

УДК 612.461.175  
PACS number(s): 87.15.M

## ПРИРОДА ЛЮМІНЕСЦЕНТНОГО СВІЧЕННЯ СУХИХ ЗАЛИШКІВ УРИНИ У НОРМІ ТА ЗА НАЯВНОСТІ УРАТНИХ І ОКСАЛАТНИХ СОЛЕЙ

**О. Бордун, О. Дробчак, І. Дудик**

*Львівський національний університет ім. І.Франка  
факультет електроніки  
вул. Драгоманова, 50, 79005 Львів, Україна  
e-mail: [bordun@electronics.wups.lviv.ua](mailto:bordun@electronics.wups.lviv.ua)*

Досліджено спектри збудження люмінесценції та спектри люмінесценції сечовини  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  і сухих залишків урини без відхилень від норми і за наявності оксалатних та уратних солей. Методом Аленцева–Фока проведено розклад спектрів на елементарні складові. Смуги з максимумом при 2,20 та 2,65 еВ у спектрах люмінесценції сечовини і урини зв'язуються з  $n \rightarrow \pi^*$ -переходами за участю неподілених електронів гетероатомів О та N, відповідно. Смуга з максимумом 3,64 еВ у спектрі люмінесценції сечовини та урини з уратними солями зумовлена  $n \rightarrow \sigma^*$ -переходом, пов'язаним з перерозподілом електронної густини у карбонильній групі. Смуга з максимумом 1,85 еВ пов'язується зі свіченням уратних солей, які входять до складу патологічної урини.

*Ключові слова:* спектри люмінесценції, сечовина, урина, урати, оксалати.

У сучасних дослідженнях фізіології живих організмів, а також відхилень у роботі органів від норм функціонування важливу роль відіграють дослідження водно-солевого обміну рідин організму. При цьому розглядаємо функціональний розподіл і стан неперервного динамічного обміну між окремими типами рідин. Проблема водно-солевого обміну, крім великого теоретичного значення, важлива для терапії ниркових та багатьох інших хвороб, які виникають унаслідок порушення такого типу обмінних процесів в організмі.

Основним органом, який виступає за збереження постійності фізико-хімічних характеристик внутрішніх рідин живого організму, є нирки. Продукт роботи нирок – урина – може слугувати інформаційною основою для діагностики організму. Порушення обміну спричиняють появу в урині солей, яких у нормі вона не містить. Ці солі можуть свідчити про різні захворювання організму. Виділяють солі, які сприяють розвитку сечокам'яної хвороби. Серед них – оксалати  $\text{Me}_2(\text{COO})_2$ , урати  $\text{MeC}_5\text{H}_3\text{O}_3\text{N}_4$ , фосфати  $\text{Me}_3\text{PO}_4$  та ін. Дослідження люмінесцентних властивостей цих солей є досить актуальними у плані розширення медичної діагностики. Разом з відомими біохімічними та іншими методами [1–5] такі методики можуть бути використані для експрес-діагностики без використання хімічних препаратів. Мета цієї статті – дослідження люмінесценції урини без відхилень від норми у її складі та її основної компоненти – сечовини, а також визначення центрів свічення і аналіз їхньої природи.

Досліджувались зразки урини, одержані з клінічної лабораторії Львівської обласної спеціалізованої клінічної лікарні. Всі зразки перед дослідженням піддавались попередньому біохімічному аналізу. Для досліджень використовувались 2–3 краплі урини, які наносили на кварцову пластинку, нагріту до 40–45°C. Після випаровування рідини, було проведено дослідження сухих залишків. Всі зразки були приготовлені й досліджені в однакових умовах. Як сечовину використовували сировину марки ОСЧ.

