



DOI: <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2026.1.16020>

УДК 543.421/.424:615.453.6.074:615.214.24

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ КІЛЬКІСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ЗОПІКЛОНУ В ТАБЛЕТКАХ МЕТОДОМ ІЧ-СПЕКТРОСКОПІЇ

В. М. Коробчук¹, Г. Я. Загричук², М. М. Михалків², В. М. Яцюк¹, І. Б. Івануса²,
А. І. Савич¹

¹Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України

²Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського
Міністерства охорони здоров'я України
korob73@ukr.net

ІНФОРМАЦІЯ

Надійшла до редакції / Received:
19.02.2026

Після доопрацювання / Revised:
20.03.2026

Прийнято до друку / Accepted:
23.03.2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

Ключові слова:

зопіклон,
ІЧ-спектроскопія,
експертиза,
кількісне визначення,
валідація.

АНОТАЦІЯ

Мета роботи – розробити ефективну, просту, експресну методику кількісного визначення зопіклону в таблетках методом ІЧ-спектроскопії.

Матеріали і методи. Для проведення експериментальних досліджень було використано субстанцію зопіклону (98,5%, виробника «Farmak a.s.», Чеська Республіка, серія 01010221) та таблетки «Нормасон» 7,5 мг (виробник ТОВ «АСТРАФАРМ», Україна) серія 010822, «Імован» 7,5 мг (виробник ТОВ «Sanofi», Франція) серія 1P65F, «Зопіклон-3Н» 7,5 мг (виробник ТОВ Харківське фармацевтичне підприємство «Здоров'я народу», Україна) серія 5321223, «Зопіклон» 7,5 мг (виробник АТ «Лубнифарм», Україна) серія 10823, «Соннат» 7,5 мг (виробник ПАТ «Київмедпрепарат», Україна) серія 0083309. Для покращення вилучення АФІ використовували ультразвукову баню Jeken SE-7200A, розчин центрифугували на центрифугі ОПН-03 УХЛ4.2. Вимірювання проводили на ІЧ-Фур'є спектрометрі Thermo Scientific Nicolet Apex, який оснащений програмним забезпеченням Thermo Scientific OMNIC Paradigm, для дослідження використовували кювету із товщиною шару 1,0 мм.

Результати й обговорення. Хлороформний розчин субстанції зопіклону та хлороформний витяг з таблеток, що містить зопіклон, мали смуги поглинання на ІЧ-спектрі в області 1650–1750 см⁻¹. Межа виявлення становила 0,041 мг/мл, межа кількісного визначення – 0,099 мг/мл. Представлено також рівняння регресії – $y=2320,5x+63,533$, коефіцієнт кореляції – 0,9986. Лінійність спостерігали на всьому діапазоні застосування розробленої методики кількісного визначення (0,1–0,9 мг/мл).

Висновки. Розроблено та валідовано методику кількісного визначення зопіклону в таблетках методом ІЧ-спектроскопії, яка є досить експресною. Як розчинник було використано хлороформ. Вимірювання площі смуг поглинання проводили в області коливань 1650–1750 см⁻¹.

Вступ. Безсоння – це захворювання, яке характеризується хронічною незадоволеністю кількістю або якістю сну, що пов'язане з труднощами під час засипання, частими нічними пробудженнями з проблемами повторного засинання та/або раннім прокиданням вранці, раніше бажаного часу. Вчені оцінюють, що майже половина населення Землі страждає від безсоння (періодично або хронічно) [1; 2]. Поява гіпнотично-седативних лікарських засобів третього покоління (група Z-препаратів) стала значним проривом у лікуванні безсоння. Зопіклон належить до цієї групи препаратів [3–6]. Його хімічна назва: 6-(5-хлорпіридин-2-іл)-7-оксо-6,7-дигідро-5Н-пірроло[3,4-*b*]піразин-5-іл 4-метилпіперазин-1-карбоксилат (рис. 1).

