

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ КОЛОРИМЕТРІЇ В МЕДИЦИНІ

Ю.Є. Хорошайло, І.К. Сезонова, О.В. Дегтярьов, М.В. Корбецький, П.М. Білецький

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

### Анотація

Дослідження можливості використання колориметрії у медицині мають на меті використання сучасних методів та приладів для діагностики концентрації речовин у природних розчинах. Колориметрія як метод вимірювання концентрації речовин базується на здатності розчинів певних речовин змінювати колір при різних концентраціях. Метод дозволяє кількісно визначити концентрацію речовини, виходячи з інтенсивності кольору, яку фіксує прилад — колориметр. Основні принципи колориметрії включають спектрофотометрію, застосування закону Бугера-Ламберта-Бера, калібрування приладу, вибір довжини хвилі, оцінку поглинання світла і порівняння з еталонами. В роботі наведено основні аспекти і принципи колориметричного аналізу, які мають важливе значення для отримання точних результатів.

**Ключові слова:** колориметрія, концентрація речовини, електронний колориметр, лабораторні дослідження

### 1. Вступ

Електронна колориметрія – це сучасний метод вимірювання концентрації речовин за допомогою кольорових характеристик. Це одна з важливих методик, яка активно використовується в медицині для діагностики та моніторингу різноманітних станів пацієнтів.

Сутність колориметрії полягає в аналізі кольору, який поглинає або відбиває речовина при певній довжині хвилі світла. Відповідно, інтенсивність кольору є показником концентрації певних речовин. З розвитком електронних технологій та обладнання цей метод став ще більш точним, швидким та доступним для медичних закладів, що значно покращило якість і швидкість надання медичних послуг.

Перші спроби застосування колориметрії були пов'язані з хімічними дослідженнями та аналізами розчинів, коли дослідники помітили зв'язок між кольором розчину та концентрацією певної речовини в ньому. Згодом виникла необхідність у точному визначенні концентрацій розчинів, що стимулювало розвиток інструментів для вимірювання інтенсивності кольору.

В кінці XVIII – початку XIX століття закладено основи теорії поглинання світла різними речовинами. Важливим відкриттям стало встановлення закону Бугера-Ламберта-Бера, який описує залежність поглинання світла від концентрації розчину та товщини шару речовини. Цей закон став фундаментом для створення колориметричних методів кількісного аналізу, оскільки дозволяв визначити концентрацію речовин, вимірюючи інтенсивність поглинання світла.

**Мета статті.** Дослідження можливості використання колориметрії у медицині базується на її основних методах та законах.

Колориметрія як метод вимірювання концентрації речовин базується на здатності розчинів певних речовин змінювати колір при різних концентраціях. Метод дозволяє кількісно визначити концентрацію речовини, виходячи з інтенсивності кольору, яку фіксує прилад –

колориметр. Основні принципи колориметрії включають спектрофотометрію, застосування закону Бугера-Ламберта-Бера, калібрування приладу, вибір довжини хвилі, оцінку поглинання світла і порівняння з еталонами. Нижче наведено основні аспекти і принципи колориметричного аналізу, які мають важливе значення для отримання точних результатів.

### 2. Виклад основного матеріалу.

Закон Бугера-Ламберта-Бера, відомий також як закон Бера, є одним із фундаментальних законів оптики і хімічного аналізу, що описує, як світло поглинається речовинами у розчині. Він встановлює математичну залежність між концентрацією розчину, довжиною шляху світла через розчин та інтенсивністю світла, яке пройшло через розчин. Основна формула закону виглядає так:

$$A = \alpha \cdot c \cdot l, \quad (1)$$

де  $A$  – оптична густина (або поглинання) розчину, що є логарифмічною мірою зменшення інтенсивності світла після проходження через розчин;  $\alpha$  – молярний коефіцієнт поглинання (також відомий як молярна абсорбційна здатність), що залежить від природи речовини та довжини хвилі світла, яке використовується в аналізі;  $c$  – концентрація речовини в розчині (зазвичай вимірюється в молях на літр, або моль/л);  $l$  – довжина шляху, яку проходить світло через розчин (виражається в сантиметрах).

