

## МЕТОД ФУР'Є-СПЕКТРОСКОПІЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК БІОТКАНИН

Чапля Д. В

(Науковий керівник Богомолов М. Ф., доцент)

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

Факультет біомедичної інженерії

Спектроскопія в інфрачервоному діапазоні (ІЧ-спектроскопія) є одним із широко використовуваних методів для дослідження в різних сферах людської діяльності. У роботі представлено переваги методу Фур'є-спектроскопії у дослідженні біотканин. Для визначення біохімічного складу тканин пропонується отримувати їх спектри поглинання в ІЧ-діапазоні [1]. На рис 1 зображено принцип роботи спектроскопа.

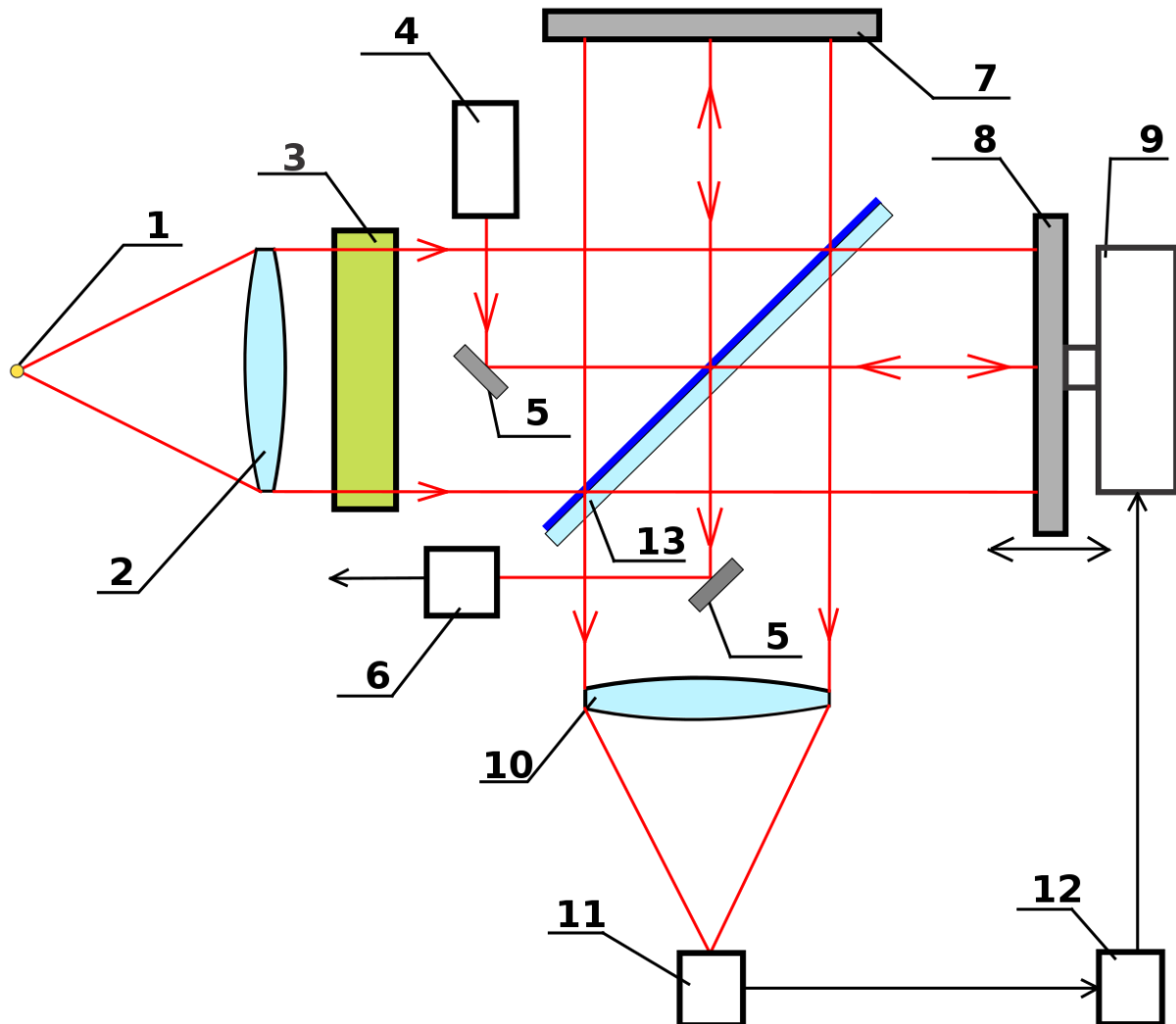


Рис. 1. Блок-схема пристрою для отримання спектрів

Від джерела інфрачервоного випромінювання (1) певного діапазону довжин хвиль світло розбивається на два пучки та потрапляє на коліматорну лінзу (2). Після проходження через кювету з досліджуваною речовиною, (3) світло потрапляє на світлорозподільну пластину (13), виконану з полімерних плівок (в залежності від довжини хвилі лазера), для створення різниці оптичних довжин шляхів (інтерференційна схема Майкельсона). Частина світла, що проходить крізь пластину, потрапляє на рухоме дзеркало (сканер) (8), відбита ж частина потрапляє на нерухоме дзеркало. Відбите від дзеркал світло інтерферує та отримана складна інтерференційна картина фіксується фотоприймачем (10 – об'єктив фотоприймача, 11 – фотоприймач). Комп'ютер (12) керує механічним приводом рухомого дзеркала (9), зчитує дані з фотоприймача, проводить зворотнє перетворення Фур'є для інтерферограми, отримуючи спектр поглинання зразка. Система калібрується за допомогою опорного (HeNe) лазера (4 – лазер, 5 – допоміжні зеркала, 6 – фотоприймач лазера).

