

УДК 539.19

Ю.Ю.Свида, М.І.Суховія, М.О.Маргітич, М.І.Шафраньош,
І.І. Шафраньош

Ужгородський національний університет, вул. Волошина, 54, Ужгород, 88000
e-mail: ivanshafr@gmail.com

СПЕКТР СВІЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО РОЗРЯДУ В ПАРАХ АДЕНІНУ

Виконані експериментальні дослідження свічення постійного електричного розряду в парах аденіну. Отримані спектри свічення розряду в області довжин хвиль 200– 500 нм. У спектрі свічення виявлені 35 спектральних смуг. Для частини молекулярних смуг приведена їх ймовірна ідентифікація.

Ключові слова: розряд, люмінесценція, збудження, аденін.

Вступ

Вивчення процесів взаємодії повільних електронів із біомолекулами є перспективним напрямком, який, в останній час, привертає увагу дослідників. Надійні дані про спектр свічення (люмінесценції) важливих біомолекул можуть бути отримані лише в експериментах, у яких роль навколишнього середовища зведена до мінімуму, а досліджуваний біооб'єкт буде знаходитись у газовій фазі.

Дослідження процесів збудження ізолюваних молекул азотистих основ нуклеїнових кислот представлені небагатьма роботами. Зокрема, збудження нуклеотидної основи аденіну експериментально вивчалася в роботах [1, 2]. Так, в роботі [1] оптичним методом в умовах електронного та молекулярного пучків, що перетинаються, вперше було отримано спектр люмінесценції молекули аденіну, ініційованого електронним пучком з енергією 100 еВ. Авторами [1] була здійснена ідентифікація молекулярних смуг в отриманому спектрі. У більш пізнішому дослідженні [2] люмінесценція молекул аденіну під дією електронів різних енергій вивчалася в умовах паронаповненої комірки. Автори цієї роботи привели ідентифікацію смуг у спектрах, яка була запропонована в роботі [1].

Метою роботи є дослідження процесів люмінесценції молекул аденіну

електронним ударом в умовах постійного електричного розряду.

Техніка та методика дослідження

Люмінесценція молекул аденіну вивчалася за допомогою експериментальної установки, основними вузлами якої є розрядний пристрій, система реєстрації випромінювання і система вакуумного помпування розрядної трубки (див. рис. 1).

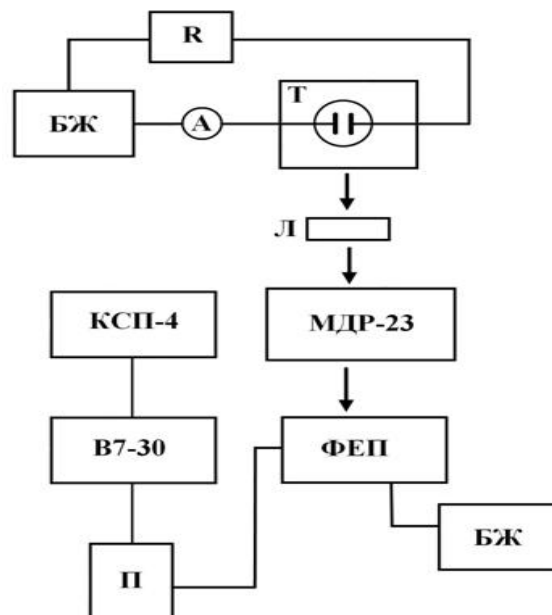


Рис. 1. Блок-схема експерименту

Конструкція розрядного пристрою схематично представлена на рис. 2. Основними елементами пристрою є: розрядна трубка з молібденовими електродами та кварцовим віконцем для виводу випромінювання; термостат,

уякому розміщувалася розрядна трубка; блоки електроживлення трубки і термостату.

На осьовій лінії трубки розміщувалися молібденові електроди – катод (К) і анод (А), а в найбільш холодному місці трубки термодатчик температури (хромель-алюмель). Температура термостата встановлювалася резистивною біфілярною обмоткою, через яку проходив постійний електричний

струм від стабілізованого джерела. Препарат аденіну поміщався у трубку, яка попередньо піддавалася процедурі вакуумного знегажування та очистки. Бував використаний препарат аденіну фірми Sigma-Aldrich (чистота 99%).

Щоб унеможливити конденсацію пари аденіну на кварцовому віконці, його поміщали в додатковий термостат, температура якого на 20 К була вище за температуру основного термостату.

