

І.О. Юрченко, В.П. Буряк

УФ-СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ НІМЕСУЛІДУ

Запорізький державний медичний університет

Ключові слова: німесулід, УФ-спектри, оптичні характеристики, максимуми абсорбції, ідентифікація переходу електронів.

Ключевые слова: нимесулид, УФ-спектры, оптические характеристики, максимумы абсорбции, идентификация переходов электронов.

Key words: nimesulide, UV-spectrum, optical characteristics, maximums of absorption., identification of electronics transition

Вивчено УФ-спектри німесуліду у розчинниках різної полярності, встановлено залежність характеру смуг абсорбції від будови аналізованої сполуки, розраховано основні оптичні характеристики смуг, що спостерігали, проведено ідентифікацію типів переходу електронів.

Изучены УФ-спектры нимесулида в растворителях различной полярности, установлена зависимость характера полос абсорбции от строения анализируемого соединения, рассчитаны основные оптические характеристики наблюдаемых полос, проведена идентификация типов переходов электронов.

UV-spectrum of nimesulide in different polarity solvents have been studied, dependence of character of absorption stripes with the structure of analyzable compound has been ascertained, basic optical descriptions of the observed stripes have been estimated, authentication of types of transitions of electrons has been conducted.

Німесулід – N-(4-нітро-2-феноксіфеніл)метансульфо-намід – нестероїдний протизапальний засіб (НПЗЗ) з жарознижувальною, протизапальною та анальгетичною діями був уперше застосований в Італії у 1985 році. З того часу ведеться активна маркетингова компанія у понад 50 країнах світу. І дотепер німесулід займає значну частку ринку НПЗЗ в тих країнах, де його дозволено до медичного застосування [4].

МЕТА РОБОТИ: вивчення характеру ультрафіолетових спектрів вбирання німесуліду у розчинниках різної полярності: вода, 96% спирт етиловий, 0,1M NaOH, 1M NaOH, 0,1M HCl, 1M HCl, 0,1M H₂SO₄, 1M H₂SO₄, n-гексан, встановлення залежності характеру досліджуваних смуг вбирання від будови аналізованого лікарського засобу. Проведення ідентифікації типів переходів електронів на підставі значень, основних оптичних характеристик: молярний коефіцієнт світлобвирання – $\epsilon_{\text{макс}}$, напівширина смуги вбирання – $\Delta_{\nu/2}$, інтегральна інтенсивність – A, сила осцилятора – f, матричний елемент переходу електронів – M_{ik} [7,8].

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Експериментальне завдання полягає у вимірюванні ультрафіолетових спектрів вбирання німесуліду в серії розчинників, оскільки ця обставина має принципове значення при вивченні впливу природи розчинників різної полярності, кислот, лугів на характер електронних спектрів. При встановленні закономірностей взаємодії розчинник-розчинена речовина та використання цього ефекту для одержання найбільш повної інформації про природу досліджуваного типу переходу електронів. Важливою частиною експериментальної роботи є встановлення електронної будови аналізованої сполуки, вивчення взаємного впливу атомів на біореактивність молекули та розрахунок значень основних оптичних характеристик досліджуваних спектрів.

Вимірювання ультрафіолетових спектрів німесуліду проводилося за допомогою спектрофотометра CARY 50 (див. табл. 1).

Фармакопейний стандартний зразок німесуліду був наданий нам Державним підприємством “Науково-експериментальний фармакопейний центр України!”.

Реагенти та розчинники, що були нами використані при виготовленні розчинів, мали кваліфікацію хімічно чисті (х.ч.) Експериментальна частина.

Нами було виміряно ультрафіолетові спектри німесуліду у воді, 96% спирті етиловому, розчинах кислоти хлоридної (0,1M та 1M), кислоти сульфатної (0,1M та 1M), натрію гідроксиду (0,1M та 1M), n-гексані. Концентрація досліджуваних розчинів німесуліду у всіх випадках складала 2 мг%, тобто $6,4 \cdot 10^{-6}$ M.

Розчини німесуліду у зазначених розчинниках мають три смуги вбирання (табл. 1), з яких тільки перша і третя характеризуються явними максимумами, а друга проявляється у вигляді прихованої смуги, оскільки вона є результатом накладання більш інтенсивної смуги із тією, яка має меншу інтенсивність і тому виникає необхідність знайти положення максимуму більш слабкої смуги та її інтегральну інтенсивність.

