективная жидкостная; электрофорез (фронтальный, зональный, капиллярный); электрометрические методы (потенциометрическое определение рН, потенциометрическое титрование, амперометрическое титрование, вольтамперометрия).

Спектрофотометрия – физико–химический метод исследования растворов и твёрдых веществ, основанный на изучении спектров поглощения в ультрафиолетовой (200–400 нм), видимой (400–760 нм) и инфракрасной (>760 нм) областях спектра. Основная зависимость, изучаемая в спектрофотометрии – зависимость интенсивности поглощения падающего света от длины волны.

Спектрофотометрия широко применяется при изучении строения и состава различных соединений (комплексов, красителей, аналитических реагентов и др.), для качественного и количественного определения веществ (определения следов элементов в металлах, сплавах, технических объектах, лекарственных препаратах).

Этим обосновывается актуальность работы.

**Цель работы:** определить количество взвешенных частиц в воде с помощью спектрофотометра.

### **Задачи исследования:**

1. Изучить физические принципы спектрофотометрии;
2. Изучить последние достижения в области спектрофотометрии;
3. Рассмотреть спектрофотометр «LEKI SS 1104»;
4. Определить количество взвешенных частиц в воде разного происхождения с помощью спектрофотометра.

При работе над ВКР использовались следующие методы исследования: теоретический (сравнительный анализ), моделирование и эмпирический (эксперимент).

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В первой главе работы были рассмотрены физические принципы спектрофотометрии.

К техническим средствам для количественного и качественного исследования относят оптические визуальные и фотометрические приборы для регистрации колориметрических, поляриметрических и других световых характеристик различных растворов, суспензий и эмульсий: колориметры, фотоколориметры, нефелометры, поляриметры, фотометры, спектрофотометры и др. Колориметры служат для определения светопоглощения в различных участках светового спектра. Визуальные колориметры позволяют исследователю сравнить проходящий через исследуемый объект световой поток с эталоном в определенном световом диапазоне; подбирая наиболее близкий по окраске эталон, определяют концентрацию данного вещества в пробе. Современные колориметрические приборы (фотометры, спектрофотометры) принципиально устроены так же, но в них световой поток, проходя через исследуемый раствор, улавливается не визуально, а фоточувствительным элементом, в котором возникшая электродвижущая сила прямо пропорциональна силе светового потока. По заранее построенному графику зависимости светопоглощения от концентрации исследуемого вещества определяют его содержание в

исследуемой пробе. Для выделения необходимого участка светового диапазона в фотоколориметрах используют светофильтры, в спектрофотометрах с целью более строгого определения участков светового диапазона применяют, кроме того, монохроматоры, выделяющие очень узкий участок спектра. Эти методы основываются на том, что различные вещества имеют максимум светопоглощения в определенных участках спектра. Применение спектрофотометров, где более строго выделена опорная длина волны, обеспечивает возможность работы в ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра, что значительно расширило возможности фотометрических методик. Наибольшее распространение в медицинской практике получили фотоэлектроколориметры, фотоэлектроколориметры–нефелометры, микроколориметры. Фотоколориметры в качестве измерительных приборов встраивают в биохимические автоанализаторы, которые обеспечивают определение многих показателей в автоматическом режиме.

Задачей абсорбционной спектрометрии является определение того, в какой степени образец пропускает свет определенной длины волны  $\lambda$ . В этом контексте "свет" определяется как энергия спектрального излучения  $\Phi_e(\lambda)$  ( $\text{Вт}\cdot\text{нм}^{-1}$ ) или как плотность потока излучения на единицу поверхности ( $\text{Е}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ ). Для упрощения и без применения специфических единиц измерения света обозначим интенсивность падающего света в точке  $x=0$  как  $I_0$ , а интенсивность в точке  $x$  – как  $I$ . Бугер в 1729 г. и Ламберт в 1760 г. установили, что ослабление света, проходящего через прозрачную среду, пропорционально интенсивности света  $I$  и толщине исследуемого образца  $dx$  (закон Бугера – Ламберта):

$$dI \sim I \times dx$$

Введя коэффициент поглощения (экстинкции)  $a(\lambda)$ , получим:

$$dI = a(\lambda) \cdot I \cdot dx$$

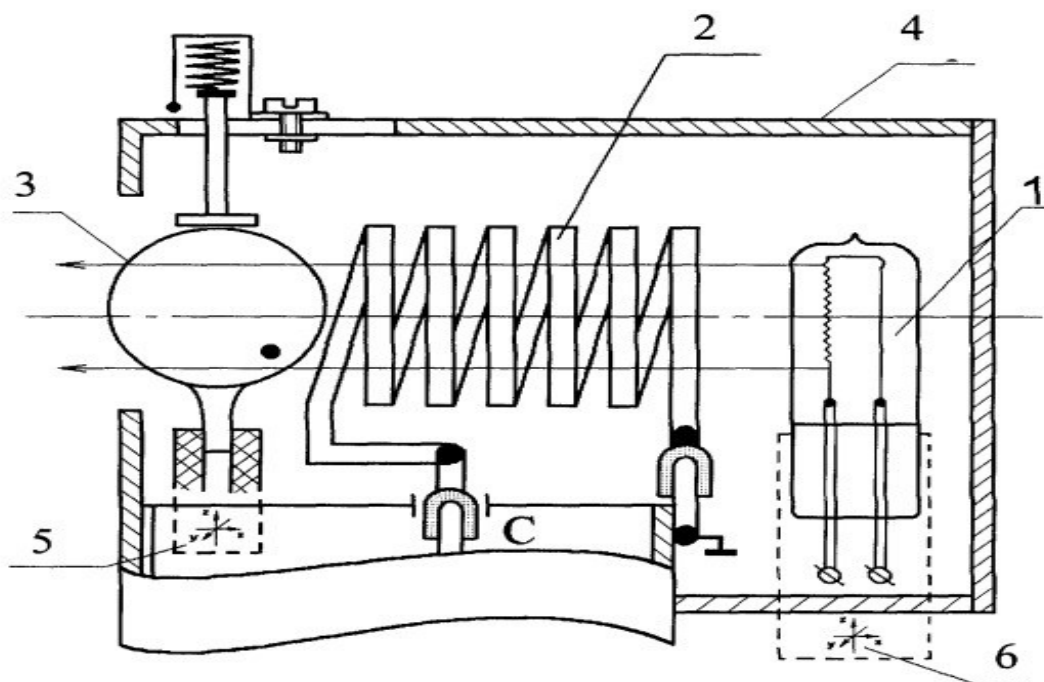
Закон Бугера – Ламберта применим только при особых условиях, которые не всегда выполняются, в особенности при исследовании

биологических образцов, таких как белки или различные суспензии.

Условия, при которых выполняется закон Бугера – Ламберта:

- падающий свет должен быть монохроматическим и коллимированным (параллельным);
- исследуемые молекулы должны быть диспергированы до молекулярного, т.е. гомогенного уровня, они не должны рассеивать свет и взаимодействовать друг с другом;
- рассеяние и отражение от поверхности образца подобно поглощению также уменьшают интенсивность света, поэтому они также должны быть исключены.

Во второй главе работы были рассмотрены последние достижения в области спектрофотометрии, а именно источник излучения для спектрофотометра, спектрофотометр, устройство для спектрофотометрирования жидких образцов.

