

УДК 616.314–073.75: 343.982.323

# ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПЛОМБИРОВОЧНЫХ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

С.Б. Костенко<sup>1</sup>, Р.В. Клевно<sup>2</sup><sup>1</sup>Ужгородский национальный университет, стоматологический факультет, кафедра ортопедической стоматологии, Ужгород, Украина<sup>2</sup>Отделение современных технологий протезирования (зав. — проф. А.Н. Ряховский) ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России

**Аннотация:** В статье представлено теоретическое обоснование спектрофотометрических методов, которые могут быть использованы в судебно-медицинской стоматологии при идентификации основных стоматологических материалов, в частности макронаполненных, микронаполненных, гибридных и нанокompозитных пломбировочных материалов.

**Ключевые слова:** спектрофотометрия, спектральное поглощение вещества, спектральное отражение, оптическое пропускание, денситометрия, спектрофотометр, судебная стоматология, судебная медицина

## THE THEORETICAL ARGUMENTATION FOR SPECTROPHOTOMETRIC IDENTIFICATION METHOD OF COMMON DENTAL MATERIALS

S.B. Kostenko, R.V. Klevno

**Abstract:** Article represents a theoretical argumentation for light absorption spectra and spectrophotometry measuring methods that can be used in forensic dentistry during identification of major dental materials, including filling materials which classified into the specific structure groups, such as macrofilling, microfilling, and hybrid nanocomposites.

**Keywords:** photospectroscopy, spectrometry, photonic spectral absorption, photonic spectral reflection, photonic spectral transmission, densitometer, forensic dentistry, forensic medicine

<http://dx.doi.org/10.19048/2411-8729-2015-1-4-24-26>

### ◇ ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Одним из нерешенных вопросов современной стоматологической отрасли являются судебно-медицинские и правовые аспекты оценки качества предоставления стоматологической помощи населению. Судебная стоматология в странах СНГ — один из самых молодых разделов медицинской науки, которая занимается организацией и проведением комплексных судебно-медицинских экспертиз, разработкой и совершенствованием методов идентификации основных стоматологических материалов, оценкой качества проведения лечения, установлением возраста и идентификацией живых и умерших лиц. [1, 2, 7].

Развитие материаловедения в стоматологии и распространенность реставраций обуславливает потребность стоматологов в использовании материалов с высокими оптическими свойствами [1]. Анализ литературы свидетельствует о растущем количестве судебных исков, связанных с проблемами предоставленной стоматологической помощи, в том числе связанной с использованием некачественных пломбировочных материалов, следствием чего является изменение цвета, сколов реставраций и посттерапевтические осложнения.

В судебных исках возникает вопрос по идентификации стоматологических материалов, с целью определения стоимости и качества предоставленной стоматологической услуги. Именно поэтому — при отсутствии удобных и достоверных методов идентификации основных стоматологических материалов в судебно-ме-

дицинской и стоматологической практике — их разработка и внедрение является актуальным научным заданием для формирования критериев доказательной базы стоматологической экспертизы.

**Цель исследования.** Разработать лабораторные спектрофотометрические методы идентификации пломбировочных материалов для обоснования доказательной базы и возможности использования в судебной стоматологии.

### ◇ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на базе «Научно-учебного центра судебной стоматологии» и кафедры оптики физического факультета Ужгородского национального университета. В эксперименте использовали установку на базе спектрометра СФ-4 и набор основных стоматологических материалов.

Спектроскопия как раздел физики изучает электромагнитные излучения, охватывает широкий круг теоретических и практических вопросов [3, 5, 6, 8]. Исследование спектров электромагнитного излучения позволяет получить сведения о системе уровней энергии атомов, молекул и образованных из них макроскопических систем, а также важную информацию о квантовых переходах между уровнями энергии, что связано со строением и свойствами вещества. Кроме того, предметом исследований в спектроскопии являются механизмы взаимодействия света с веществом; перенос энергии возбуждения; фотохимические реакции и фотопрово-

димость. Благодаря высокой чувствительности и точности методов спектроскопии, их широко используют в физико-химическом анализе [6], но эти методы почти не используются для исследований в стоматологии и судебной медицине. Поэтому целью нашей работы было теоретическое обоснование и совершенствование методики спектрофотометрии для идентификации основных стоматологических материалов.