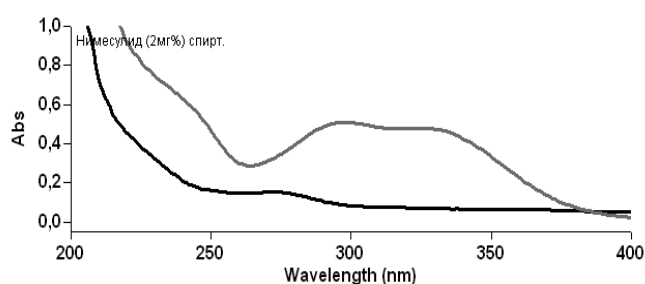


Рис. 1. УФ-спектр німесуліду в 96% спирті етиловому.

Спектральна характеристика німесуліді

Концентрація, розчинник	$\lambda_{\text{макс}}^{\text{'}}$ нм	$\epsilon_{\text{макс}}$	$\lg \epsilon$	Типи переходу електронів
6,4·10 ⁻⁶ М, вода	238	Середнє значення на перегіні		¹ L _b – смуга
	303	6700	3,83	р-π-супряження
6,4·10 ⁻⁶ М, 96% етанол	203	26800	4,43	¹ L _a – смуга
	205	26950	4,43	¹ L _a – смуга
	242	9300	3,97	¹ L _b – смуга
	298	7900	3,90	Накладання ¹ L _b – смуги та р-π-супряження
	329	6800	3,83	р-π-супряження
6,4·10 ⁻⁶ М, 0,1М НСІ	202	29900	4,48	¹ L _a – смуга
	232	Середнє значення на перегіні		¹ L _b – смуга
	301	8100	3,91	Накладання ¹ L _b – смуги та р-π-супряження
	335	6900	3,84	р-π-супряження
6,4·10 ⁻⁶ М, 1М НСІ	206	23200	4,37	¹ L _a – смуга
	238	9300	3,97	¹ L _b – смуга
	302	7900	3,90	Накладання ¹ L _b – смуги та р-π-супряження
	339	6500	3,81	р-π-супряження
6,4·10 ⁻⁶ М, 0,1М Н ₂ SO ₄	238	10800	4,03	¹ L _b – смуга
	300	7900	3,90	Накладання ¹ L _b – смуги та р-π-супряження
	340	7700	3,89	р-π-супряження
6,4·10 ⁻⁶ М, 1М Н ₂ SO ₄	232	11600	4,06	¹ L _b – смуга
	301	7700	3,89	Накладання ¹ L _b – смуги та р-π-супряження
	335	6600	3,82	р-π-супряження
6,4·10 ⁻⁶ М, 0,1М NaOH	204	12300	4,09	¹ L _a – смуга
	206	9050	3,96	¹ L _a – смуга
	217	18600	4,27	¹ L _a – смуга
	219	17700	4,25	¹ L _a – смуга
	222	16500	4,22	¹ L _a – смуга
	266	6100	3,79	¹ L _b – смуга
	392	15500	4,19	р-π-супряження
	202	7500	3,88	¹ L _a – смуга
6,4·10 ⁻⁶ М, 1М NaOH	206	11000	4,04	¹ L _a – смуга
	208	19600	4,29	¹ L _a – смуга
	211	14700	4,17	¹ L _a – смуга
	216	16900	4,23	¹ L _a – смуга
	218	15800	4,20	¹ L _a – смуга
	224	25300	4,40	¹ L _a – смуга
	271	5400	3,73	¹ L _b – смуга
	394	14600	4,16	р-π-супряження
6,4·10 ⁻⁶ М, n-гексан	204	19300	4,29	¹ L _a – смуга
	230	9300	3,97	¹ L _b – смуга
	289	6300	3,80	Накладання ¹ L _b -смуги та р-π-супряження
	319	5400	3,73	р-π-супряження

Розрахунок прихованої смуги УФ-спектрів німесуліді показано на прикладі його етанольних розчинів (рис. 1).

У даному випадку вирішальна сила (R) визначалася нами як мінімальна відстань між двома спектральними смугами, які не можуть бути вирішені, тобто не представлені в УФ-спектрі у вигляді двох окремих смуг. За даними Бахшнева Н.Г.