Дослідження люмінесценції при лазерному збудженні проводили з використанням азотного лазера ЛГИ-21 з довжиною хвилі збуджувального світла 337,1 нм (3,68 еВ) і аргонного лазера М-931 з довжиною хвилі 457,9 нм (2,71 еВ). Як джерело фотозбудження використовували лампу ДКсЭл-1000 з монохроматором ЗМР-3. Свічення зразків аналізували з допомогою монохроматора СФ-4А і реєстрували фотопомножувачем ФЭУ-79, сигнал з якого подавали на резонансний підсилювач і реєстрували потенціометром ПДА-1. Постійна кількість квантів при дослідженні спектрів збудження люмінесценції підтримувалась системою автоматичного регулювання ширини щілини монохроматора. Для спектрів люмінесценції вводили поправку на спектральну чутливість фотоприймача і дисперсію монохроматора.

Дослідження катодолюмінесцентних властивостей проводили в режимі імпульсного електронного збудження. Вимірювання спектрів свічення катодолюмінесценції проводили на установці, що змонтована на базі спектрофотометра СФ-4А. Спектри вимірювали в геометрії на відбивання з допомогою фотопомножувача ФЭУ-79, вихідний сигнал з якого подавався на резонансний підсилювач і реєструвався потенціометром ПДА-1. Під час вимірювання катодолюмінесцентних властивостей електрична схема забезпечувала нульовий потенціал на зразках.

Спектри збудження люмінесценції сухих залишків урини без патологічних солей та з наявністю уратних та оксалатних солей, а також сечовини показано на рис. 1, 2.

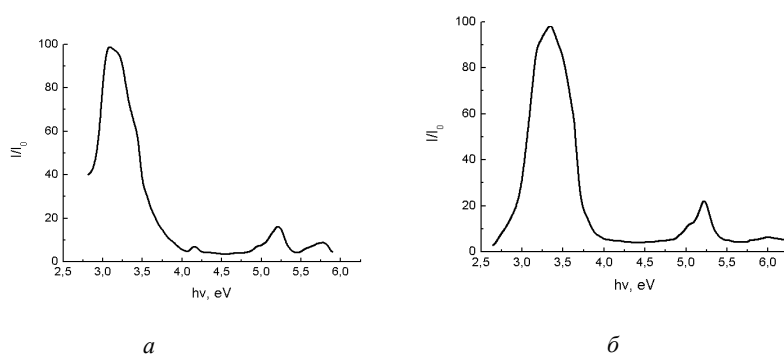


Рис. 1. Спектри збудження люмінесценції сечі без патологічних солей (а) і сечовини (б), зняті через світлофільтр ЖС-12 за температури 295 К

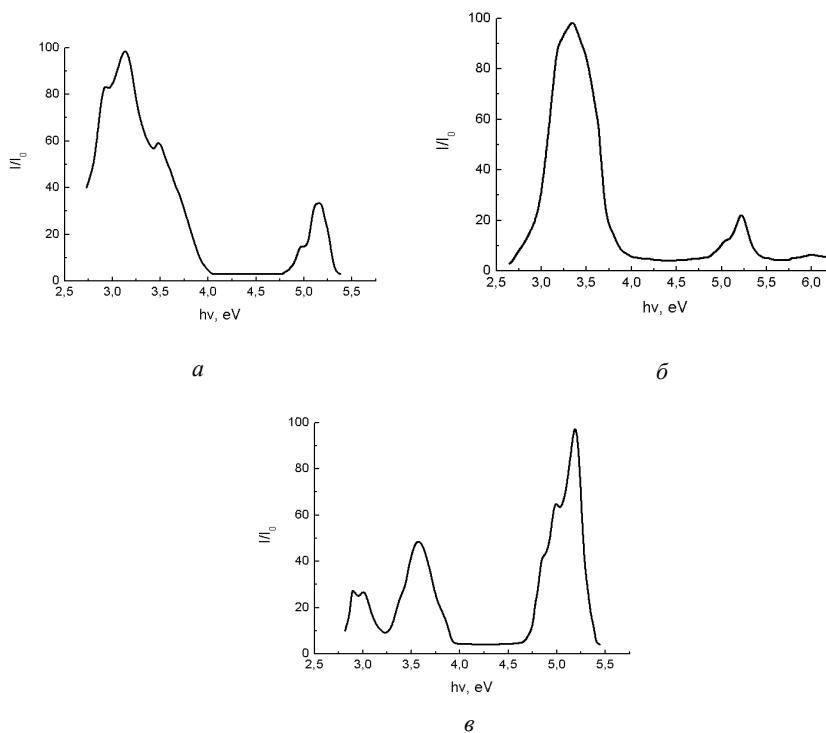


Рис. 2. Спектри збудження люмінесценції сечі за наявності фосфатних (а), оксалатних (б) і уратних (в) патологічних солей, зняті через світлофільтр ЖС-12 за температури 295 К