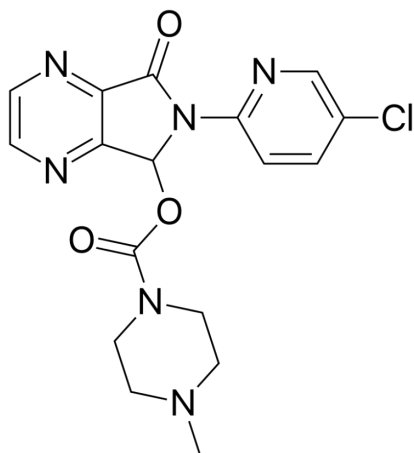


Рис. 1. Структурна формула зопіклону

Зопіклон здатний посилювати активність гальмівного нейромедіатора гамма-аміномасляної кислоти (ГАМК) на рівні ГАМК-бензодіазепінового (ГАМК-BZ) рецепторного комплексу в мозку [6; 7]. Фармакологічні властивості зопіклону включають снодійну, протисудомну та міорелаксуючу дію. Комерційно він реалізується як рацемічна суміш [6; 8].

Зопіклон – це білий або злегка жовтуватий порошок, практично нерозчинний у воді, добре розчинний у метиленхлориді, хлороформі, обмежено розчинний в ацетоні, практично нерозчинний в етанолі (96%), розчиняється в розведених мінеральних кислотах [9].

Для кількісного визначення зопіклону та домішок згідно з Японською, Європейською та Британською фармакопеями використовується рідинна хроматографія (РХ) (колонка з октадецилсилілованим силікагелем, рухомою фазою є суміш полярних розчинників, таких як ацетонітрил, триетиламін, лаурилсульфат натрію, дигідрофосфат натрію, ортофосфатна кислота при pH=3,5–4) [9–11]. У ДФУ є монографія на таблетки зопіклону, відповідно до якої ідентифікацію зопіклону проводять методом ІЧ- та УФ-спектроскопії та методом рідинної хроматографії (порівнюючи із фармакопейним стандартним зразком) [12].

Основним методом ідентифікації та кількісного визначення зопіклону в таблетках є обернено-фазова

РХ, в якій головним чином використовуються колонки з октадецильним сорбентом, рухома фаза завжди містить ацетонітрил та інше одне або декілька розчинників, наприклад, воду (УФ детектування при 237 нм) або фосфатний буферний розчин чи триетиламін у суміші з метанолом та ацетатною кислотою (УФ детектування переважно при 304 нм) [13–17].

У літературі відсутні методики кількісного визначення зопіклону методом ІЧ-спектроскопії.

Мета дослідження – розробити ефективну, просту, експресну методику кількісного визначення зопіклону в таблетках методом ІЧ-спектроскопії.

Матеріали і методи. Для вирішення поставленої мети нами було використано субстанцію зопіклону (98,5%, виробника «Farmak a.s.», Чеська Республіка, серія 01010221), таблетки «Нормасон» 7,5 мг (виробник ТОВ «АСТРАФАРМ», Україна) серія 010822, «Імован» 7,5 мг (виробник ТОВ «Sanofi», Франція) серія 1P65F, «Зопіклон-3Н» 7,5 мг (виробник ТОВ Харківське фармацевтичне підприємство «Здоров'я народу», Україна) серія 5321223, «Зопіклон» 7,5 мг (виробник АТ «Лубнифарм», Україна) серія 10823, «Соннат» 7,5 мг (виробник ПАТ «Київмедпрепарат», Україна) серія 0083309. Для розчинення субстанції та вилучення зопіклону з таблеток було використано хлороформ («Honeywell Riedel de Haen»). Для покращення вилучення АФІ використовували ультразвукову баню Jeken CE-7200A, розчин центрифугували на центрифугі ОПН-03 УХЛ4.2. Вимірювання проводили на ІЧ-Фур'є спектрометрі Thermo Scientific Nicolet Apex, який оснащений програмним забезпеченням Thermo Scientific OMNIC Paradigm, для дослідження використовували кювету із товщиною поглинаючого шару розчину 1,0 мм.

Приготування розчинів субстанції зопіклону для побудови калібрувального графіка.

Наважку субстанції, еквівалентну 50 мг зопіклону, поміщають у мірну колбу об'ємом 50,00 мл, додають 30 мл хлороформу, розчиняють і доводять об'єм розчину до позначки хлороформом, перемішують. Аліквоти 1,0, 3,0, 5,0, 7,0, 9,0 мл отриманого розчину переносять до мірної колби об'ємом 10,00 мл, доводять об'єм розчину хлороформом до позначки та перемішують.

Приготування випробовуваного розчину таблеток.