[1] кількісне значення вирішальної сили (R) розраховується за рівнянням:

$$R = \frac{l}{\Delta l} \quad (1)$$



$$(2) \Delta\lambda_1 = \lambda_1 - \lambda_2$$

$$(3) \Delta\lambda_2 = \lambda_2 - \lambda_1$$

Таким чином, згідно з рівнянням (2), $\Delta\lambda_1 = 298 - 329 = -31$, а значення $\Delta\lambda_2 = 329 - 298 = 31$.

Розрахувавши $\Delta\lambda_1$ та $\Delta\lambda_2$ ми можемо визначити значення вирішуючої сили (R) в обох випадках:

$$R_1 = \frac{298}{-31} = -9,61, \quad R_2 = \frac{329}{-31} = -10,61$$

З одержаних знань вирішуючої сили (R_1 та R_2) можна зробити висновок, що зазначені смуги не можуть бути представлені в досліджуваному спектрі у вигляді двох окремих максимумів.

Смугу з максимумом поглинання при 242 нм ми також розглядаємо як таку, що проявляється у вигляді прихованої. Згідно наведених, методиці ми й у цьому випадку розрахували R_1 та R_2 для даного максимуму:

$$\Delta l_1 = 242 - 298 = -56$$

$$\Delta l_2 = 298 - 242 = 56$$

$$R_1 = \frac{242}{56} = 4,32$$

$$R_2 = \frac{298}{56} = 5,32$$

Як видно з розрахунків, і у даному випадку числові значення R_1 та R_2 свідчать про те, що смуги з максимумами при 242 нм та 293 нм також не можуть бути у вигляді двох окремих смуг.

При роздільному визначенні положення максимумів та вимірюванні інтегральних інтенсивностей (A) смуг поглинання ми застосували метод вивчення УФ-спектрів за методикою Свердловської О.В. [8].

Наведені вище дані свідчать, що для пошуку положення максимумів прихованих смуг ми використовували той випадок, коли більш слабка смуга має Гаусову форму і праве крило її не викривлене накладанням зліва сильної смуги (рис.2).

Таким чином, при відомій аналітичній функції (контур Га-

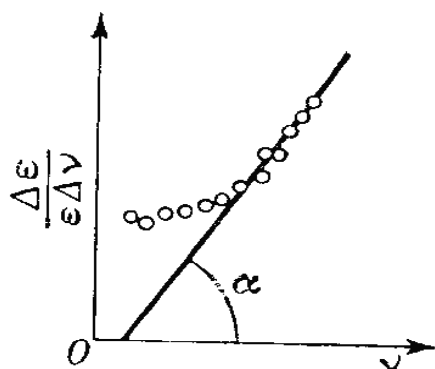


Рис. 2. Визначення максимуму прихованої смуги.

уса), інтегральна інтенсивність розраховується як інтеграл розрахункової функції [5, 10].

Теоретична характеристика інтенсивності електронного переходу визначається інтегральною інтенсивністю смуги (A), під якою мають на увазі суму коефіцієнтів екстинкції в межах контуру, яка розраховується за рівнянням (4):

$$A = \int e(n) dn \quad (4)$$

Логарифмування та наступне диференціювання даного аналітичного рівняння (4) приводить його до наступного:

$$e_n = e_{\text{макс}} \cdot \ell - \frac{4h \cdot 2(n - n_{\text{макс}})^2}{(\Delta n_{1/2})^2} \quad (5)$$

У даному випадку рівняння (4) приймає наступний вигляд:

$$A = \int_0^{\infty} e(n) dn = e_{\text{макс}} \cdot \Delta n_{1/2} \sqrt{\frac{p}{4h \cdot 2}} = 1,073 \cdot e_{\text{макс}} \cdot \Delta n_{1/2} \quad (6)$$

Звідси виходить, що, вимірюючи відносно збільшення показника поглинання на будь-якому одиничному інтервалі хвильових чисел у залежності від певного його значення, ми одержуємо відрізок прямої, яка перетинає вісь абсцис при $v = v_{\text{макс}}$, тобто одержуємо значення хвильового числа максимуму більш слабкої смуги (рис.2).

