

**ВІДЗИВ**  
**ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**  
на дисертацію Свиди Юрія Юрійовича  
"Процеси збудження та іонізації молекул аденіну та  
гуаніну електронним ударом",  
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-  
математичних наук за спеціальністю 01.04.04 – фізична електроніка

Дисертаційна робота Ю.Ю. Свиди присвячена комплексному дослідженню процесів збудження та іонізації молекул азотистих основ нуклеїнових кислот, а саме молекул аденіну та гуаніну, під дією електронів, з метою отримання нових даних про емісійні спектри даних молекул в УФ та видимій області спектру і функції збудження молекулярних смуг, а також абсолютні величини ефективних перерізів повної та дисоціативної іонізації молекул аденіну та гуаніну електронами.

Енергетичний стан молекул основ забезпечує стабільність зв'язків між двома нитками макромолекул, синтез білків і регуляторні процеси на молекулярному і клітинному рівнях, а також функціонування нуклеїнових кислот як генетичних носіїв. Перераховані функції можуть бути втраченими при поглинанні молекулами основ порцій енергій від повільних електронів, які утворюються в біооб'єктах внаслідок зовнішнього опромінення.

Вибір молекул азотистих основ нуклеїнових кислот у якості досліджуваних об'єктів є, безумовно виправданим, оскільки вони є одними з найбільш вразливих компонент живих клітин з точки зору дії на них іонізуючого випромінювання. Деградація живих клітин пов'язана з прямою дією іонізуючого випромінювання високої енергії, з незворотними змінами при утворенні хімічно-активних радикалів у великій кількості, а також з виникненням канцерогенних змін у живих тканинах У той же час більшість подібних змін викликана саме вторинними, низько енергетичними електронами, здатність яких до руйнування макромолекул призводить до фатальних розривів молекулярних зв'язків у живих клітинах. Саме тому взаємодія повільних електронів зі складними молекулами викликає значний інтерес з точки зору відстеження перетворень у живих клітинах під дією іонізуючого випромінювання і створення нових методів щодо захисту від наслідків негативного впливу малих доз радіації.

Це, безумовно, і визначає незаперечну актуальність даної дисертаційної роботи. Автором було поставлено та вирішено важливу задачу дослідження таких характеристик вказаних вище процесів іонізації та збудження, як емісійні спектри молекул аденіну та гуаніну в УФ та видимій області спектру та перерізи збудження найбільш інтенсивних молекулярних смуг, які спостерігаються в даних спектрах. Визначено абсолютні величини ефективних перерізів повної та дисоціативної іонізації біологічно важливих молекул електронами. Виміряно мас-спектри, здійснений теоретичний

розрахунок довжин зв'язків та енергетичних рівнів молекул та встановлено механізми перебігу вказаних процесів.

Для дослідження процесів збудження в УФ та видимій областях спектру були використані методи паро наповненої комірки з електронним пучком та паро наповненої кювети з тліючим розрядом. При визначенні повних перерізів утворення позитивних іонів був використаний метод електрон-молекулярних пучків, що перетинаються. Для визначення парціальних перерізів утворення позитивних іонів молекул основ нуклеїнових кислот був використаний мас-спектрометричний метод з використанням техніки молекулярного та електронного пучків, що перетинаються під кутом  $90^\circ$ , для дослідження основних характеристик та закономірностей вказаних процесів з подальшою екстракцією продуктів взаємодії (іонів) під прямим кутом до площини перетину пучків.

У ході виконання роботи автором було розроблено та виготовлено джерела пучків електронів, джерела молекулярних пучків та паро наповнених кювет.