#### ♦ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

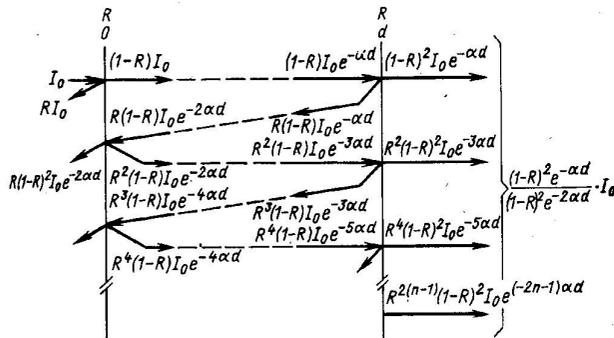


Рис. 1. Потoki энергии в системе с многократным внутренним отражением и ослаблением параллельного монохроматического пучка света при распространении его в поглощающей среде

$$R = \frac{I_R}{I_0},$$

Если  $I_R$  — интенсивность отраженного света, то его доля относительно интенсивности падающего излучения составляет величину, которая называется коэффициентом отражения. Зависимость коэффициента отражения вещества от энергии кванта падающего света ( $h\nu$ ) или длины волны ( $\lambda$ ) называется спектром отражения. С учетом отражения через первую поверхность образца пройдет излучения  $(1-R) \cdot I_0$ . Вследствие поглощения света в слое толщиной  $dX$ , интенсивность излучения  $I$  за единицу времени уменьшится на  $dI$ . Поэтому можно записать:

$$-dI = \alpha I dx.$$

Величина  $\alpha$ , которая определяет количество поглощенной энергии веществом с пучка единичной интенсивности в единицу времени в слое единичной толщины, называется коэффициентом поглощения. Проинтегрировав данное выражение, найдем интенсивность излучения, которое достигло второй поверхности пластинки:

$$I = 1 - R I_0 e^{-\alpha d}.$$

Применение закона Ламберта-Бугера, который учитывает однократное отражение света от поверхности образца, дает понимание, что свет, отраженный во внутреннюю часть образца, как следует из рис. 1, выйдет из него ослабленным по закону сохранения энергии.

$$I = \frac{(1-R)^2 e^{-\alpha d}}{1 - R^2 e^{-2\alpha d}} \cdot I_0.$$

С учетом многократного отражения, формула для коэффициента пропускания  $T = I/I_0$ , что является отношением интенсивности света прошедшей через образец толщиной. интенсивности падающего света  $I_0$ , будет:

$$T = \frac{(1-R)^2 e^{-\alpha d}}{1 - R^2 e^{-2\alpha d}}.$$

В этом случае интенсивность света, прошедшего через образец толщиной  $d$ , с учетом отражения, равна:

$$I = 1 - R^2 I_0 e^{-\alpha d}.$$

Из приведенных формул получим выражение для коэффициента поглощения:

$$\alpha = \frac{1}{d} \ln \frac{(1-R)^2 + \frac{(1-R)^4 + 4T^2 R^2}{2T}}{2T}.$$

Коэффициент поглощения является характеристикой среды и зависит от длины волны излучения. Зависимость от энергии падающего на вещество кванта света или длины волны называют спектром поглощения. Для точного установления зависимости необходимо провести измерения на образцах различной толщины и учесть многократные отражения.

**Методика эксперимента.** Свет от источника излучения направляется на призму монохроматора СФ-4 (рис. 2), что позволяет сформировать поток излучения в нужном диапазоне длин волн. В пазы для исследуемых образцов устанавливаются соответствующие образцы, которые применяются в стоматологии для пломбирования зубов.

Пройдя через встроенный монохроматор и образец, свет определенной длины волны падает на фотоэлектронный множитель (ФЭП) и формирует в цепи усилителя разность потенциалов на величину прямо пропорциональную интенсивности излучения (рис. 2). Сила тока формируемого в цепи фотоэлемента незначительна и недостаточна для прямой регистрации по этому далее сигнал подается на вход операционного усилителя (ОУ). Напряжение на выходе ОУ формирует измеряемый сигнал пропорционально падающему потоку монохроматического излучения.