Закон Бугера-Ламберта-Бера стверджує, що оптична густина пропорційна як концентрації речовини в розчині, так і довжині шляху, який проходить світло через цей розчин. Іншими словами, чим вище концентрація речовини або довжина шляху світла, тим більше світло поглинається, і тим менше його виходить з іншого боку розчину (рис.1).

Цей принцип є особливо важливим для визначення концентрації речовин у розчинах за допомогою фотометричних методів. За відомої

довжини шляху та молярного коефіцієнта поглинання можна точно визначити концентрацію речовини, просто вимірявши поглинання світла розчином.

Закон Бугера-Ламберта-Бера широко використовується у колориметрії та спектрофотометрії для визначення концентрації певних речовин у розчині. Наприклад, у медичних лабораторіях він дозволяє визначити рівень глюкози, холестерину, білка та інших показників у біологічних рідинах.

Знання молярного коефіцієнта поглинання для певної речовини дозволяє використовувати цей закон для перевірки її чистоти.

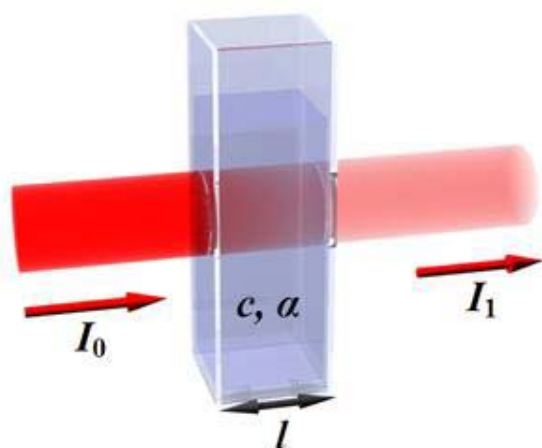


Рис.1 Ілюстрація закону Бугера-Ламберта-Бера ( $I_0$  – інтенсивність вхідного потоку,  $I_1$  – інтенсивність вихідного потоку)

Закон також використовується для аналізу концентрації шкідливих речовин у воді, повітрі та інших зразках довкілля.

Але вищезазначений закон працює коректно лише за певних умов:

1. Однорідність розчину: Розчин повинен бути однорідним, без завислих частинок, які можуть розсіювати світло.

2. Відсутність флуоресценції та хімічних реакцій: Речовина не повинна флуоресцювати або вступати у хімічні реакції під впливом світла.

3. Лінійність у певних межах концентрацій: Закон працює лінійно лише в обмеженому діапазоні концентрацій. При надто високих концентраціях виникає відхилення від лінійної залежності, і точність аналізу знижується.

У колориметрії використовується видиме світло, яке проходить через розчин, що поглинає частину світла залежно від концентрації речовини. Поглинання світла залежить від довжини хвилі світла і природи речовини, тобто її здатності поглинати світлову енергію. Чим більша концентрація речовини в розчині, тим більша частка світла буде поглинена, і тим інтенсивнішим буде колір розчину. У колориметричному аналізі вимірюється оптична густина або поглинання світла ( $A$ ), яка зростає зі збільшенням концентрації розчину.

Закон Бугера-Ламберта-Бера є одним з ключових принципів у колориметрії, оскільки встановлює кількісну залежність між концентрацією речовини в розчині та поглинанням світла.

Вибір довжини хвилі, на якій проводиться вимірювання, є важливим етапом у колориметрії, оскільки різні речовини поглинають світло з різною ефективністю на різних довжинах хвиль. Щоб отримати максимально точні результати, у колориметрії вибирають довжину хвилі, на якій досліджувана речовина має максимальне поглинання світла. Це дозволяє підвищити чутливість методу та зменшити можливість виникнення похибок.

Для отримання точних і відтворених результатів необхідно правильно калібрувати колориметр. Калібрування проводять за допомогою еталонного зразка або серії стандартних розчинів відомої концентрації. Калібрування допомагає налаштувати прилад так, щоб він правильно інтерпретував зміни кольору розчину. Після цього будеться калібрувальна крива, яка відображає зв'язок між концентрацією речовини та оптичною густиною. Згодом, при вимірюванні проб, отримані дані порівнюють з калібрувальною кривою, що дає можливість визначити концентрацію досліджуваної речовини.