Точну наважку порошку таблеток, еквівалентну 5 мг зопіклону, розчиняють у 5 мл хлороформу, витримують 30 хв. в ультразвуковій бані за температури 20°C, центрифугують при 3000 об/хв. протягом 20 хв. і переносять до мірної колби об'ємом 10,00 мл, доводять об'єм розчину хлороформом до позначки та перемішують.

Вимірювання площі смуг поглинання проводять в області коливань 1650–1750 см⁻¹.

Результати й обговорення. Метод ІЧ-спектроскопії дозволяє без руйнування досліджуваної речовини встановити її структуру, проаналізувати зразки різного агрегатного стану (порошкоподібні, кристалічні речовини, рідини тощо), ідентифікувати близькі за структурою сполуки та визначити сольові форми

досліджуваних об'єктів та не потребує при цьому обов'язкової наявності зразка для порівняння.

Сучасне обладнання дає можливість використовувати ІЧ-випромінювання в режимі порушеного повного внутрішнього відбивання (англ. Total Reflection), під час якого зразок у нативному вигляді розміщується в тісному контакті з кристалом (з алмазу, германію або іншого матеріалу), через який пропускають пучок ІЧ-випромінювання. Такий режим забезпечує оперативний аналіз більшості рідких і твердих зразків у нативному вигляді, без втрат часу на пробопідготовку. Оскільки зопіклон добре розчинний у хлороформі, то саме його ми вибрали як органічний розчинник. Для досліджень нами було використано ІЧ-Фур'є спектрометр Thermo Scientific Nicolet Apex, умови сканування наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Умови дослідження зопіклону методом ІЧ-спектроскопії

Параметри	Умови
Діапазон реєстрації спектра	4000–400 см ⁻¹
Роздільна здатність	4 см ⁻¹
Кількість сканів	32

Ідентифікацію зопіклону проводили шляхом порівняння досліджуваного спектру зі спектром, що наявний у бібліотеці програми обробки даних. ІЧ-спектр зопіклону представлений на рисунку 2. Характерні смуги поглинання зопіклону: 1728,536; 1711,739; 1577,579; 1564,627; 1460,424; 1415,180; 1367,423; 1083,699 см⁻¹.

Один із етапів нашої експериментальної роботи – підібрати кювету. Було апробовано кювети з товщиною шару розчину 0,1, 0,2, 0,5 та 1,00 мм, встановлено, що оптимальною для аналізу є кювета з калій броміду товщиною шару розчину 1,0 мм. З метою розробки методики кількісного визначення необхідно було вибрати смуги поглинання, площа яких змінювалася би залежно від концентрації зопіклону. Як видно з рисунку 3, залежність концентрація зопіклону – площа смуг поглинання спостерігалася в області коливань 1650–1750 см⁻¹, а саме зміна площі смуг поглинання з максимумами при 1728 та 1711 см⁻¹, що відповідає коливанням карбонільної групи (C=O), присутній в амідній та естерній частинах сполуки.

Валідацію аналітичної методики проводили згідно з вимогами ДФУ за основними валідаційними характеристиками, такими як лінійність, правильність, прецизійність, робастність.

У діапазоні концентрацій 0,1–0,9 мг/мл було оцінено лінійність розробленої методики (графік залежності площі піку – концентрація зопіклону представлені на рис. 4). Згідно з даними таблиці 2, основні метрологічні характеристики лінійної залежності не виходять за межі вимог ДФУ. Межа виявлення зопіклону (МВ) 0,041 мг/мл, а межа кількісного визначення (МКВ) – 0,099 мг/мл.

Результати перевірки прецизійності та правильності аналітичної методики представлені в таблиці 3. Для дослідження готували модельні розчини з концентраціями зопіклону від 80 до 120% від номінальної, яка охоплювала весь діапазон застосування методу.