Порівняння приведених спектрів засвідчує, що всі спектри фотозбудження мають схожу структуру. Зокрема, практично на всіх спектрах переважаючою є широка смуга збудження в області від 2,7 до 4,1 еВ (від 450 до 300 нм) із максимумом в області 3,2 еВ (390 нм). Спектри збудження люмінесценції, виміряні за наявності в урині патологічних солей засвідчують, що така смуга збудження містить не менше трьох компонентів, спектральне положення яких дещо змінюється у разі зміни патологічних солей. Крім того з'ясовано, що наявність патологічних солей спричинює гасіння інтенсивності люмінесценції. Така ситуація характерна для багатьох випадків, коли наявність домішки веде до гасіння люмінесценції речовини. Це гасіння у разі створення внутрішньокмплексної сполуки з катіонами може відбуватися в тому випадку, якщо катіон чинить хромофорну дію і гасить люмінесценцію [8]. Такими є катіони з незаповненими електронними оболонками [9], до яких належить і присутні у патологічних катіони  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ . На спектрах збудження люмінесценції також досить чітко виділяються максимуми в області близько 5,2 еВ (238 нм) та більш високоенергетичній області близько 5,9 еВ (210 нм). Враховуючи, що ці спектри мають досить близьку структуру, можна стверджувати, що спектр збудження люмінесценції сечовини формує спектр збудження люмінесценції урини, основним компонентом якої є сечовина. Така ситуація узгоджується з результатами [10], де з'ясовано, що у досліджуваній спектральній області поглинання урини визначається трьома

компонентами: сечовиною, сечовою кислотою і тирозином. Це дає змогу використати спільні підходи у вивченні природи виділених смуг у спектрах збудження люмінесценції.

В [11] було висвідчено електронних спектрів ряду карбамідів методами електронної спектроскопії і квантової хімії з метою визначення положення довгохвильового поглинання молекул сечовини  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  та інтерпретації його природи. З урахуванням отриманих результатів подальших досліджень [12] область довгохвильового поглинання близько 5,4 еВ (230 нм) визначена досить надійно і зачислена до переходів  $n \rightarrow \pi^*$ -типу. Збільшення полярності розчинника приводить до «блакитного» зсуву даної смуги, що є ознакою  $n \rightarrow \pi^*$ -переходу. Саме такий ефект простежений при додаванні у розчин сечовини мінеральних кислот, що і дало змогу інтерпретувати перехід в області 5,4 еВ як  $n \rightarrow \pi^*$  [11]. Аналіз спектрів поглинання сечовини та розрахунок її електронної будови методом Хюкеля було проведено в [13]. На основі отриманих результатів автори [13] також зробили висновок, що ця смуга зумовлена  $n \rightarrow \pi^*$ -переходом. При цьому таке поглинання пов'язане переважно з перерозподілом електронної густини в карбонільній групі  $\text{C}=\text{O}$  [12]. Природа високоенергетичного поглинання в області 6,0–7,0 еВ (180–205 нм) однозначно не з'ясовано. Розрахунки [12] засвідчують участь рідбергівських станів у формуванні цих смуг поглинання.