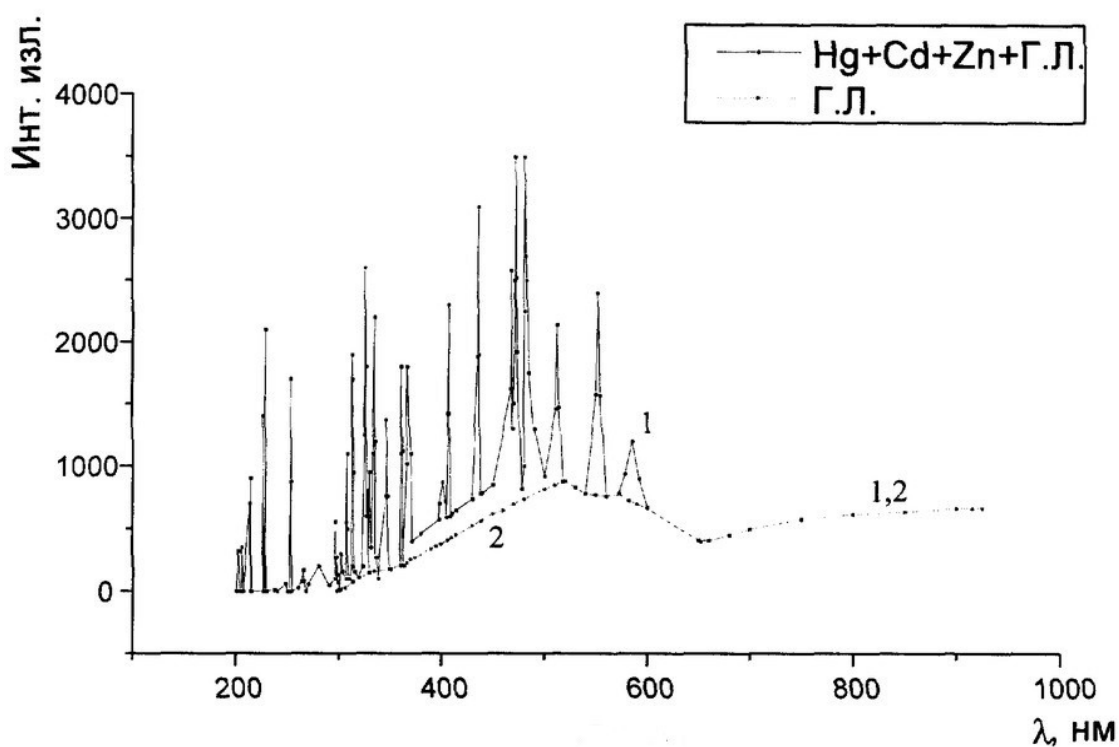


1 – галогенная лампа; 2 – фокусирующая линза; 3 – дейтериевая лампа;  
4 – сквозное окно; 5 – анод с отверстием; 6 – экранный электрод.

Рисунок 4 – Излучатель для спектрофотометра.

В настоящее время в спектрофотометрах для расширения спектрального диапазона от 190 нм до 1100 нм, как правило, применяют два

сменных излучателя. На область спектрального диапазона от 190 нм до 400 нм применяют дейтериевый излучатель типа ДДС–30, а на область спектрального диапазона от 400 нм до 1100 нм применяют лампу накаливания в стеклянном либо кварцевом баллоне, при этом в процессе работы на спектрофотометре излучатели переставляют либо вручную, либо в автоматическом режиме в зависимости от конструкции спектрофотометра.



1 – Излучение на галогенной лампе накаливания с безэлектродной лампой; 2 – излучение на галогенной лампе накаливания без второй безэлектродной лампы.

Рисунок 5 – Спектры излучения

Источник излучения (рисунок 4) состоит из галогенной лампы накаливания 1 в кварцевом баллоне, высокочастотного индуктора 2 и прозрачной безэлектродной лампы 3 ртутно–кадмиево–цинкового (Hg+Cd+Zn) наполнения или комбинации из любой пары, представляющей собой кварцевый баллон, начальное давление в котором составляет порядка 1 мм рт.ст. за счет добавления при их изготовлении аргона (Ar) или ксенона (Xe). В рабочем (разрядном) состоянии давление внутри баллона может

достигать порядка 2 атм. Система названных элементов помещена в электростатический экран 4.