Дані, наведені в таблиці 3, демонструють, що систематична похибка запропонованої методики

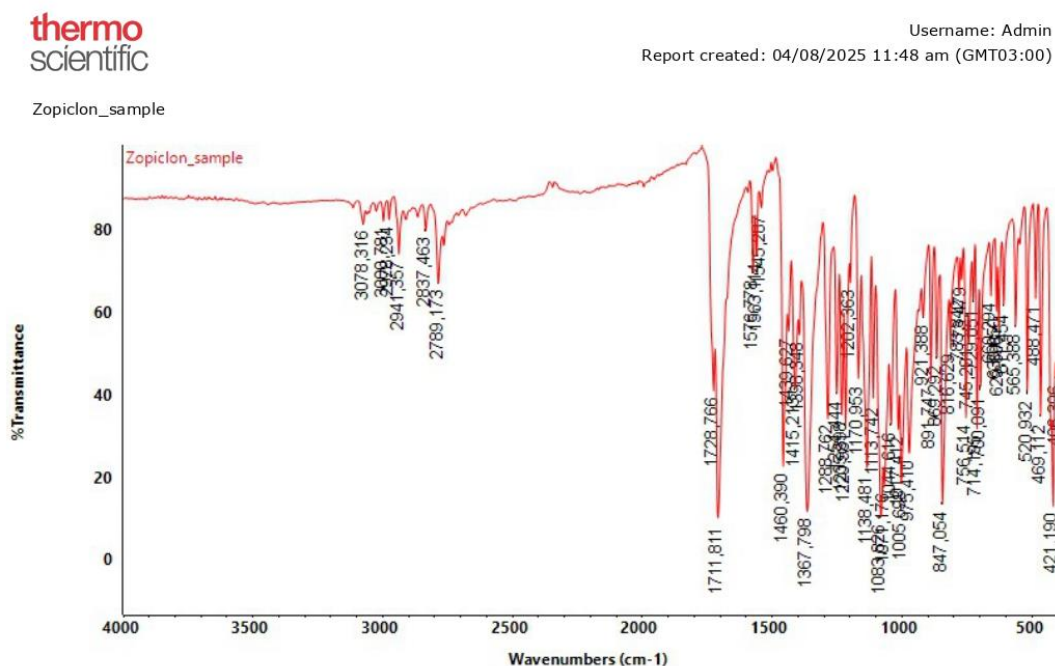


Рис. 2. ІЧ-спектр (FTIR-ATR) субстанції зопіклону

ZPC st 0.1-0.9mg/ml 1.0mm

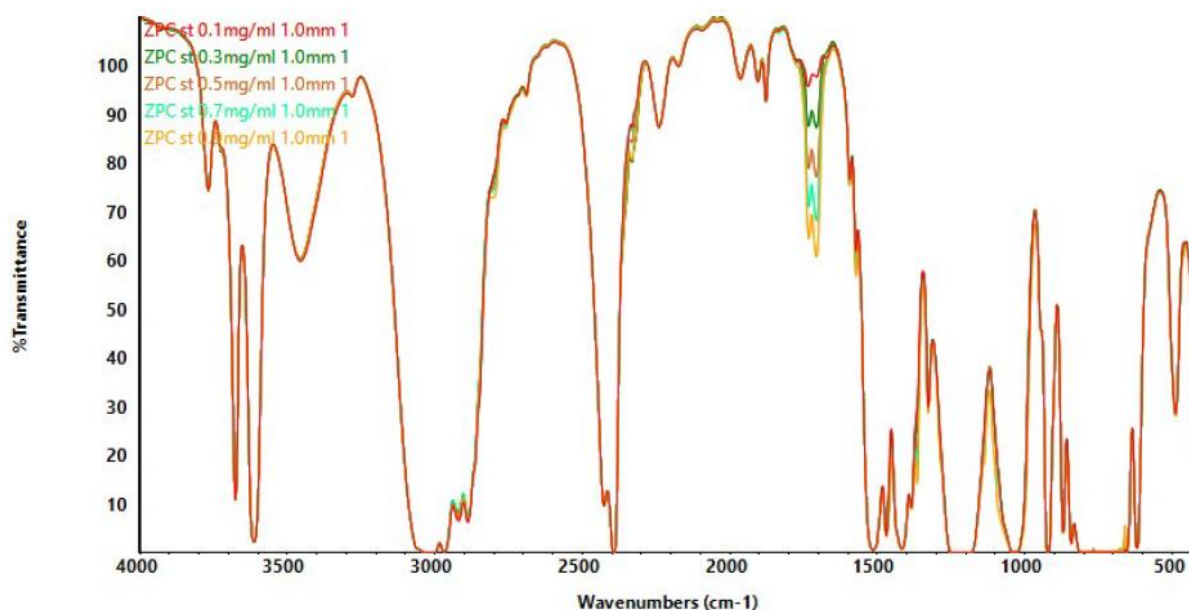


Рис. 3. ІЧ-спектри поглинання хлороформних розчинів зопіклону різної концентрації