Фізичні властивості, зокрема, оптичні властивості сечовини і сухих залишків урини передусім чергу визначаються їх складовими частинами – молекулярними катіонами та аніонами. Водночас вони певним чином залежать від нестехіометрії хімічного складу, що виявляється у наявності відхилення складу урини від норми, від наявності домішок. Це зумовлене тим, що сечовина, завдяки наявності в її молекулі електродонорних груп, здатна до утворення комплексів. Молекули сечовини в кристалі утворюють одна з одною слабкі міжмолекулярні зв'язки  $\text{N}-\text{H}\dots\text{O}$  [14]. Кристалічну сечовину зачисляють до просторової групи  $\text{P}4_2\text{m}$  [15] і вважають комплексною сполукою, в якій комплексоутворювачем слугує іон водню, а лігандами – від'ємно заряджені іони кисню та азоту. Сечовина в кристалі за допомогою водневих зв'язків утворює міцну тетрагональну структуру, яка має молекулярні порожнини. Це створює можливість утворення просторових сполук з домішками чи компонентами урини. Такі сполуки значною мірою визначають характер процесів поглинання і вторинного розсіювання світла, а також люмінесценції, яка виникає у сполуках без введення до їх складу спеціальних активаторних домішок. У зв'язку з цим найімовірніше, що неелементарна низькоенергетична смуга збудження люмінесценції з максимумом близько 3,2 еВ (385 нм) і зумовлена наявністю такого свічення. Це підтверджується і тим, що наявність патологічних солей в урині найсильніше впливає на інтенсивність і форму саме цієї смуги [4]. Такі міркування узгоджуються з результатами роботи [16], де досліджувався електронний спектр поглинання урини в області 2,25–6,20 еВ (206–550 нм) і було з'ясовано, що максимум спектра розташований в ділянці близько 3,4 еВ (360 нм). Проте різноманітні відхилення від норми у складі урини призводять до деяких змін у спектральному положенні цієї смуги. Так, наприклад, підвищений вміст білка в урині спричинює до зміщення максимуму поглинання в короткохвильову область [16].

Проведені дослідження люмінесценції сечовини  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  і сухих залишків урини засвідчили, що свічення цих зразків утворює широку неелементарну смугу, форма якої залежить від виду та енергії збудження. Такі спектри свічення малоінформативні, оскільки важливі дані можна отримати, визначивши параметри індивідуальних смуг, які входять до складу складного спектра. З огляду на це виникає необхідність розділення складного спектра на неелементарні складові, тобто визначення кількості елементарних

смуг, їхні форми і положення на шкалі енергій. Найпоширенішим методом розкладу таких спектрів є метод Алєнцева–Фока [17], який і використано у статті. Для додаткової перевірки визначення максимумів елементарних складових використовували метод похідних від спектрів люмінесценції [18]. Дослідження проводили зі спектрами люмінесценції, виміряними під час лазерного і катодного збудження, а також зі спектрами люмінесценції, виміряними в області збудження 3,0–5,5 еВ (225–400 нм). У процесі розрахунків було використано стандартні програми для обробки оптичних спектрів.

В ході досліджень було з'ясовано, що спектри люмінесценції сечовини і сухих залишків урини містять різну кількість елементарних складових, кількість яких визначається енергією і видом збудження (рис. 3–6).

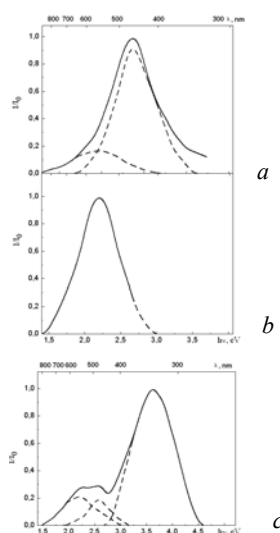


Рис. 3. Спектри люмінесценції сечовини при лазерному збудженні з енергією збудження  $h\nu_{36}=3,68$  еВ (а) та  $h\nu_{36}=2,71$  еВ та при катодному збудженні (с);  $T=295$  К; штрихові лінії – елементарні складові

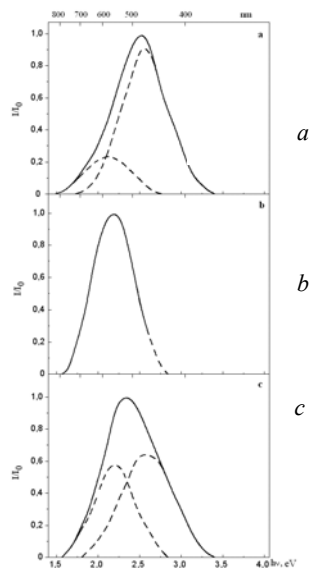


Рис. 4. Спектри люмінесценції сухих залишків урини без відхилень від норми при лазерному збудженні з енергією збудження  $h\nu_{30}=3,68$  eВ (a) та  $h\nu_{30}=2,71$  eВ та при катодному збудженні (c);  $T=295$  K; штрихові лінії – елементарні складові