Точки кладуться на пряму на відстані від максимуму, там, де відсутній внесок більш інтенсивної смуги. Нахил прямої дає можливість визначити напівширину смуги:

$$g a = \frac{4h \cdot 2}{(\Delta n_{1/2})^2} \quad (7)$$

Знаючи $v_{\text{макс}}$ та $\Delta v_{1/2}$, легко по одному зі значень $\epsilon = f(v)$ в межах прямолінійної ділянки на рис.3 знайти $\epsilon_{\text{макс}}$ і за формулою (7) розрахувати інтегральну інтенсивність смуги (табл.2, рис.1).

Виходячи з будови німесулід, можна зробити висновок, що абсорбція досліджуваних смуг поглинання зумовлена наступними переходами електронів у його спектрі (рис.3)

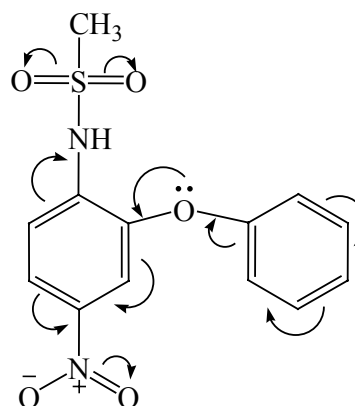
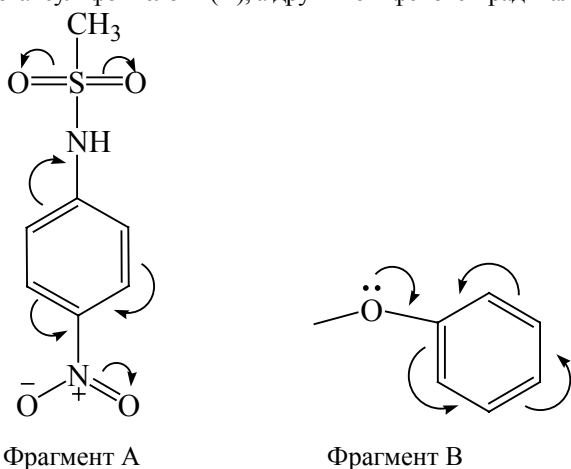


Рис. 3. Переходи електронів у молекулі німесулід.

Основні оптичні характеристики німесулід (C=6,4·10⁻⁶ M) у 96% етанолі

Оптична характеристика	Перша смуга, $\lambda_{\text{макс}}$ 242 нм	Друга смуга, $\lambda_{\text{макс}}$ 298 нм	Третя смуга, $\lambda_{\text{макс}}$ 329 нм
Хвильове число $\nu_{\text{макс}}$, см ⁻¹	41320	33560	30400
Коефіцієнт екстинкції $\epsilon_{\text{макс}} \cdot 10^4$	0,93	0,79	0,68
lg ϵ	3,97	3,90	3,83
Напівширина смуги вбирання $\Delta \nu_{1/2}$, см ⁻¹	5830	4520	4640
Інтегральна інтенсивність $A \cdot 10^8$	0,57	0,38	0,34
Сила осцилятора електронного переходу, f	0,61	0,41	0,37
Матричний елемент електронного переходу, Мік 10 ⁻¹⁸	3,24	9,31	2,94

Молекула лікарського засобу німесулід складається, по суті, з двох фрагментів. Перший являє собою *n*-нітроанілід-метансульфофоксидної (А), а другий є 2-фенокси-радикалом (В)



Фрагмент А

Фрагмент В

Рис. 4. Фрагменти молекули німесулід.

Розрахунки молекули німесулід проведені нами за програмою CS Chemoffice версії Ultra 6.1 з пакетом MOPAC за методом NMO/3. Параметри хвильової функції, а саме заряди за Мілікеном, вказують, що молекула досліджуваної речовини має закрити оболонку. Старшою групою при цьому є сульфонамід, основним вуглеводнем – метан, клас сполуки – метансульфонамід, а субституенти представлені *N*-фенільним- та 2-фенокси-радикалами, а також нітрогрупою. Таким чином, на підставі одержаних результатів можна зробити висновок, що нітро- та сульфонамідна групи є типовими акцепторами електронів, а донором у даному випадку є 2-фенокси-радикал.

Для пояснення природи походження УФ-спектрів та виявлення типів електронних переходів, що зумовлюються світлопоглинанням смуг, які спостерігаємо, необхідно попередньо розглянути хромофори, з яких складається німесулід.

Хромофорами є два фенольних радикали (фрагменти А та В молекули німесулід) разом із їх субституентами: сульфонамідна-, метална-, нітро- та оксигрупи.