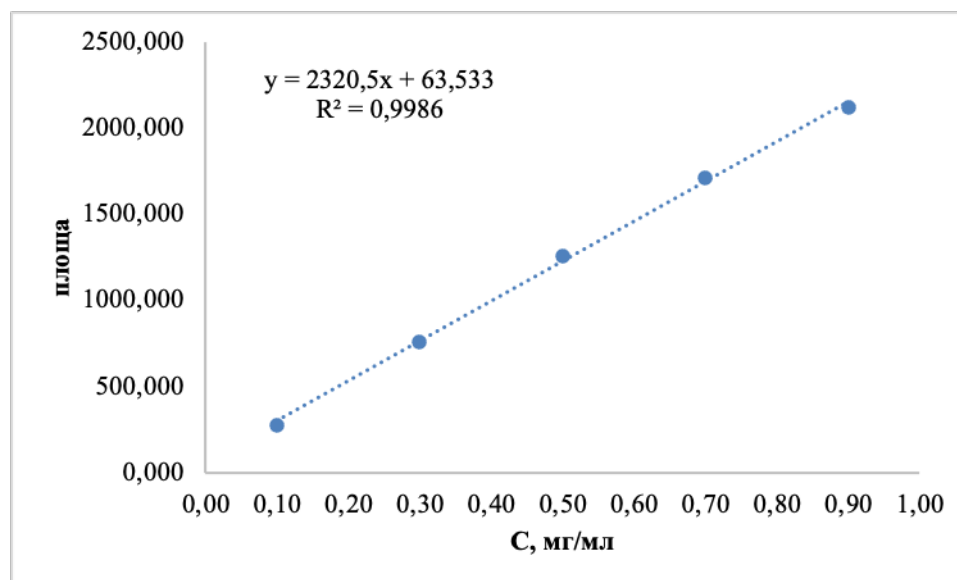


Рис. 4. Графік залежності площі піку від концентрації зопіклону

становить $\delta = 0,05\%$. Висока прецизійність методики підтверджується тим, що відносний довірчий інтервал ($\Delta z = 0,55\%$) не перевищує встановленого критичного значення для збіжності (2,4%). Сукупність отриманих даних свідчить про дотримання критерію незначущості систематичної похибки.

Для визначення робастності запропонованої методики кількісного визначення зопіклону у таблетках було досліджено стабільність розчинів

(випробовуваного та стандартного) протягом години. Отримані в ході експерименту дані наведено в таблиці 4.

Як показують експериментальні дослідження, хлороформні розчини зопіклону (як субстанції, так і таблеток) є досить стабільними протягом 60 хвилин.

Використовуючи розроблену методику, провели кількісне визначення зопіклону в різних таблетках.

Таблиця 2

Метрологічні характеристики лінійної залежності

Величина	Значення	Критерії	Висновок (відповідає або не відповідає)
$b \pm (S_b)$	2320,5±(50,2)	–	
$a \pm (S_a)$	65,533±(23,022)	$ a \leq \Delta_a = 92,28$	Відповідає
Δa	80,579		
Δb	140,3		
R^2	0,9986	$>0,9980$	Відповідає
МВ, мг/мл	0,041	–	
МКВ, мг/мл	0,099	–	
Діапазон застосування, мг/мл	0,1–0,9	–	

Таблиця 3

Результати вивчення правильності та прецизійності методики

Модельні розчини	Вміст зопіклону, %		Відношення знайденого до введеного, $Z_i = (Y_i/X_i) \cdot 100\%$
	Введено, $X_i = (C_i/C_{rs}) \cdot 100\%$	Знайдено, $Y_i = (C_i/C_{rs}) \cdot 100\%$	
M ₁	80,15	80,37	100,27
M ₂	85,32	85,01	99,64
M ₃	89,97	90,17	100,22
M ₄	94,85	94,98	100,14
M ₅	100,21	100,08	99,87
M ₆	105,17	105,09	99,92
M ₇	109,90	110,22	100,29
M ₈	115,25	115,04	99,82
M ₉	119,81	120,11	100,25
Середнє значення, Z, %			100,05
Стандартне відхилення, S _z , %			0,24
Відносний довірчий інтервал $\Delta z = t(95\%, 8) \cdot S_z = 2,3060 \cdot S_z, \%$			0,55
Критичне значення для збіжності результатів $\Delta z \leq \max \Delta A_s = 2,4\%$			виконується (< 2,4)
Систематична похибка $\delta = Z - 100 , \%$			0,05
Критерій невизначеності систематичної похибки $\delta \% \leq \max \delta\%$			виконується (0,05 < 0,18)
Загальний висновок про методику			Коректна

Статистичну обробку результатів (n=6, P=0,95) виконували згідно з вимогами ДФУ. Отримані дані наведено в таблиці 5.