Для точного визначення концентрації речовин у розчинах часто використовуються еталонні зразки або розчини з відомою концентрацією. Це дозволяє оцінити, наскільки інтенсивно забарвлений досліджуваний розчин порівняно з еталоном, і, таким чином, визначити його концентрацію. Процедура порівняння з еталоном базується на лінійності між концентрацією речовини і поглинанням світла.

Оскільки вимірювання можуть піддаватися впливу факторів, таких як освітлення, температура та чистота кювети, важливо дотримуватися належних лабораторних умов. Для забезпечення точності й відтвореності результатів рекомендується:

1. Перевіряти прилад перед кожним вимірюванням.

2. Використовувати свіжоприготовлені розчини.

3. Чистити кювету перед вимірюванням, щоб уникнути забруднення.

4. Отримуватись однакової товщини шару (кювети) для всіх вимірювань.

Метод колориметрії має деякі обмеження. Наприклад, він може бути неефективним для складних багатокомпонентних сумішей, де різні компоненти мають перекривні спектри поглинання. Також у разі надто високих концентрацій виникають нелінійні відхилення, що може призвести до похибок. У таких випадках розчини розбавляють до концентрації, яка забезпечує лінійну залежність за законом Бугера-Ламберта-Бера. Ще одним обмеженням є чутливість методу до чистоти розчину і стабільності умов вимірювання.

Особливу увагу при дослідженні питання щодо використання колориметричних методів в медицині доцільно приділити автоматизації процесів вимірювання.

Сучасні колориметри оснащені програмним забезпеченням, яке може автоматично обробляти та зберігати результати вимірювань, що дозволяє швидше отримувати і аналізувати дані. Деякі прилади можуть також автоматично визначати максимальну довжину хвилі поглинання, що робить процес ще більш зручним.

Колориметрія є важливим інструментом у медичній діагностиці, оскільки дозволяє швидко та точно визначати концентрації біохімічних речовин у рідинах організму. Метод базується на вимірюванні інтенсивності кольору розчину, що дає змогу оцінити кількість певної речовини у зразку. У медицині колориметрія застосовується в таких основних галузях, як клінічна біохімія, лабораторна діагностика, визначення рівня гормонів та моніторинг лікувального процесу. Завдяки високій точності і швидкості колориметричні методи набули широкого застосування в медичних лабораторіях.

#### **Клінічна біохімія**

Колориметрія є важливим інструментом у медичній діагностиці, оскільки дозволяє швидко та точно визначати концентрації біохімічних речовин у рідинах організму. Метод базується на вимірюванні інтенсивності кольору розчину, що дає змогу оцінити кількість певної речовини у зразку. У медицині колориметрія застосовується в таких основних галузях, як клінічна біохімія, лабораторна діагностика, визначення рівня гормонів та моніторинг лікувального процесу. Завдяки високій точності і швидкості колориметричні методи набули широкого застосування в медичних лабораторіях.

#### **Лабораторна діагностика та скринінг**

Колориметрія використовується в багатьох лабораторних тестах, які допомагають швидко діагностувати різні захворювання, оцінюючи вміст таких компонентів, як креатинін, сечовина, кальцій, фосфати та амінокислоти в сечі, крові та інших біологічних рідинах. Наприклад, колориметрія є основним методом для визначення рівня креатиніну в сироватці крові, що є важливим показником функції нирок.

Іншою поширеною практикою є використання колориметричних тестів у скринінгу – масовому обстеженні населення на наявність захворювань, наприклад, на анемію. За допомогою колориметрії легко виявити недостатність заліза в крові, що дозволяє швидко діагностувати залізодефіцитну анемію та призначити відповідне лікування.

Прикладом автоматизації такого типу досліджень є колориметр серії Checker Hanna HI716 для визначення бромур.

#### **Визначення рівня гормонів**

Колориметрія є зручним інструментом для визначення рівня деяких гормонів у крові, які можуть впливати на ендокринну систему організму. Зазвичай для таких досліджень використовуються імуноферментні методи з колориметричним визначенням, які дозволяють точно вимірювати рівень гормонів, таких як інсулін, тироксин, кортизол, що є важливим у діагностиці ендокринних захворювань. За допомогою колориметрії також можна моніторити гормональні зміни в організмі під час вагітності або гормональної терапії.