У результаті виконання роботи отримано значний обсяг даних з процесів іонізації і збудження молекул аденіну і гуаніну електронним ударом, зокрема:

- Проведено комплексні експериментальні дослідження мас-спектрів молекул при іонізації електронним ударом, ідентифіковано їх основні компоненти, та виміряно енергії іонізації вихідних молекул.
- Проведено аналіз отриманих експериментальних результатів із використанням відповідних даних теоретичних розрахунків та встановлено основні механізми дисоціації вихідних молекул.
- Отримано спектри люмінесценції молекул аденіну і гуаніну під дією електронного пучка та емісійний спектр електричного розряду в парах молекул. Спектри люмінесценції молекул аденіну і гуаніну свідчать про їх інтенсивну фрагментацію, а саме: руйнування молекулярних структур за рахунок процесів дисоціативного збудження, дисоціативного збудження з іонізацією, збудження електронних рівнів вихідної молекули та молекулярного іону.
- Виміряно функції збудження найбільш інтенсивних смуг випромінювання у спектрах гуаніну ( $\lambda = 289,2; 326,5; 337,0; 415,5$  нм) та аденіну ( $\lambda = 337,0; 357,4; 486,1; 415,0$  нм), ініційованих електронами в інтервалі енергій електронів від порогу до 100 еВ, запропонована їх ідентифікація.

Отримані у роботі результати мають беззаперечну новизну. Зокрема:

1. Вперше визначені абсолютні величини та енергетичні залежності повних перерізів утворення позитивних іонів молекул аденіну та гуаніну.
2. Виміряні мас-спектри молекул аденіну і гуаніну та визначені схеми їх фрагментації.

3. Вперше визначені абсолютні значення парціальних перерізів утворення іонних фрагментів при взаємодії молекул аденіну та гуаніну з електронами.
4. Отримані спектри люмінесценції молекул аденіну та гуаніну при взаємодії з електронами різної енергії в інтервалі довжин хвиль 250-500 нм. Для молекул гуаніну дані дослідження виконані вперше.
5. Визначені функції збудження найбільш інтенсивних молекулярних смуг в спектрах аденіну та гуаніну ініційованих електронами в інтервалі енергій електронів від порогу до 100 еВ.

Достовірність отриманих у роботі нових даних з характеристик вказаних вище процесів, їх новизна і наукова вагомість не викликають сумнівів. Це підтверджується багаточисельними дослідженнями, результати яких мають високу відтворюваність і багатократність вимірів. Широке залучення теоретичних методик і співставлення отриманих результатів з наявними у літературі дозволило встановити принципово нові закономірності перебігу процесів електрон-молекулярної взаємодії.

Дисертаційна робота Ю.Ю. Свида, результати досліджень, отримані з залученням ретельно розроблених і надійно апробованих методик, представляють значний науковий інтерес і можуть знайти широке застосування у практиці – екології, фармакології, медицині, зокрема у променевої терапії для оцінки радіаційних змін в молекулах ДНК і РНК при внутрішньому  $\beta$ -опромінюванню і створення нових методів щодо захисту від наслідків негативного впливу малих доз радіації. Також використані в якості методик визначення абсолютних величин повних перерізів іонізації широкого класу біомолекул та дослідження люмінесценції біомолекул в умовах електричного розряду. Результати дисертації можуть бути рекомендовані до використання у Київському національному університеті імені Т.Г. Шевченка (м. Київ), Національному медичному університеті імені О.О. Богомольця (м. Київ), Інституті фізики НАН України (м. Київ), Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна (м. Харків) та інших організаціях України.

Результати досліджень, виконаних у дисертаційній роботі Ю.Ю. Свида, достатньо повно викладені у публікаціях у вигляді 7 наукових статей у провідних вітчизняних та міжнародних наукових журналах, 9 матеріалів низки міжнародних конференцій, що свідчить про їх широку і всебічну апробацію. Звертає на себе широка географія представлення роботи на наукових зібраннях у різних країнах. Автореферат і цитовані роботи автора повністю відповідають дисертації.

Разом з тим, до дисертаційної роботи можна висловити декілька зауважень.

1. В роботі не пояснюється розходження між теоретичними розрахунками виконаними дисертантом та експериментальними даними по визначенню потенціалу іонізації молекул. В той же час, теоретичні розрахунки