Згідно з отриманими експериментальними даними кількість зопіклону в п'яти лікарських засобах («Нормасон», «Імован», «Зоніклон-3Н», «Зопіклон» та «Соннат») добре узгоджується із заявленим виробником вмістом 7,5 мг. Відносна похибка визначення (ϵ) АФІ у всіх видах таблеток не перевищувала 0,50%, а відносне стандартне відхилення (RSD) перебувало у межах від 0,12% до 0,48%, що підтверджує задовільну збіжність результатів аналізу та коректність вибраної методики.

Висновки:

1. Розроблено ефективну, просту, експресну, недорогого методу кількісного визначення зопіклону в таблетках методом ІЧ-спектроскопії. Як розчинник використано хлороформ. Вимірювання площі смуг поглинання проводять в області коливань 1650–1750 см⁻¹.

2. Методика є коректною за визначеними валідаційними характеристиками, такими як специфічність, лінійність, правильність, прецизійність і робастність. Діапазон застосування 0,1–0,9 мг/мл. Рівняння регресії має вигляд $y = 2320,5x + 63,533$, коефіцієнт кореляції – 0,9986, межа виявлення становить 0,041 мг/мл, межа кількісного визначення – 0,099 мг/мл.

Таблиця 4

Результати вивчення стабільності розчину субстанції зопіклону (1) та випробовуваного розчину зопіклону (2)

№	t, хв					Середня площа	RSDt, %
	0	15	30	45	60		
1	1133,89	1123,69	1131,108	1138,588	1140,687	1133,593	0,59
2	1181,88	1183,851	1187,266	1185,161	1182,224	1184,076	0,19

Таблиця 5

Результати кількісного визначення зопіклону в таблетках

Лікарський засіб	Знайдено, мг	Метрологічні характеристики
«Нормасон» 7,5 мг	7,479	\bar{m} 7,497 мг S = 0,0113 t_{α} = 2,57 Δx_{α} = 0,012 RSD = 0,15% ε = 0,16%
	7,489	
	7,506	
	7,509	
	7,502	
	7,497	
«Імован» 7,5 мг	7,508	\bar{m} 7,508 мг S = 0,0092 t_{α} = 2,57 Δx_{α} = 0,010 RSD = 0,12% ε = 0,13%
	7,515	
	7,497	
	7,518	
	7,514	
	7,497	
«Зопіклон-ЗН» 7,5 мг	7,460	\bar{m} 7,498 мг S = 0,0280 t_{α} = 2,57 Δx_{α} = 0,029 RSD = 0,37% ε = 0,39%
	7,473	
	7,488	
	7,518	
	7,526	
	7,522	
«Зопіклон» 7,5 мг	7,537	\bar{m} 7,505 мг S = 0,0162 t_{α} = 2,57 Δx_{α} = 0,017 RSD = 0,22% ε = 0,23%
	7,506	
	7,495	
	7,497	
	7,503	
	7,494	
«Соннат» 7,5 мг	7,435	\bar{m} 7,486 мг S = 0,0359 t_{α} = 2,57 Δx_{α} = 0,038 RSD = 0,48% ε = 0,50%
	7,449	
	7,488	
	7,515	
	7,516	
	7,513	

DEVELOPMENT OF THE QUANTITATIVE DETERMINATION METHOD FOR ZOPICLONE TABLETS BY IR SPECTROSCOPY

V. M. Korobchuk¹, H. Ya. Zahrychuk², M. M. Mykhalkiv², V. M. Yatsyuk¹, I. B. Ivanusa², A. I. Savych¹

¹State Service of Ukraine on Medicines and Drugs Control in Ternopil region

²Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine
korob73@ukr.net

The aim of the work is to develop a simple, effective, and rapid method for the quantitative determination of zopiclone tablets by IR spectroscopy.