#### **Вимірювання рівня кисню в крові**

Оксиметрія, одна з форм колориметрії, застосовується для вимірювання рівня насичення крові киснем, що є важливим показником при захворюваннях дихальної системи, серцево-судинних патологіях та у пацієнтів, які перебувають на інтенсивному лікуванні. Пульсоксиметри використовують цей принцип, фіксуючи відмінності в кольорі оксигенованої та дезоксигенованої крові і таким чином обчислюючи рівень кисню.

#### **Оцінка ефективності лікування та моніторинг стану пацієнтів**

Колориметрія також є корисною для моніторингу динаміки лікування пацієнтів. Наприклад, пацієнти, які проходять лікування антибіотиками або протиракову терапію, потребують регулярного контролю за рівнем певних біомаркерів у крові.

Колориметричні тести дозволяють швидко оцінити концентрацію цих маркерів і таким чином коригувати терапію. Крім того, контроль рівня специфічних ферментів у крові дозволяє моніторити ефективність лікування печінки та інших органів.

**Основними перевагами колориметрії** є точність вимірювань, висока чутливість, швидкість аналізу, простота в експлуатації та відносно низька вартість обладнання та реагентів. У медичних дослідженнях колориметрія дозволяє визначати концентрації речовин у біологічних рідинах, таких як кров, сеча, слина, що має вирішальне значення для діагностики захворювань. Розглянемо основні переваги цього методу.

#### **Точність і відтворюваність результатів**

Колориметрія забезпечує високу точність результатів, оскільки метод базується на об'єктивних вимірюваннях інтенсивності кольору, які безпосередньо пов'язані з концентрацією досліджуваної речовини. Завдяки закону Бугера-Ламберта-Бера можна отримати чітку залежність між інтенсивністю забарвлення розчину та концентрацією речовини. Це дозволяє проводити повторювані аналізи, результати яких залишаються стабільними за умови дотримання лабораторних стандартів, правильного калібрування приладу та використання якісних реагентів.

Точність методу також підвищується завдяки його високій чутливості до мінімальних змін інтенсивності світла, що дозволяє вимірювати навіть невеликі концентрації. Це особливо важливо у медицині для діагностики захворювань, де необхідно мати точні дані про концентрацію специфічних біомаркерів або медикаментів у крові.

#### **Висока чутливість**

Колориметрія забезпечує високу чутливість методу, що дозволяє визначати навіть дуже малі концентрації речовин у розчинах. Наприклад, у медичних дослідженнях цей метод дає можливість вимірювати рівень гормонів, ферментів, білків або глюкози в крові, навіть коли їх концентрації мінімальні. Це важливо для ранньої діагностики захворювань та моніторингу стану пацієнтів, а також для відстеження ефективності лікування. Завдяки чутливості методу колориметрія використовується для виявлення навіть невеликих відхилень від норми, що може бути критичним для своєчасного лікування.

#### **Швидкість проведення аналізу**

Однією з найбільших переваг колориметрії є швидкість, з якою можна отримати результати аналізу. Колориметричні методи дозволяють за кілька хвилин визначити концентрацію речовин, що є особливо важливим у медичних лабораторіях, де часто потрібні результати «тут і зараз». Наприклад, у випадках екстреної діагностики (при підозрі на інфаркт, шоківий стан або отруєння) швидкість аналізу є вирішальним фактором, оскільки дає можливість лікарям оперативно приймати рішення та починати лікування.

Крім того, швидкість і простота виконання аналізу зменшують час очікування результатів і дозволяють проводити більшу кількість тестів за короткий період, що підвищує ефективність роботи лабораторій.

#### **Простота в експлуатації**

Колориметричні аналізи виконуються за допомогою відносно простого у використанні обладнання, яке не потребує спеціальних навичок для базового обслуговування. Колориметри та спектрофотометри легко налаштовуються та мають зрозумілі інтерфейси для проведення вимірювань, що дозволяє медичним працівникам швидко навчитися роботі з приладами. Це важливо в умовах, де необхідне оперативне проведення тестів і обслуговування великої кількості пацієнтів.