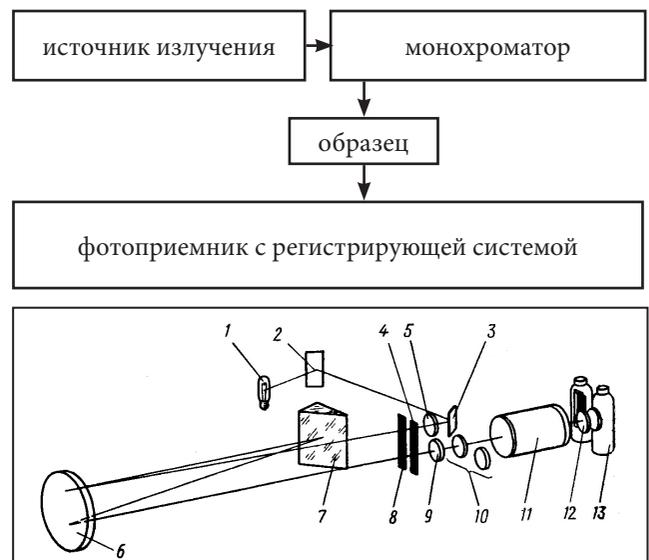


Рис. 2. Блок-схема измерительной установки и оптическая схема спектрофотометра СФ-4: 1 – источник света, 2 – зеркальный конденсор, 3 – плоское зеркало, 4 – входная щель, 5 – кварцевая пластинка, 6 – зеркальный объектив, 7 – призма, 8 – выходная щель, 9 – кварцевая линза, 10 – светофильтры, 11 – образец, 12 – кварцевая лампа, 13 – фотоэлемент

В прибор встроена компенсационная схема, позволяющая минимизировать искажения, обусловленные нелинейностью усилителя. Например, для компенса-

ции нелинейности спектральной чувствительности фотоприемника из регистрируемого спектра образца вычитается спектр встроенного в прибор источника излучения. Это позволяет измерять физические величины без вносимых прибором нелинейных погрешностей, фиксировать характеристики спектра поглощения вещества и измерять длину волны исследуемого образца.

#### ◇ ВЫВОДЫ

Применение усовершенствованных методов денситометрии и спектрофотометрии позволяет проводить идентификацию основных стоматологических материалов, используя их способность отражать и поглощать световое электромагнитное излучение в спектральном диапазоне (400–800 нм.). Что делает возможным идентификацию вещества по его индивидуальному спектру и позволяет с успехом применять в судебно-медицинской и стоматологической практике.

#### ◇ ЛИТЕРАТУРА

1. Борисенко А.В. Композиционные пломбировочные и облицовочные материалы в стоматологии / А.В. Борисенко, В.П. Неспрядко. — М.: Книга Плюс, 2002.— 224 с.
2. Бородавский Е.В. Терапевтическая стоматология / Е.В. Бородавский, В.С. Иванов, Ю. Максимович [и др.]. — М.: Медицина, 2001.— 736 с.
3. Зайдель А.Н. Техника и практика спектроскопии / А.Н. Зайдель, Г.В. Островская, Ю.И. Островский. — М.: Наука, 1976.— 392 с.
4. Казакова Р.В. Сравнительный анализ показателей кариеса зубов и заболеваний тканей пародонта у подростков, которые проживают в различных экологических условиях / Р.В. Казакова, В.С. Мельник, М.В. Билищук // Новине стоматологии.— 2013.— № 1. — С. 78–79.
5. Киреев П.С. Физика полупроводников / П.С. Киреев. — М.: Высшая школа университета, 1977.— 384 с.
6. Лебедева В.В. Техника оптической спектроскопии / В.В. Лебедева. — М.: Изд-во Моск. университета, 1997.— 386 с.
7. Леонтьев В.К. Кариес зубов — сложные и нерешенные проблемы / В.К. Леонтьев // Новое в стоматологии.— 2003. — Т. 114. № 6. — С. 6–7.
8. Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. — М.: Энергоатомиздат, 1985.— 391 с.

Для корреспонденции:

**КОСТЕНКО Светлана Борисовна** — ассистент кафедры ортопедической стоматологии Ужгородского национального университета, Украина. Адрес: 88000, г. Ужгород, ул. Подгорная, 46. Телефон: +38 (03122) 64-03-61, 3-33-41 • E-mail: k-sme@nmaro.edu.ua

**КЛЕВНО Роман Владимирович** — кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения современных технологий протезирования ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России. Адрес: 125326 г. Москва, ул. Тимура Фрунзе д. 16. Телефон: +7 (499) 246-11-67 • E-mail: kcstom@yandex.ru