Дані наукової літератури [11] свідчать про те, що електронні спектри бензолу характеризуються трьома серіями смуг поглинання. Дві з них характеризуються високою інтенсивністю: перша ¹b- в області 180 нм ($\epsilon_{\text{макс}}=25000$), а друга ¹L_a- в області 193-204 нм ($\epsilon_{\text{макс}}=8000$). Інтенсивність третьої ¹L_b

смуги в області 230-270 нм значно менша і для її найбільш інтенсивного максимуму при 256 нм молярний коефіцієнт екстракції ($\epsilon_{\text{макс}}$) дорівнює лише 230. Перехід електронів, який зумовлює смугу при 180 нм, належить до дозволених переходів; смуга в межах 193–204 нм з'являється в результаті забороненого переходу, а її порівняно висока інтенсивність може бути пояснена «запозиченням» інтенсивності у найближчого дозволеного переходу. Смуга в області 250 нм також є смугою забороненого переходу і має низьку інтенсивність, оскільки знаходиться далеко від дозволеного переходу і не має можливості «запозичити» інтенсивність. Виникнення цієї смуги зумовлено, певно, переходом між симетричним основним та збудженим станом, для якого у результаті взаємодії із коливаннями порушується симетрія шостого порядку рівноважної моделі. Цю смугу часто називають «бензольною», оскільки вона проявляється у спектрах похідних бензолу. При заміщенні різними субституентами короткохвильова смуга зміщується в доступну для спостереження спектральну область [2, 9]. Для позначення типів бензольних електронних переходів ми використовували номенклатуру за Klevens, Platt [12].

Фрагмент А молекули німесулід має два електроакцепторні субституенти (метансульфонамід і нітрогрупу), а фрагмент В – одну електронодонорну оксигрупу. Введення їх до бензольних циклів викликає багатохромний зсув смуг поглинання і збільшує їх інтенсивність [3].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Як видно з *табл. 1*, УФ-спектри німесулід характеризуються трьома смугами поглинання. Перша високоінтенсивна – в межах 202-224 нм, друга і третя мають середню інтенсивність і проявляють максимуми відповідно в інтервалах 230–271 нм та 289-394 нм.

Таким чином, на основні проведеного експерименту, даних наукової літератури та результатів розрахунків за програмою CS Chemoffice версії Ultra 6.1 можна провести інтерпретацію УФ-спектрів німесулід.

Враховуючи структурну формулу німесулід та можливі переходи електронів, які зумовлюють появу смуг поглинання, що спостерігаються, (*табл. 1.*) зазначимо, що перша з них характеризується вибірковою поглинанням з тонкою коливальною структурою, тобто інтенсивність помітно збільшується і зменшується в межах дуже вузького інтервалу довжин хвиль і має при цьому різну кількість максимумів,

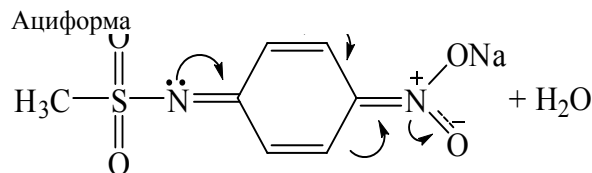
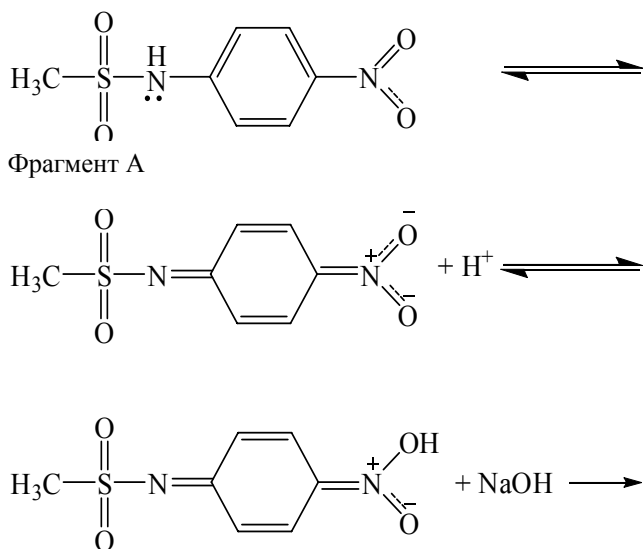