Додатковою перевагою є можливість автоматизації процесу: сучасні колориметри оснащені програмним забезпеченням, яке допомагає автоматично обробляти, зберігати та аналізувати результати. Це не лише знижує ймовірність людської помилки, але й значно спрощує обробку даних у великих лабораторіях.

#### **Низька вартість**

Колориметрія є одним із найбільш економічно вигідних методів аналізу, що робить її доступною для більшості медичних лабораторій. Самі колориметри

та реагенти мають відносно невисоку вартість порівняно з іншими методами, такими як хроматографія чи мас-спектрометрія. Крім того, реагенти, необхідні для проведення колориметричних аналізів, зазвичай є недорогими і широко доступними, що дозволяє знизити загальні витрати на діагностику та зберігати бюджет медичних установ.

Низька вартість аналізу є особливо важливою для клінічних та діагностичних центрів, що обслуговують великі групи населення, де щодня потрібна велика кількість тестів для пацієнтів. Колориметрія, таким чином, забезпечує економічну доцільність у поєднанні з високою точністю і надійністю.

#### **Універсальність застосування**

Колориметрія є універсальним методом, який може бути використаний для аналізу різних зразків — від біологічних рідин (кров, сеча) до фармацевтичних препаратів та хімічних реактивів. Це розширює спектр її застосування і дозволяє використовувати її у різних медичних та наукових галузях. У медицині колориметричні методи дозволяють визначати концентрації багатьох життєво важливих компонентів, що мають значення для діагностики і контролю різних станів.

Хоча колориметрія має багато переваг і широко використовується в медичній діагностиці та аналізах, цей метод не є ідеальним і має певні обмеження та недоліки. Важливо розуміти ці недоліки, оскільки вони можуть вплинути на точність результатів і, відповідно, на діагностику та лікування пацієнтів. Нижче розглянемо основні недоліки колориметрії.

#### **Чутливість до зовнішніх факторів**

Одним із найбільших недоліків колориметрії є чутливість до зовнішніх умов. Параметри, такі як температура, освітлення та чистота кювети, можуть суттєво вплинути на результати аналізу. Наприклад, зміна температури може викликати зміни у швидкості реакції між реагентами, що, в свою чергу, вплине на інтенсивність кольору і, відповідно, на вимірювання. Також, якщо кювети або посуд, що використовуються для аналізу, не очищені, це може призвести до забруднень, які спотворять результати. Лабораторії повинні дотримуватися суворих протоколів контролю умов, щоб звести до мінімуму вплив зовнішніх факторів на результати.

#### **Необхідність у калібруванні**

Для досягнення точних результатів колориметричні вимірювання потребують регулярного калібрування приладів. Калібрування зазвичай проводиться за допомогою стандартних розчинів відомої концентрації. Неправильне або нерегулярне калібрування може призвести до значних похибок у результатах. Це вимагає додаткових витрат часу і ресурсів на регулярну перевірку і калібрування, що може бути обтяжливим, особливо в умовах з високою завантаженістю.

### Обмеження в аналізі складних сумішей

Колориметрія має певні обмеження при аналізі складних сумішей, які містять кілька компонентів з різними спектрами поглинання. У таких випадках результати можуть бути спотвореними через накладення піків поглинання, що ускладнює інтерпретацію даних. Наприклад, у біологічних рідинах, де можуть бути присутніми кілька різних білків, специфічні реакції з одним з них можуть бути заважені іншими компонентами, що призводить до неточності вимірювань. Для вирішення цієї проблеми можуть бути використані більш складні методи аналізу, такі як хроматографія або мас-спектрометрія, але вони часто є дорожчими і вимагають більше часу на аналіз. Реакції між реагентами, що, в свою чергу, вплине на інтенсивність кольору і, відповідно, на вимірювання. Також, якщо кювети або посуд, що використовуються для аналізу, не очищені, це може призвести до забруднень, які спотворюють результати. Лабораторії повинні дотримуватися суворих протоколів контролю умов, щоб звести до мінімуму вплив зовнішніх факторів на результати.