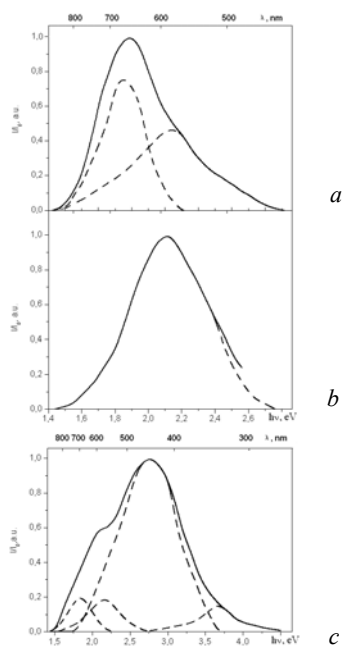


Рис. 5. Спектри люмінесценції сухих залишків урини за наявності уратних солей при лазерному збудженні з енергією збудження  $h\nu_{30}=3,68$  eВ (a) та  $h\nu_{30}=2,71$  eВ та при катодному збудженні (c);  $T=295$  K; штрихові лінії – елементарні складові

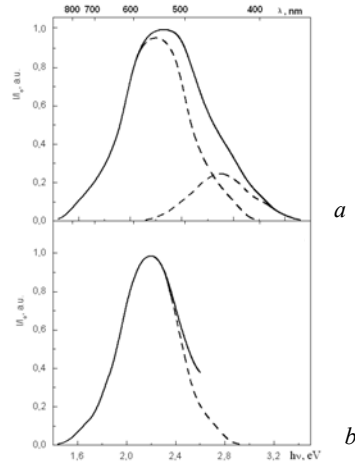


Рис. 6. Спектри люмінесценції сухих залишків урини при наявності оксалатних солей при лазерному збудженні з енергією збудження  $h\nu_{36}=3,68$  eВ (a) та  $h\nu_{36}=2,71$  eВ (b)  $T=295$  K; штрихові лінії – елементарні складові

Зокрема при збудженні азотним лазером ЛГИ-21 спектри люмінесценції сечовини і сухих залишків урини в нормі та з наявністю оксалатних солей містять по дві елементарні смуги з максимумами в області 2,20 та 2,65 eВ (563 та 468 нм) (рис. 3, a; 4, a; 6, a), тоді як спектри люмінесценції сухих залишків урини з уратними солями містять дві елементарні смуги з максимумами в області 1,85 та 2,15 eВ (670 та 577 нм) (рис. 5, a). В той же час, при збудженні аргоновим лазером М-931, відповідні спектри містять лише одну низькоенергетичну смугу свічення з максимумом в області 2,20 eВ (рис. 3, b; 4, b; 6 b) і в області 2,15 eВ для урини з уратними солями (рис. 5, b). Використання катодного збудження з енергією збуджувальних електронів до 10 кеВ дає змогу в спектрах катодолюмінісценції сечовини та сухих залишків урини з уратними солями виділити елементарну смугу з максимумом в області 3,64 eВ (340 нм). Характерні виділені смуги люмінесценції у спектрах свічення сечовини та урини різного складу показані у табл. 1.

Таблиця 1

Смуги люмінесценції у спектрах свічення сечовини та сухих залишків урини без відхилень від норми та за наявності патологічних солей

Зразок	Спектральне положення максимуму елементарної, eВ			
Сечовина	–	2,20	2,65	3,64
Урина без відхилень від норми	–	2,20	2,65	–
Урина з наявністю уратних солей	1,85	2,15	2,70	3,64
Урина з наявністю оксалатних солей	–	2,20	2,65	–

Порівняння отриманих результатів дає змогу зробити висновок, що люмінесцентне свічення у різних типах зразків має спільну природу і зумовлене електронними процесами за участю молекулярних орбіталей сечовини.