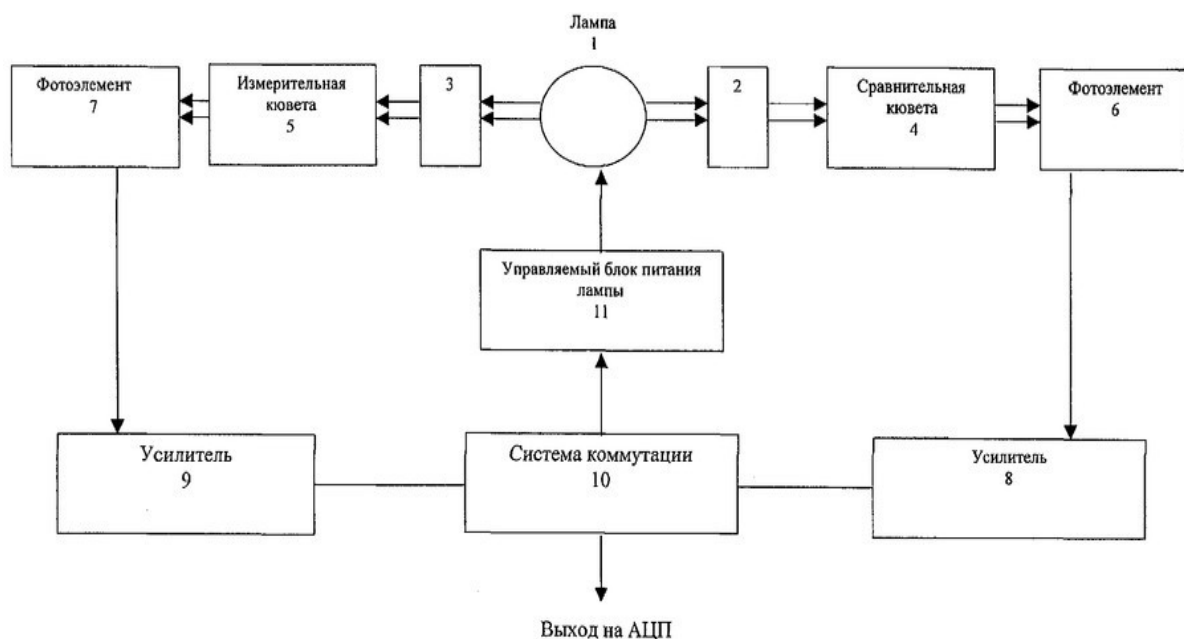


Рисунок 6 – Схема устройства спектрофотометра

Оптическая схема предлагаемого спектрофотометра представлена на чертеже (рисунок 6). Спектрофотометр содержит источник света (лампу) 1, два зональных светофильтра 2, 3, две кюветы: сравнительную 4 и измерительную 5, два фотоэлемента 6, 7, два усилителя 8, 9, систему коммутации 10 и управляемый блок питания лампы 11.

В третьей, заключительной главе, было определено количество взвешенных частиц в растворах разного происхождения.

В течение дня мы видим синий цвет неба, а красный цвет вечером в результате захода солнца, от рассеяния света малыми частицами пыли, молекул воды и других газов в атмосфере. Эффективность рассеяния фотона зависит от его длины волны. Мы видим, небо синим цветом в течение дня, потому что фиолетовый и синий свет разброшен в большей степени, чем другие, более длинные длины волны света. По той же причине, солнце становится красное на закате, потому что красный свет менее эффективно рассеивается, чем другие длины волны света. Если мы посылаем сфокусированный, монохроматический пучок излучения с длиной волны через среду частиц с размерами  $<1.5\lambda$ , излучение рассеивается во всех

направлениях. Например, видимое излучение 500 нм рассеивается частицами такого размера, как 750 нм в самом длинном измерении. При упругом рассеянии излучение сначала поглощается частицами, а затем излучается без прохождения изменения энергии излучения. Когда излучение возникает при изменении энергии, рассеяние называется неэластичным. Рассмотрим упругое рассеяние. Упругое рассеяние делится на два типа: Рэлея или рассеяния малых частиц и рассеяния крупных частиц. Рэлеевское рассеяние происходит тогда, когда наибольший размер рассеивающей частицы составляет менее 5% от длины волны излучения. Интенсивность рассеянного излучения пропорциональна его частоте в четвертой степени. Для более крупных частиц, рассеивание возрастает в прямом направлении, и уменьшается в обратном направлении, в результате конструктивных и деструктивных помех.

В турбодиметрии, измеренный коэффициент пропускания,  $T$ , является отношением интенсивности источника излучения, прошедшего через образец,  $I$ , к интенсивности источника излучения, пропускаемого через пустоту,  $I_0$ .

$$T = \frac{I}{I_0}$$

Соотношение между коэффициентом и концентрацией (закон Бера):  $-\log T = kbC$  (1), где  $C$  – является концентрация рассеивающих частиц в массе на единицу объема (вес / объем),  $b$  – является длина пути,  $k$  – это константа, которая зависит от нескольких факторов, включая размер и форму рассеивающих частиц и длины волны излучения источника.

Как и с законом Бера, уравнение (1) может показать заметные отклонения от линейности. Точная связь устанавливается с помощью калибровочной кривой, полученной с использованием серии стандартов, содержащих известные концентрации анализируемого вещества.

Определение концентрации по нефелометрии.