### Необхідність у калібруванні

Для досягнення точних результатів колориметричні вимірювання потребують регулярного калібрування приладів. Калібрування зазвичай проводиться за допомогою стандартних розчинів відомої концентрації. Неправильне або нерегулярне калібрування може призвести до значних похибок у результатах. Це вимагає додаткових витрат часу і ресурсів на регулярну перевірку і калібрування, що може бути обтяжливим, особливо в умовах з великою завантаженістю.

### Обмеження в аналізі складних сумішей

Колориметрія має певні обмеження при аналізі складних сумішей, які містять кілька компонентів з різними спектрами поглинання. У таких випадках результати можуть бути спотвореними через накладення піків поглинання, що ускладнює інтерпретацію даних. Наприклад, у біологічних рідинах, де можуть бути присутніми кілька різних білків, специфічні реакції з одним з них можуть бути заважені іншими компонентами, що призводить до неточності вимірювань. Для вирішення цієї проблеми можуть бути використані більш складні методи аналізу, такі як хроматографія або мас-спектрометрія, але вони часто є дорожчими і вимагають більше часу на аналіз.

### Складність в роботі з певними зразками

Деякі зразки можуть бути важкими для аналізу за допомогою колориметрії. Наприклад, в'язкі або мукозні рідини можуть ускладнити вимірювання, оскільки в них можуть бути труднощі з розчиненням реагентів або з досягненням однорідності зразка. У таких випадках може знадобитися попередня підготовка зразків, що додає додатковий етап у процесі аналізу та підвищує ймовірність помилок.

### Вартість реагентів і витратних матеріалів

Хоча загальні витрати на колориметричний аналіз можуть бути нижчими, ніж на інші методи, вартість певних реагентів і витратних матеріалів може бути значною, особливо якщо мова йде про високоякісні стандарти або специфічні реактиви для складних аналізів. У разі великих обсягів тестувань це може стати серйозною статтею витрат, яка потребує уваги з боку керівництва лабораторій.

У 1930-х роках був розроблений перший електронний колориметр, який став справжнім проривом у цій галузі. Цей прилад дозволяв більш точно вимірювати інтенсивність поглинання світла і проводити аналіз у автоматичному режимі, що значно підвищило точність і зручність досліджень.

Сучасний етап розвитку колориметрії характеризується появою комп'ютерних та портативних колориметрів, які здатні зберігати дані, аналізувати їх у реальному часі та інтегрувати з лабораторними системами. Сьогоднішні колориметри мають високу точність, портативність і доступність, що дозволяє використовувати їх не лише у спеціалізованих лабораторіях, але й у польових умовах та навіть вдома.

Одним з варіантів реалізації колориметричного методу контролю біологічних речовин представляє собою прилад, основною частиною якого є цифровий датчик (рис.2) [8].

Схема цифрового датчика вимірювання параметрів біологічних речовин (наприклад крові) складається з світлодіодів  $HL1 - HL4$  (рис.2 - 1), трьох світлофільтрів ( $R, G, B$ ) (рис.2 - 2), фотодіодів  $VD1 - VD4$  (рис.2 - 3), нормувальних підсилювачів (рис.2 - 4), АЦП (рис.2 - 5), регістра стану (рис.2 - 6), мікросхеми інтерфейсу  $RS-485$  (рис.2 - 7), каналу передачі даних до ЕОМ (персональний комп'ютер, мікроконтролерний пристрій тощо) (рис.2 - 8). Світлодіоди  $HL1 - HL4$ , фотодіоди  $VD1 - VD4$  та оптичне середовище, що вимірюється, повинні розташовуватися в площинах, строго паралельних одна одній, що забезпечить відсутність похибки та паразитні віддзеркалення поверхні. Фільтри  $RGB$  не повинні перекривати світловий потік, що падає на фотодіоди для запобігання неточності в роботі датчика. Рекомендується використовувати світлодіоди  $HL1 - HL4$  білого кольору з температурою 5600 К.