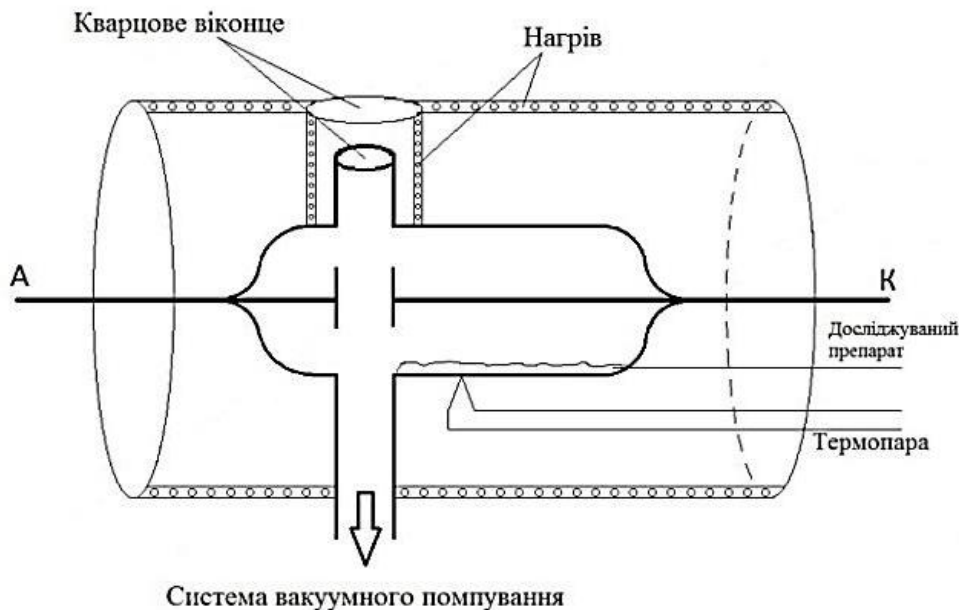


Рис. 2. Розрядний пристрій

Випромінювання, яке виникало в розрядній трубці (Т), виводилося із неї через кварцове віконце. За допомогою кварцової лінзи (Л), розміщеної на подвійній фокусній віддалі ($f = 95$ мм) від області розряду, проектувалося на вхідну щілину дифракційного монохроматора МДР-23, обернена лінійна дисперсія якого становить 1.3 нм/мм (в діапазоні $\lambda = 200 - 800$ нм). Виділене монохроматором випромінювання детектувалося фотоелектронним помножувачем (ФЕП) типу ФЕУ-106. Високочутлива система реєстрації світлових потоків в експериментах працювала в режимі підсилення постійного струму. Підсилювачем був використаний прилад В7-30. Вихідний сигнал з В7-30 поступав на вхід самописця КСП-4. Розгортка

спектру здійснювалася за допомогою блоку управління електродвигуном.

Вакуум в розрядній трубці створювався багатовступчастою системою помпування, до складу якої входили: високовакуумна магніторозрядна помпа НМД-04-01, дифузійна помпа типу НВД-015 та механічна помпа попереднього розрідження ВН-05МГ, вакуум-проводи, вентилі ДУ-50, ВРП-32, ВРП-25, цеолітова та криогенна пастки. Розрідження, яке є необхідним для експериментів у розрядній трубці, досягалося в три етапи:

- на першому етапі, після завантаження досліджуваного препарату в розрядну трубку і її герметизації, вмикалася помпа ВН-05МГ, яка створювала у камері попереднє розрідження $\sim 10^3$ Па;

- на другому етапі в дію вводилася дифузійна помпа НВД-015, яка помпувала камеру до тисків – 1 Па. Для запобігання проникненню парів масла у вакуумну камеру, використовувались дві пастки – кріопастка (охолоджувана рідким азотом), яка встановлювалась на вході дифузійної помпи, та цеолітова, яка встановлювалась на її виході. На цьому ж етапі здійснювався попередній прогрів та термодезація робочої речовини, прогрів стінок трубки за допомогою термостату;
- третій етап помпування починався, коли розрідження в трубці сягало 1 Па, при якому камера за допомогою вентиля ДУ-50 перекривалася від дифузійної та механічної pomp; подальше пониження тиску в трубці здійснювалося магніторозрядною помпою НМД-04-01.

При досягненні тиску в трубці $\sim 10^{-4}$ Па здійснювалося її від'єднання від системи вакуумного помпування.