З отриманих спектрів поглинання роблять висновки про якісний і кількісний склад досліджуваного зразка. Отриманий спектр – це складна крива з великим числом максимумів і мінімумів. Смуги поглинання з'являються в результаті переходів між коливальними рівнями основного електронного стану досліджуваної системи. Спектральні характеристики (положення максимумів смуг, інтенсивність) молекули залежать від маси її складових, будови, особливостей міжатомних сил, розподілу заряду, тощо. Тому спектри отримані в інфрачервоному діапазоні характеризуються високим рівнем індивідуальності, що і визначає їх цінність при ідентифікації і вивченні будови сполук, особливо органічних [3].

Основними перевагами Фур'є-спектроскопії є швидкість дослідження та енергетичні переваги Жакіно і Флежета. Перевага Жакіно базується на тому, що у Фур'є-спектроскопії можна використовувати великі тілесні кути і у джерела, і у приймача, тим самим пропускати велику кількість енергії при високій роздільній здатності. Перевага Флежета базується на тому, що у Фур'є-спектроскопії дослідження може одночасно проводитись відразу на всіх частотах спектрального інтервалу, тому цей метод має кращу характеристику сигнал / шум, ніж дифракційні або призматичні прилади [1].

Можливість отримання інформації про присутність в зразку тих чи інших функціональних груп дозволила використовувати інфрачервону спектроскопію в медичних цілях як інструмент вивчення біохімії тканин. ІЧ-спектроскопія найбільш чутлива до структури та концентрації макромолекул (білків, ДНК). Це обмежує використання цього методу для виявлення невеликих молекул, що мають низьку концентрацію в клітинах.

Зміни в ІЧ-спектрах біологічних матеріалів свідчать про патології, пов'язані з порушенням біохімічного складу зразка. Наприклад, ракові зміни часто пов'язані з присутністю кількох ядер в клітині. Відповідно, інфрачервона спектроскопія показує діагностичні зміни, пов'язані з посиленням поглинання тієї частини спектру що характерна для нуклеїнових кислот [2].

За методологією дослідження, біологічні рідини вивчаються в об'ємі 5-10 мкл методом пропускання через вікно з  $\text{CaF}_2$  або  $\text{BaF}_2$ . В разі потреби з одержуваних спектрів математично віднімається спектр молекули води. Також воду можна видалити висушуванням зразка і вивчати залишок у вигляді тонкої плівки. Недоліком цього методу є можливість втрати інформації про складові речовини, що легко випаровуються, рівень гідратації зразка. Аналогічним чином досліджують спектри біотканин, беруть зразки об'ємом близько 1 мм<sup>3</sup>.

Збір та інтерпретація даних можливі або класичним методом (вивчення інтенсивності характеристичних смуг поглинання за спектрами), або шляхом побудови просторових карт інтенсивності частот. В останньому випадку використовується інфрачервоний мікроскоп, що дозволяє фіксувати спектри послідовно із заданих точок зразка, а потім відображати результат у вигляді тривимірного графіка. Перевагою такого методу дослідження є універсальність приладу: вивчення широкого спектру порушень в різних тканинах не вимагає серйозної перебудови конфігурації спектроскопа або використання спеціальних детекторів і реагентів.

Отже, в роботі було показано, що ІЧ-Фур'є спектроскопія є точним, неінвазивним, експрес-методом, що характеризується високою відтворюваністю результатів. В медицині цей метод широко використовується для вивчення біохімічного складу тканин, що дає змогу виявити їх патологічні зміни.

### **Література**

1. Тонков М. В. Фурье-спектроскопия - максимум информации за минимум времени [Електронний ресурс] / М. В. Тонков // Русский переплет – Режим доступу до ресурсу: <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/1156.html>.
2. Novel methodology for the follow-up of acute lymphoblastic leukemia using FTIR microspectroscopy [Електронний ресурс] / [J. Ramesh, J. Kapelushnik, A. Moser та ін.] // Journal of Biochemical and Biophysical Methods – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165022X02000040>.
3. Гордцов А. С. Инфракрасная спектроскопия биологических жидкостей и тканей [Електронний ресурс] / А. С. Гордцов – Режим доступу до ресурсу:
4. <https://cyberleninka.ru/article/n/infrakrasnaya-spektroskopiya-biologicheskikh-zhidkostey-i-tkaney>.