Для виключення похибки, у випадку вимірювання забарвленого світлового потоку, розрахунок його інтенсивності буде проводитися по емпіричній формулі

$$Y = 0,2125 \cdot R + 0,7154 \cdot G + 0,0721 \cdot B, \quad (2)$$

де 0,2125 – емпіричний коефіцієнт для червоного кольору ( $R$ ); 0,7154 – емпіричний коефіцієнт для зеленого кольору ( $G$ ); 0,0721 – емпіричний коефіцієнт для блакитного кольору ( $B$ ).

Перевага запропонованого пристрою у порівнянні з існуючими полягає в розширенні

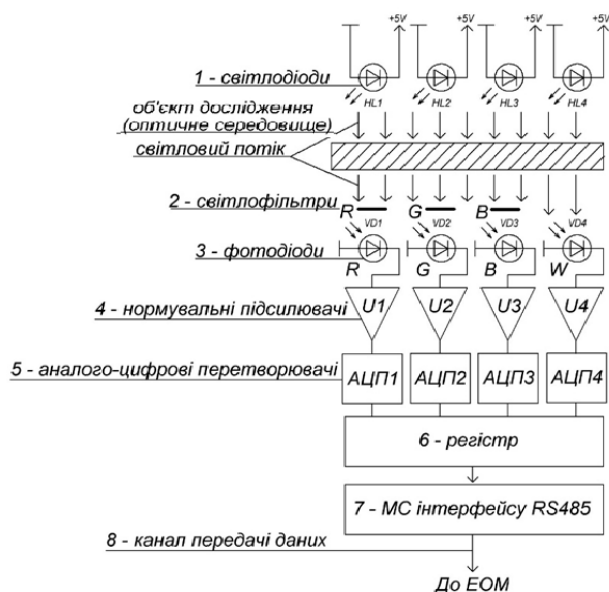


Рис. 2 – Схема цифрового датчика вимірювання параметрів біологічних речовин

функціональних можливостей цифрового датчика за рахунок додавання функції вимірювання ступеня проникності оптичних середовищ (матеріалів) світлом.

### 3. Висновок

Колориметрія є важливим інструментом в медичній діагностиці, надаючи можливість швидко, точно та економічно визначати

концентрації різних біомаркерів у зразках біологічних рідин. Завдяки своїм основним перевагам, таким як висока чутливість, простота використання, швидкість аналізу та економічна доцільність, колориметричні методи стали невід'ємною частиною сучасних лабораторних досліджень. Вони дозволяють медичним працівникам отримувати важливу інформацію про стан здоров'я пацієнтів, що сприяє своєчасній діагностиці та лікуванню захворювань.

Проте, незважаючи на численні переваги, колориметрія має свої недоліки, такі як чутливість до зовнішніх факторів, потреба в регулярному калібруванні та обмежена специфічність. Ці обмеження можуть вплинути на точність результатів і, відповідно, на якість медичних висновків. Тому важливо, щоб лабораторії використовували колориметрію в поєднанні з іншими методами аналізу, такими як хроматографія або імуноаналітичні тести, для досягнення найбільш надійних результатів.

В цілому, колориметрія продовжує розвиватися, і нові технології та підходи до аналізу можуть значно підвищити її ефективність і точність. Подальші дослідження та удосконалення методів колориметрії обіцяють розширити можливості цього методу, роблячи його ще більш корисним у медичних і наукових сферах. Загалом, колориметрія є цінним інструментом, який, при правильному використанні та обережності, може забезпечити важливі дані для підтримки діагностичних рішень і покращення охорони здоров'я.

### Список літератури

1. Астахова А. А. (2019). Колориметричні методи аналізу в медичних дослідженнях. Київ: Медицина.
2. Шевченко Т. О. (2021). Основи біохімічної колориметрії. Львів: Наукова думка.
3. Мельничук С. В. (2020). Колориметрія в клінічній лабораторній практиці. Харків: Здоров'я.
4. Бугайчук О. В. (2018). "Принципи колориметрії та її застосування в медицині". Журнал клінічної лабораторної діагностики, 14(3), 123-130.
5. Таран Ю. М., & Ковальчук, Н. І. (2022). "Актуальні питання колориметрії в сучасній медицині". Медичний журнал України, 11(6), 45-50.
6. Павленко І. П. (2020). "Переваги та недоліки колориметричних методів". Сучасні лабораторні технології, 8(2), 78-83.
7. Зозуля, В. В., & Лисенко, Г. П. (2021). "Колориметрія: методи, можливості, обмеження". Аналіз сучасних методів досліджень, 15(1), 90-96.
8. Пат. u2016 06243 Україна, МПК G01J 3/46, G01R 21/133, G02B 5/20, F21V 9/00 Цифровий пристрій для вимірювання проникності оптичних середовищ / Хорошайло Ю.Є, Семенов С.Г, Лимаренко В.В., Єфименко С.А.; заявник і патентовласник Харківський національний університет радіоелектроніки. № 123529; заявлено 25.10.2017; опубл. 26.02.2018, Бюл. № 4 (2018).