Результати та їх обговорення

В результаті проведених експериментів були отримані спектри випромінювання розряду в парах молекул аденіну в області

довжин хвиль 200 – 500 нм. Умови експериментів були наступними: струм розряду – 10 мА, напруга в області розрядного проміжку – 540 В, температура парів – 330 К, тиск парів $\sim 10^{-2}$ Па. На рис. 3 представлений спектр свічення розряду в парах молекул аденіну, в якому враховано спектральну чутливість експериментальної установки. Значення довжин хвиль в

максимумі молекулярних смуг, які пронумеровані на спектрі, приведені в таблиці 1. Для частини молекулярних смуг запропоновано найбільш ймовірну ідентифікацію, яка базувалася на аналізі даних робіт [1, 3-5]. Люмінесценція, яка виникає при збудженні π – електронів, ймовірно проявляється смугою в околі довжини хвилі 360 нм, на що вказують і дані роботи [4]. Спектральна смуга з максимумом при 435 нм, імовірно, відображає суперпозицію кількох процесів. Крім інтеркомбінаційних переходів, тут можливе збудження груп N_2CH_2 .

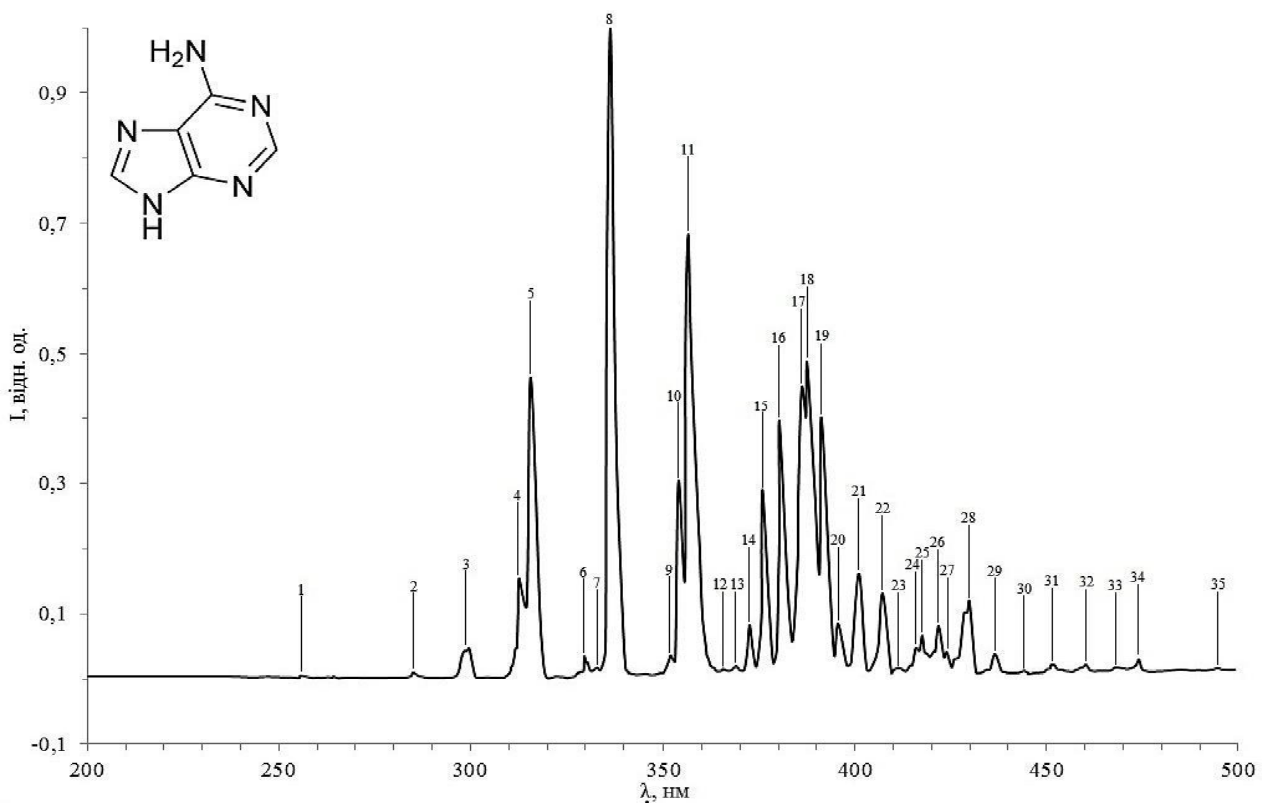


Рис. 3. Спектр розряду в парах аденіну

Таблиця 1

Спектральні смуги, зареєстровані у випромінюванні розряду в парах аденіну

№	λ , нм	I, відн. од.	Випромінювач	Перехід	№	λ , нм	I, відн. од.	Випромінювач	Перехід
1	255.6	0.005	NO	$A^2\Sigma^+ - X^2\Pi$	19	391.2	0.402	N_2^+	$B^2\Sigma - X^2\Pi$
2	284.9	0.010	NO	$A^2\Sigma^+ - X^2\Pi$	20	395.6	0.085	N_2	$C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$
3	299.6	0.047	N_2	$C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$	21	400.9	0.162		
4	312.7	0.154	N_2	$C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$	22	407.2	0.131		
5	315.7	0.464	N_2	$C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$	23	411.7	0.017		
6	329.7	0.035	CN^+	$c^1\Sigma - a^1\Sigma$	24	415.8	0.047		
7	333.1	0.018			25	417.5	0.067	CN	$B^2\Sigma - A^2\Pi$
8	336.5	0.999	N_2 NCN	$C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$ $^3\Pi_u - ^3\Sigma_g^-$	26	421.8	0.081	CN	$B^2\Sigma - A^2\Pi$
9	351.9	0.036			27	423.9	0.042		
10	353.9	0.303	N_2	$C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$	28	429.9	0.119	N_2^+ CH	$B^2\Sigma - X^2\Pi$ $A^2\Delta - X^2\Pi$
11	356.5	0.683	$C_5H_5N_5$ N_2 HNCN	$S_1 \rightarrow S_0$ $C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$ $\tilde{A} - \tilde{X}$	29	436.5	0.038	$C_5H_5N_5$ N_2CH_2	$T_1 \rightarrow S_0$ $\tilde{A} - \tilde{X}$
12	365.5	0.016			30	444.2	0.013		