Проведені розрахунки густини станів і зонної будови сечовини [19] засвідчили, що верхня заповнена молекулярна орбіталь сечовини має складну будову, зумовлену

впливом C=O та C-N зв'язків. Зокрема, проведені розрахунки числа Робі-Девідсона [20], яке інформує про властивості валентних орбіталей, показали для C-N та C=O зв'язків у твердій фазі сечовини, відповідно, величини 1,49 та 2,45. Це свідчить про те, що зв'язок C-N є слабшим відносно зв'язка C=O і зв'язок C=O вносить більший внесок у формування заповнених молекулярних орбіталей сечовини. Згідно з [19] верхні заповнені орбіталі сечовини формуються енергетичними рівнями O та N, нижні вільні орбіталі сечовини – енергетичними рівнями C. Керуючись цим, смуги люмінесценції, що ми їх виділили у спектрах сечовини і сухих залишків урини, можуть бути зумовлені переходами з участю неподілених пар електронів гетероатомів O та N. Теоретичні і експериментальні дані [21] засвідчують ефективний вплив  $n$ -електронів гетероатомів на оптичні властивості молекул, який залежить від їхньої природи і ступеня спряженості з  $\pi$ -системою.

Імовірність  $n \rightarrow \pi^*$ -переходів у гетероатомів різна: вона вища у атомів, які мають більший атомний радіус. Також експериментально визначено, що енергія  $n \rightarrow \pi^*$ -переходів зменшується в ряді  $N > O > S$  [21]. Це дає змогу зв'язати дві низькоенергетичні смуги випромінювання у спектрах люмінесценції сечовини та сухих залишків урини з максимумами при 2,20 та 2,65 eV з  $n \rightarrow \pi^*$ -переходами з участю неподілених пар електронів гетероатомів O та N, відповідно.

Враховуючи напівемпіричні розрахунки [12] і розрахунки густини станів та енергетичних рівнів сечовини [19], смуга люмінесценції з максимумом 3,64 eV найімовірніше пов'язана з  $n \rightarrow \sigma^*$ -переходом, що залежить від перерозподілу електронної густини в карбонільній групі. Визначимо, що інтенсивний  $n \rightarrow \sigma^*$ -перехід є характерним для амідів, до яких належить сечовина (карбамід). Таке припущення також добре узгоджується зі структурними дослідженнями зв'язків сечовина-катіон у кристалічних адуктах сечовини [22]. В досліджених в [26] 26 кристалічних структурах адуктів сечовини виявлено, що у всіх досліджуваних комплексах катіони зв'язуються з киснем. Враховуючи, що в урині, яка є продуктом виділення нирок, окрім сечовини наявна і низка катіонів [23], то зв'язок з атомами кисню в сечовині може спричинити перерозподіл електронної густини  $\sigma$ -орбіталі і внаслідок цього можливе послаблення інтенсивності  $n \rightarrow \sigma^*$ -переходу, як у випадку урини з уратними солями, або може спостерігатись безвипромінювальна дезактивація  $n \rightarrow \sigma^*$ -переходу, як у випадку урини з оксалатними солями чи в нормі.

Зазначимо також, що у спектрах свічення сухих залишків урини з наявністю уратних солей простежується додаткова низькоенергетична смуга люмінесценції з максимумом у червоній області 1,85 eV (670 nm). Оскільки цієї смуги немає у всіх інших спектрах люмінесценції урини та сечовини, то логічно пов'язати її з солями сечової кислоти – уратами, які наявні в досліджуваній урині з уратами солями.