положення яких залежить від використаного розчинника. Інтенсивність першої серії смуг поглинання змінюється від 7500 (1М NaOH, $\lambda_{\text{макс}}=202$ нм) до 29900 (0,1М HCl $\lambda_{\text{макс}}=202$ нм), положення її, прояви гіперхромного та гіпсохромного ефектів свідчить, що перша смуга поглинання електронних спектрів німесулід у зумовлена забороненими $p \rightarrow p^*$ переходами у високо симетричній молекулі бензолу і їх можливо пов'язати з їх локальним збудженням [9], а за класифікацією Klevens, Platt вона належить до 1L_a -смуги. Тонка структура цієї смуги особливо проявляється у лужних розчинниках (0,1М NaOH, 1М NaOH). У воді вона зовсім не проявляється, оскільки знаходиться значно нижче 200 нм, а в малополярному *n*-гексані має лише один максимум високої інтенсивності ($\epsilon_{\text{макс}}=19300$) при 204 нм і це свідчить, що у нейтральних розчинниках (вода, 96% етанол), а також у розчинах кислот (0,1М HCl, 1М HCl, 0,1М H₂SO₄, 1М H₂SO₄) взаємодія розчиненої речовини з розчинником призводить до послаблення тонкої структури [6].

Згідно даним Є.Штерн і К.Тіммонс, батохромне зміщення 1L_a -смуги бензолу пов'язано також і з введенням до його циклу субституентів, які є електрооакцепторними, а це, в нашому випадку, нітро- та метансульфонамідна групи (див. рис. 3).

Друга смуга поглинання німесулід у всіх випадках спостерігається винятково у вигляді перегинання (інфлексії) в межах 230-271 нм, а положення її максимумів ми розраховували за методикою, яка описана О.В.Свердловою [8] і згадану нами раніше. Ця смуга більш виразно проявляється тільки в лужних розчинах німесулід, але все-таки не має чіткого положення максимуму (табл.1). Цікавим є той факт, що максимумами прихованої смуги поглинання у воді, 96% етанолі, 0,1М та 1М HCl, 0,1М та 1М H₂SO₄, *n*-гексані перебувають у вузькому інтервалі довжин хвиль, а саме в межах 230 нм (*n*-гексан) – 242 нм (96% етанол).

Сильне посилення кольору розчину, який стає інтенсивно-жовтим та батохромний зсув максимумів до 266 нм (0,1М NaOH) і 271 нм (1М NaOH) є характерним для лужних розчинів німесулід, очевидно, це явище пов'язано з утворенням солей псевдонітрокислот (рис. 5):



Псевдонітрокислота

Рис.5. Реакція утворення псевдонітрокислоти в молекулі німесулід.

Таким чином, середньохвильове «бензольне» поглинання можливо віднести до 1L_b -смуги, а її поява зумовлена забороненим $\pi \rightarrow \pi^*$ -переходом електронів бензольного циклу. Зникнення тонкої структури в даному випадку пов'язане із введенням до фенольного радикалу, як це зазначалося вище, двох електрооакцепторних (метан-, сульфонамідна- та нітро-) груп і одного електронодонора (2-феноксид-) радикал.

Третя смуга поглинання в основному характеризується максимумами середньої інтенсивності, в межах 289-340 нм і молярний коефіцієнт світлопоглинання коливається незначною мірою: $\epsilon_{\text{макс}}=6300$ (*n*-гексан, $\lambda_{\text{макс}}$ при 289 нм) до $\epsilon=8100$ (0,1М HCl $\lambda_{\text{макс}}$ 301 нм). У лужних розчинах максимума третьої смуги батохромно зміщуються до 392 нм (0,1М NaOH) та 394 нм (1М NaOH). При цьому спостерігається значне підвищення їх інтенсивності до $\epsilon_{\text{макс}}=14600$ в обох випадках (табл.1).

Виходячи зі структури німесулід, можливих переходів електронів у ній (рис.2), характеру УФ-спектрів у різних розчинниках та даних наукової літератури доходимо висновку, що третя смуга поглинання не може бути зумовлена ні локальним збудженням електронів фенольного ряду (1L_a -смуга), ні перенесенням електронів у ньому (1L_b -смуга). Тим більше, що максимума бензолу та його похідних у зазначених смугах знаходяться до 280 нм [2], а досліджувана нами смуга знаходиться в межах 289-340 нм (вода, 96% етанол, 0,1М HCl, 1М HCl, 0,1М H₂SO₄, 1М H₂SO₄, *n*-гексан) та 392-394 нм відповідно у 0,1М NaOH та 1М NaOH.