13	368.9	0.020	N_2	$C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$	31	451.1	0.022		
14	372.5	0.083	N_2	$C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$	32	460.3	0.022		
15	375.9	0.290	N_2	$C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$	33	467.9	0.018		
16	380.3	0.395	N_2	$C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$	34	474.1	0.030		
17	386.1	0.447	CN NH_2	$B^2\Sigma - A^2\Pi$	35	494.8	0.017		
18	387.5	0.486	CN CNC	$B^2\Sigma - A^2\Pi$ $^2\Delta - ^2\Pi$					

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Суховія М.І., Вошепинець Є.І., Шафраньош М.І., Шимон Л.Л. Збудження та іонізація аденіну електронним ударом // Біополімери і клітина – 1996. – Т.12, №3. – С. 97-100.
2. Erdevdi N.M., Zvenigorodskii V.V., Shpenik O.B., Romanova L.G. Excitation of adenine molecules by slow electrons // Optics and Spectroscopy. – 2013. – V. 114, № 1. – P. 47-51.
3. Герцберг Г. Электронные спектры и строение многоатомных молекул – М.: Мир. – 1969. – 772 с.
4. Dodonova D.Ya. Vacuum UV – photophysics and photochemistry of biomolecules // J. Photochem. Photobiol. B: Biol. – 1993. – V. 18. – P. 111-121.
5. Pearse R.W., Gaydon A.G. The identification of molecular spectra. – London: Chapman. – 1963. – 562p.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2015.

Yu. Yu. Svyda, M. I. Sukhoviya, M. O. Margitych, M. I. Shafranyosh, I. I. Shafranyosh

Uzhhorod National University, Voloshin Str., 54, Uzhhorod, 88000

RADIATION SPECTRA OF ELECTRIC DISCHARGE IN ADENINE VAPORS

Experimental study of radiation of continuous electric discharge in adenine vapors performed. The radiation spectra of discharge in the wavelength range 200 – 500 nm obtained. In the spectrum 35 spectral bands found. For some molecular bands the identification is given.

Keywords: discharge, luminescence, excitation, adenine.

Ю.Ю.Свида, М.И. Суховия, Н.А. Маргитич, М.И. Шафраньош,
И.И. Шафраньош

Ужгородский национальный университет, ул. Волошина, 54, Ужгород, 88000

СПЕКТР СВЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА В ПАРАХ АДЕНИНА

Выполнены экспериментальные исследования свечения постоянного электрического разряда в парах аденина. Получены спектры свечения разряда в области длин волн 200 – 500 нм. В спектре свечения обнаружены 35 спектральных полос. Для части молекулярных полос приведена их вероятная идентификация.

Ключевые слова: разряд, люминесценция, возбуждение, аденин.