Одержані результати доводять, що спектри люмінесценції сухих залишків урини визначаються свіченням її основного компонента – сечовини. Використання методу Алєнцева–Фока для розділення спектрів люмінесценції сечовини і сухих залишків урини засвідчує, що ці спектри складаються з однакових індивідуальних смуг. Смуги з максимумами при 2,20 та 2,65 eV пов'язуються з  $n \rightarrow \pi^*$ -переходами з участю неподілених пар електронів гетероатомів кисню та азоту, відповідно. Смуга з максимумами 3,64 eV у спектрі люмінесценції сечовини та урини з уратними солями приписується  $n \rightarrow \sigma^*$ -переходу, пов'язаному з перерозподілом електронної густини в карбонільній групі. Смуга з максимумом 1,85 eV пов'язується зі свіченням уратних солей.



1. *Gijsbers G.H.M., Breederverd D.* et al. Optical properties of urine, blood plasma and pulmonary condensate of patients with pulmonary form of tuberculosis // *Lasers Life Sci.* 1986. Vol. 1. P. 29–48.
2. *Marijnissen J.P.A., Jansen H., Star W.M.* Reagent-free clinical analysis and diagnostics // *J.Urol.* 1989. Vol. 142. P. 1351–1355.
3. *Stavaren van H.J., Beek J.F., Keizer M., Star W.M.* Integrating sphere effect in whole-bladder wall photodynamic therapy. The influence of urine at 458, 488, 514 and 630 nm optical irradiation // *Phys. Med. Biol.* 1995. Vol. 40. P. 1307–1315.
4. Декл. патент на корисну модель України 7880 Спосіб визначення типу солей урини №33/493 / О.І.Білий, О.М.Бордун, А.В.Петрух МПК G 01 // Опубл. 15.07.2005, Бюл. №7, 2005.
5. *Li Y.-Q., Sui W.Wu Ch., Yu L.-J.* Derivative matrix isopotential synchronous fluorescence spectroscopy for the direct determination of 1-hydroxypyrene as urinary biomarker of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons // *Analytical science.* 2001. Vol. 17. P. 167–170.
6. *Черницький Е.А.* Спектральний люмінесцентний аналіз в медицині / Е.А.Черницький, Е.И., Слобожанина. Мінск: Наука і техніка, 1989. 375 с.
7. *Тищенко Ю.А., Орловська Л.В., Данилова В.И.* Електронні спектри поглинання карбаміда і його нітропроизводних // *Изв. вузов. Сер. физ.* 1980. Т. 3. С. 23–25.
8. *Посудин Ю.И.* Лазерна флуориметрія біологічних об'єктів / Посудин Ю.И. К.: Вища школа, 1985. 276 с.
9. *Головина А.П.* Хімічний люмінесцентний аналіз неорганічних речовин / Головина А.П., Левшин Л.В. Москва: Хімія, 1978, 234 с.
10. *Guminetsky S.G., Gauka O.R., Kokoschuk G.I.* et al. Absorption spectra of the main organic components of human urine in the absence of proteins // *Proc. SPIE.* 1999. Vol. 3904. P. 579–589.
11. *Фофонова Р.М., Орловська Л.В., Кузнецова Р.Т.* Електронні спектри поглинання карбамідів // *Изв. вузов. Сер. физ.* 1978. Вып. 1. С. 145–147.
12. *Тищенко Ю.А., Орловська Л.В., Данилова В.И.* Електронні спектри поглинання карбаміда і його нітропроизводних // *Изв. вузов. Сер. физ.* 1980. Вып. 3. С. 23–25.
13. *Figuera J.M., Mendez V.* Extended Hukel calculations of some ureas and thioureas // *An.Quim. Real. soc. esp. fis y quim.* 1971. Vol. 67. N 12. P. 1169–1177.
14. *Mullen D., Hellner E.* A simple refinement of density distributions of bonding electrons. V. Bond electron density distribution in urea, CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, at 123 K // *Acta crystallogr.* 1978. Vol. B34. N 5. P. 1624–1627.
15. *Swaminathan S., Craven B.M., McMullen R.K.* The crystal structure and molecular thermal motion of urea at 12, 60 and 123 K from neutron diffraction // *Acta Crystallogr.* 1984. Vol. B40. P. 300–304.
16. *Елисеєв А.А., Морозова Ю.П., Козинська В.А.* и др. Применение компьютерных и информационных технологий в медицине // *Вестн. Томск. гос. ун-та.* 2000. Вып. 269. С. 113–117.
17. *Фок М.В.* Разделение сложных спектров на индивидуальные полосы при помощи обобщенного метода аленцева // *Труды ФИАН.* 1972. Вып. 59. С. 3–24.
18. *Owen T.* Fundamentals of UV-visible spectroscopy / T.Owen.–Waldronn, Germany, Hewlett-Packard GmbH. 1996. 146 с.
19. *Pisani C.* Quantum-Mechanical Ab-initio Calculation of the Properties of Crystalline Materials. Lecture Notes in Chemistry / C.Pisani, Springer Verlag, Heidenberg. 1996. 67 p.