В нефелометрии взаимосвязь между интенсивностью рассеянного излучения,  $I_s$ , и концентрация рассеивающих частиц выглядит так

$$I_s = K_s I C \quad (2),$$

где  $K_s$  – эмпирическая константа для системы,  $I$  – интенсивность источника излучения.

Значение  $K_s$  определяется из калибровочной кривой, полученной с использованием серии стандартов, содержащих известные концентрации анализируемого вещества.

Для проведения опыта были взяты следующие жидкости: дистиллированная вода, вода из р.Хопер и водопроводная вода.

Придерживаясь рекомендации по работе с спектрофотометром «LEKI SS 1104», а так же сведений о составе воды, был подготовлен опыт по определению количества взвешенных частиц. На первом этапе наполняем 3 из 4 кювет водой. Первую кювету оставляем пустой для калибровки спектрофотометра. Заполняем остальные кюветы водой в следующем порядке: дистиллированная вода, вода из реки Хопер, водопроводная вода из крана. Исследовав пробы воды с помощью спектрофотометра, мы получаем следующую таблицу.

В таблице Т-пропускание оптического излучения исследуемого образца.

Изучив полученные данные, можно дать характеристику каждой из проб. Первая пустая кювета, использовалась для калибровки. Вторая кювета дистиллированная вода. Как мы видим, при увеличении длины волны, пропускание уменьшается. Третья кювета речная вода. При увеличении длины волны, пропускание сначала увеличивается, а потом резко уменьшается. Вода имела мутный оттенок, на дне сосуда был осадок. Это не удивительно, ведь в речной воде много различных примесей, песок, ил и т.д. Четвертая, она же последняя, кювета содержит водопроводную воду. Эта вода, тоже не чистая, т.к. в ней содержится песок, ржавчина водопроводных труб и т.д.

Таблица 1 – Количество взвешенных частиц

$\lambda_{\text{нм}}$	T (Пустой кювет)	T (Дистиллированная вода)	T (Речная вода)	T (Водопроводная вода)
340	100	98.3	100.5	107.4
360	100	108.6	105.5	112.3
380	100	109	104.5	114.4
400	100	104.6	104.1	112.5
420	100	105.7	106.1	114.5
440	100	106.6	106.7	115.1
460	100	106.7	107.1	114.6
480	100	106.5	107.1	113.9
500	100	106	105.6	113.8
520	100	106.8	107.4	114.3
540	100	106.7	107.7	114.1
560	100	106.5	107.6	113.5
580	100	106.6	107.6	113.1
600	100	106	107.3	112.4
620	100	106	107.1	112.1
640	100	106	107.1	111.9
660	100	106.1	107.2	111.9
680	100	106.1	107.1	111.9
700	100	105.9	106.9	111.6
720	100	105.2	106.1	110.7
740	100	103.5	104.6	108.9
760	100	103.4	104.4	108.6
780	100	103.5	104.7	108.7
800	100	103.8	105	108.9
820	100	103.7	104.9	108.6
840	100	102	103.1	106.7
860	100	101.4	102.4	106
880	100	100.6	101.6	105.1
900	100	99.4	100.4	103.9
920	100	97.4	98.4	101.7
940	100	88	88.3	91.8
960	100	69	69.5	71.8
980	100	65.6	66.1	68.3
1000	100	70.6	71.1	73.5

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Поставленная цель выпускной квалификационной работы была достигнута, а именно измерены спектральные характеристики из которых можно определить количество взвешенных частиц в растворах с помощью спектрофотометра «LEKI SS1104». В ходе написания выпускной квалификационной работы, поставленные задачи были решены, а именно:

1. Изучены физические принципы спектрофотометрии;
2. Изучены последние достижения в области спектрофотометрии;
3. Рассмотрено устройство спектрофотометра «LEKI SS 1104»;
4. Определено количество взвешенных частиц в растворах разного происхождения с помощью спектрофотометра.

Все результаты опыта были получены с помощью спектрофотометра и внесены в таблицу.

На заключительном этапе эксперимента, был проведен сравнительный анализ трех растворов разного происхождения. На его основании можно сделать вывод о качестве воды в г.Балашове.

Данная работа будет полезна для работников медицинских учреждений, сотрудников лабораторий, а так же студентов и преподавателей.