Materials and Methods. Zopiclone as active pharmaceutical ingredient (98.5%, "Farmak a.s.", Czech Republic, batch number 01010221), and the following tablets were used for the experimental studies: "Normason" 7.5 mg (ASTRAFARM, Ukraine) batch number – 010822, "Imovane" 7.5 mg (Sanofi, France) batch number – 1P65F, "Zopiclone-ZN" 7.5 mg (Kharkiv Pharmaceutical Enterprise "Zdorovia Narodu", Ukraine) batch number – 5321223, "Zopiclone" 7.5 mg ("Lubnypharm", Ukraine) batch number – 10823, and "Sonnat" 7.5 mg ("Kyivmedpreparat", Ukraine) batch number – 0083309. An ultrasonic bath Jeken CE-7200A was used to improve the extraction of the API, and the solution was centrifuged by using an OPN-

03 UKhL4.2 centrifuge. Measurements were performed on a Thermo Scientific Nicolet Apex FT-IR spectrometer equipped with Thermo Scientific OMNIC Paradigm software, using a cell with 1.0 mm solution layer thickness.

Results and Discussion. The chloroform solution of the zopiclone substance and the chloroform extract from the tablets containing zopiclone showed absorption bands in the IR spectrum in the region of 1650–1750 cm^{-1} . LOD was 0.041 mg/mL, LOQ – 0.099 mg/mL, respectively. The regression equation was $y = 2320.5x + 63.533$, with a correlation coefficient of 0.9986. Linearity was observed over the entire application range of the developed quantitative determination method (0.1–0.9 mg/mL).

Conclusions. A quantitative determination method for zopiclone tablets using IR spectroscopy has been developed and validated. The proposed method is rapid and efficient. Chloroform was employed as the solvent. Peak area measurements were performed in the 1650–1750 cm^{-1} vibration regions.

Keywords: zopiclone, IR spectroscopy, expert examination, quantitative determination, validation.

References

1. Morin CM, Buysse DJ. Management of insomnia. *N Engl J Med.* 2024;391(3):247–258.
2. Riemann D, Espie CA, Altena E, Arnardottir ES, Baglioni C, Bassetti CL, et al. The European Insomnia Guideline: An update on the diagnosis and treatment of insomnia 2023. *J Sleep Res.* 2023;32(6):e14035.
3. Al S, Kul A, Sagirli O. Advances in Z-drug detection. *Clin Chim Acta.* 2025;120329.
4. Treves N, Perlman A, Kolenberg Geron L, Asaly A, Matok I. Z-drugs and risk for falls and fractures in older adults – a systematic review and meta-analysis. *Age Ageing.* 2018;47(2):201–208.
5. Kishi T, Inada K, Matsui Y, Iwata N. Z-drug for schizophrenia: a systematic review and meta-analysis. *Psychiatry Res.* 2017;256:365–370.
6. Gomoni MM, Nilsson GH, Nyström I, Berglund L, Kugelberg FC, Ahlner J, et al. Metabolite Ratios and Detection Times in Urine following a Single Dose of Zopiclone. *Forensic Sci Int.* 2025;112677.
7. Han X, Cheng FJ, Di B, Xu H, Song M, Hang TJ, et al. Identification and characterization of new impurities in zopiclone tablets by LC-QTOF-MS. *J Pharm Biomed Anal.* 2021;199:114056.
8. Dixon CL, Harrison NL, Lynch JW, Keramidias A. Zolpidem and eszopiclone prime $\alpha 1\beta 2\gamma 2$ GABAA receptors for longer duration of activity. *Br J Pharmacol.* 2015;172(14):3522–3536.
9. Japan Pharmacopoeia [Internet]. 18th ed. Tokyo: Pharmaceuticals and Medical Devices Agency; 2021 [cited 2026 Mar 10]. Available from: <https://www.pmda.go.jp/english/rs-sb-std/standards-development/jp/0029.html>.
10. European Pharmacopoeia [Internet]. 11th ed. Strasbourg: European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare; 2022 [cited 2026 Mar 10]. Available from: <https://www.edqm.eu/en/european-pharmacopoeia-ph-eur.-11th-edition>.
11. British Pharmacopoeia [Internet]. London: The Stationery Office; 2021 [cited 2026 Mar 10]. Available from: <https://www.pharmacopoeia.com>.
12. State Pharmacopoeia of Ukraine. 2nd ed., Supplement 1. Kharkiv: State Enterprise “Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for the Quality of Medicinal Products”. 2016. 360 p.
13. Rao L, Lakshmi CR, Rambabuc C. RP-HPLC Method for the Estimation of Zopiclone in Tablet Dosage Form. *Int J Pharm Res.* 2010;3(1):49–51.
14. Zagorodniy SL, Vasyuk SO. Validation methods quantifying zopiclone tablets by HPLC. *Farm Zh.* 2015;(2):69–74.
15. Abdel Razeq SA, Soliman SM, Mohamed AS. Validated stability-indicating high-performance liquid chromatography and thin-layer chromatography methods for the determination of zopiclone in pharmaceutical formulation. *JPC-J Planar Chromatogr.* 2018;31(4):297–308.
16. Kozlov O, Záhoráková D, Gondová T. Enantioselective separation of zopiclone on immobilized polysaccharide chiral stationary phase by HPLC: method development and validation. *J Pharm Biomed Anal.* 2020;190:113549.
17. Zaazaa HE, Salama NN, Abd El Halim LM, Salem MY, Abd El Fattah LE. Strategy approach for direct enantioseparation of hyoscyamine sulfate and zopiclone on a chiral α -acid glycoprotein column and determination of their eutomers: thermodynamic study of complexation. *Chirality.* 2016;28(1):49–57.