Надійшла (Received) 17.10.2024

Прийнята до друку (accepted for publication) 21.11.2024

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ/ABOUT THE AUTHORS

**Хорошайло Юрій Євгенійович** – к.т.н., доцент, завідувач кафедри проектування та експлуатації електронних апаратів, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна; e-mail: yurii.khoroshailo@nure.ua, ORCID:0000-0002-4239-4357.

**Yurii Khoroshailo** – PhD, Head of Design and Operation of Electronic Devices Department of Kharkiv National University of Radio Electronics; Kharkiv, Ukraine; e-mail: yurii.khoroshailo@nure.ua, ORCID:0000-0002-4239-4357.

**Сезонова Ірина Костянтинівна** – к.т.н., доцент, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна; e-mail: iryna.sezonova@nure.ua, ORCID: 0000-0002-9396-7434

**Iryna Sezonova** – PhD, professor of Department of Computer-Integrated Technologies, Automation and Robotics of Kharkiv National University of Radio Electronics; Kharkiv, Ukraine; e-mail: iryna.sezonova@nure.ua, ORCID: 0000-0002-9396-7434.

**Дегтярьов Олександр Валентинович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна; e-mail: oleksandr.degtyarov@nure.ua, ORCID: 0000-00002-3187-1621.

**Oleksandr Degtyarov** – PhD, associate professor of Information and Measurement Technology Department of Kharkiv National University of Radio Electronics; Kharkiv, Ukraine; e-mail: oleksandr.degtyarov@nure.ua, ORCID: 0000-00002-3187-1621.

**Корбецький Максим Вікторович** – аспірант кафедри проектування та експлуатації електронних апаратів, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна; e-mail: korbetskyu.maksym@gmail.com, ORCID: 0009-0002-6116-2479.

**Maksym Korbetskyu** – graduate student of Design and Operation of Electronic Devices Department of Kharkiv National University of Radio Electronics; Kharkiv, Ukraine; e-mail: korbetskyu.maksym@gmail.com, ORCID: 0009-0002-6116-2479.

**Білецький Павло Миколайович** – аспірант кафедри проектування та експлуатації електронних апаратів, Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна; e-mail: pavlo.biletskyi@nure.ua, ORCID: 0009-0000-6644-9669.

**Pavlo Biletskyu** – graduate student of Design and Operation of Electronic Devices Department of Kharkiv National University of Radio Electronics; Kharkiv, Ukraine; e-mail: pavlo.biletskyi@nure.ua, ORCID: 0009-0000-6644-9669.

#### Research on the possibilities of using colorimetry in medicine

Yu.Ye. Khoroshailo, I.K. Sezonova, O.V. Degtyarov, M.V. Korbetskyu, P.M. Biletskyu

##### Abstract

Studies of the possibility of using colorimetry in medicine aim to use modern methods and devices for diagnosing the concentration of substances in natural solutions. Colorimetry as a method of measuring the concentration of substances is based on the ability of solutions of certain substances to change color at different concentrations. The method allows quantitatively determining the concentration of a substance based on the color intensity recorded by a device - a colorimeter. The basic principles of colorimetry include spectrophotometry, application of the Bouguer-Lambert-Beer law, calibration of the device, selection of wavelength, assessment of light absorption and comparison with standards. The paper presents the main aspects and principles of colorimetric analysis, which are important for obtaining accurate results.

**Keywords:** colorimetry, substance concentration, electronic colorimeter, laboratory research