У даному випадку взаємодія неподілених електронних пар з π -елементами молекули німесулід призводить до утворення спільної делокалізованої електронної пари, яка являє собою єдиний ланцюг супряження. Тому зі значною долею вірогідності можна сказати, що третя смуга поглинання УФ-спектрів німесулід зумовлена $p \rightarrow \pi$ -супряженням усієї структури досліджуваної сполуки (рис. 2).

Батохромне зміщення третьої смуги у лужних розчинах (0,1М NaOH, 1М NaOH) та значний гіперхромний її ефект можливо пов'язати з утворенням псевдонітрокислоти, що в свою чергу приводить до подовження єдиного ланцюга супряження молекули німесулід за рахунок утворення хіноїдної структури (рис. 5).

ВИСНОВКИ

Вивчено УФ-спектри поглинання німесулід у розчинниках нейтрального (вода, 96% етанол, *n*-гексан), кислого (0,1М HCl, 1М HCl, 0,1М H₂SO₄, 1М H₂SO₄) та лужного характеру (0,1М NaOH, 1М NaOH).

Розроблено методику виявлення максимумів прихованої



смуги, яка є результатом накладання світлопоглинання різних фрагментів молекули німесуліді з урахуванням того, що одна з них відповідає вимогам контуру Гауса.

Встановлено, що перша смуга поглинання німесуліді в межах 202-224 нм є 1L_a -смугою, а друга з максимумами біля 230-271 нм – 1L_b -смугою, а третя – характеризується максимумами в інтервалі 289-394 нм і зумовлена р-π-супряженням всієї молекули досліджуваної речовини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бахшиев Н.Г. Введение в молекулярную спектроскопию: [учебное пособие] / Н.Г.Бахшиев. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. – 183 с.
2. Бранд Дж. Применение спектроскопии в органической химии / Дж.Бранд, Г.Эглинтон. – М.: Мир, 1967. – 280 с.
3. Дайер Дж. Р. Приложения абсорбционной спектроскопии органических соединений / Дж.Р.Дайер. – М.: Химия, 1970. – 164 с.
4. Машковский М.Д. Лекарственные средства: Пособие для врачей / М.Д.Машковский. – 15-е изд. Перераб., испр. и доп. – М.: Новая волна, 2005. – 1200 с.
5. Физико-химические методы исследования в органической и биологической химии: [навчальний посібник] / Т.Я.Паперно, В.П.Поздняков, А.А.Смирнова, Л.М.Елагин. – М.: Просвещение, 1977. – 176 с.
6. Райхардт К. Растворители и эффекты среды в органической химии / К.Райхардт. – М.: Мир, 1991. – 763 с.
7. Сайдов Г.В. Практическое руководство по молекулярной спектроскопии: [навч. посібник] / Г.В.Сайдов, О.В.Свердлова – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. – 136 с.
8. Свердлова О.В. Электронные спектры в органической химии / О.В.Свердлова. – Л.:Химия, 1985. – 248 с.
9. Сильверстейн Р. Спектрометрическая идентификация органических соединений / Сильверстейн Р., Басслер Г., Моррил Т. – М.: Мир, 1977. – 592 с.
10. Татевский В.М. Строение молекул / В.М.Татевский. – М.: Химия, 1977. – 512 с.
11. Штерн Э. Электронная абсорбционная спектроскопия в органической химии / Э.Штерн, К.Тиммонс. – М.: Мир, 1974. – 296 с.
12. Klevens H.B. Spectral resemblances of cata-condensed hydrocarbons / H.B.Klevens, J.R.Platt // J.Chem.Phys., 1949. – V.17. – N5. – P.470-481.

Відомості про авторів:

Юрченко І.О., аспірант каф. токсикологічної та неорганічної хімії ЗДМУ.

Буряк В.П., професор каф. токсикологічної та неорганічної хімії ЗДМУ, д. фарм. н., професор.

Адреса для листування:

Юрченко Іван Олексійович, 69035 м. Запоріжжя, пр. Маяковського, 26, кафедра токсикологічної та неорганічної хімії ЗДМУ, тел. (0612) 34-22-61