Відомості про авторів

Коробчук В. М. – завідувач сектору дослідження наркотичних засобів, психотропних речовин, їх аналогів та прекурсорів відділу досліджень матеріалів, речовин і виробів, Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, м. Тернопіль, Україна. E-mail: kogob73@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7784-3335

Загрічук Г. Я. – канд. хім. наук, завідувач кафедри загальної хімії, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, м. Тернопіль, Україна. E-mail: zagrichuk@tdmu.edu.ua, ORCID: 0000-0003-4361-1680

Михалків М. М. – канд. біол. наук, доцент кафедри фармацевтичної хімії, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, м. Тернопіль, Україна. E-mail: mikhalkiv@tdmu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-8574-6412

Яцюк В. М. – канд. хім. наук, старший судовий експерт сектору екологічних досліджень відділу досліджень матеріалів, речовин і виробів, Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, м. Тернопіль, Україна. E-mail: yatsuk-@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0103-1250

Івануса І. Б. – канд. біол. наук, доцент кафедри фармацевтичної хімії, Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, м. Тернопіль, Україна. E-mail: ivanusa@tdmu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9803-588X

Савич А. І. – старший судовий експерт сектору фізико-хімічних досліджень відділу досліджень матеріалів, речовин і виробів, Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, м. Тернопіль, Україна. E-mail: pi4eenka@gmail.com, ORCID: 0009-0004-1271-8578

Information about the authors

Korobchuk V. M. – Head of the research on narcotic drugs, psychotropic substances, their analogues and precursors sector of the Materials, Substances and Products Research Department, Ternopil Research Expert Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Ternopil, Ukraine. E-mail: korob73@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7784-3335

Zahrychuk H. Ya. – PhD (Chemistry), Head of the Department of General Chemistry, Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Ternopil, Ukraine. E-mail: zagrichuk@tdmu.edu.ua, ORCID: 0000-0003-4361-1680

Mykhalkiv M. M. – PhD (Biology), Associate Professor at the Pharmaceutical Chemistry Department, Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Ternopil, Ukraine. E-mail: mikhalkiv@tdmu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-8574-6412

Yatsyuk V. M. – PhD (Chemistry), Senior forensic expert of the ecological research sector of the Materials, Substances and Products Research Department, Ternopil Research Expert Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Ternopil, Ukraine. E-mail: yatsuk-@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0103-1250

Ivanusa I. B. – PhD (Biology), Associate Professor at the Pharmaceutical Chemistry Department, Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Ternopil, Ukraine. E-mail: ivanusa@tdmu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9803-588X

Savych A. I. – Senior forensic expert of the physical and chemical research sector of the Materials, Substances and Products Research Department, Ternopil Research Expert Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Ternopil, Ukraine. E-mail: pi4eenka@gmail.com, ORCID: 0009-0004-1271-8578