20. Sun H., Kung P.W.-C. An Ab Initio and Force Field Study of the Gas and Solid Phases // J.Comp.Chem. 2004. Vol. 26. N 2. P. 169–174.
21. Карякин А.В. *n*-электроны гетероатомов в водородной связи и люминесценции / А.В.Карякин. Москва: Наука, 1985. 214 с.
22. Lebioda L. Crystal structure of human prostatic acid phosphatase // Acta crystallogr. 1980. Vol. B36. N 2. P. 271–275.
23. Петрунь Н.М. Содержание химических веществ в тканях и жидкостях организма человека / Н.М.Петрунь, Л.И.Берченко. Москва: Наука, 1964. 284 с.

**THE NATURE OF LUMINESCENT GLOWING OF DREIED URINE SAMPLE IN  
CASE OF ANY DEVIATION IN COMPOSITION AND WITH PRESENCE  
OF URATE AND OXALATE SALTS**

**O. Bordun, O. Drobchak, I. Dudyk**

*Ivan Franko National University of Lviv, Faculty of Electronics  
M.Drahomanov Str., 50, Lviv 79005, Ukraine  
e-mail: bordun@electronics.wups.lviv.ua*

The photoexcitation and luminescence spectra of urea and dried urine samples were studied. The obtained spectra were disintegrated to elemental component by means of Alentsev–Fock’s method. Excitation stripes of urea and dried urine samples with the maxima nearly 2,2 and 2,64 eV are caused by  $n \rightarrow \pi^*$  transition of non-bonding electrons of heteroatoms O and N. Luminescence stripes of urea and urine with urate salts with the maximum nearly 3,64 eV are caused by  $n \rightarrow \sigma^*$  transition, which is associated with redistribution of electron density in carbonyl group. Luminescence stripe with the maxima nearly 1,85 eV is associated with luminescence of urate salts, which are in pathological urine.

*Key words:* luminescence spectra, urine, urea, urates, oxalates.

**ПРИРОДА ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО СВЕЧЕНИЯ СУХИХ ОСТАТКОВ МОЧИ В  
НОРМЕ И В ПРИСУТСТВИИ УРАТНЫХ И ОКСАЛАТНЫХ СОЛЕЙ**

**О. Бордун, О. Дробчак, И. Дудык**

*Львовский национальный университет им. И.Франко  
факультет электроники  
ул. Драгоманова, 50, 79005 Львов, Украина  
e-mail: bordun@electronics.wups.lviv.ua*

Исследованы спектры фотовозбуждения и люминесценции сухих остатков мочи. Полученные спектры разделены на элементарные полосы методом Аленцева–Фока. Полосы возбуждения мочевины и сухих остатков мочи с максимумами около 2,2 и 2,64 эВ связаны с  $n \rightarrow \pi^*$  переходами несвязанных электронов гетероатомов O и N. Полосы люминесценции мочевины и сухих остатков мочи в присутствии уратных солей с максимумом около 3,64 эВ связаны с  $n \rightarrow \sigma^*$ , которые вызваны перераспределением электронной плотности в карбонильной группе. Полосы люминесценции с максимумом около 1,85 эВ связаны с уратными солями, которые присутствуют в патологической моче.

*Ключевые слова:* спектры люминесценции, моча, мочевины, ураты, оксалаты.

Стаття надійшла до редколегії 13.05.2009  
Прийнята до друку 20.07.2009