Волинський національний університет
імені Лесі Українки

ПРОБЛЕМИ ХІМІЇ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Випуск 4

Видавничий дім
«Гельветика»
2025

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Марушко Лариса Петрівна – доктор педагогічних наук, доцент, декан факультету хімії та екології Волинського національного університету імені Лесі Українки (головний редактор);

Анічкіна Олена Василівна – кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка;

Бєдункова Ольга Олександрівна – доктор біологічних наук (03.00.16 – Екологія), доцент, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства Національного університету водного господарства та природокористування;

Боярин Марія Володимирівна – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Гулай Любомир Дмитрович – доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри неорганічної та фізичної хімії Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Гулай Ольга Іванівна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри цифрових освітніх технологій та кафедри харчових технологій та хімії Луцького національного технічного університету;

Казакова Наталія Вікторівна – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри педагогіки Хмельницької гуманітарно-педагогічної академії;

Калаур Світлана Миколаївна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри соціальної роботи та менеджменту соціокультурної діяльності, керівник Центру післядипломної освіти Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка;

Караїм Ольга Анатоліївна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Клименко Олександр Миколайович – доктор сільськогосподарських наук (03.00.16 – Екологія), професор, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства Національного університету водного господарства та природокористування;

Когут Юрій Миколайович – кандидат хімічних наук, старший викладач кафедри неорганічної та фізичної хімії Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Лукащук Микола Миколайович – кандидат педагогічних наук, викладач з предметів хімія і біологія Комунального закладу вищої освіти «Рівненська медична академія» Рівненської обласної ради;

Марчук Олег Васильович – доктор хімічних наук, професор, професор кафедри неорганічної та фізичної хімії Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Піскач Людмила Василівна – кандидат хімічних наук, професор, професор кафедри неорганічної та фізичної хімії Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Романишина Оксана Ярославівна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інформатики та методики навчання Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка;

Романюк Ярослав Євгенійович – PhD, керівник наукової групи Швейцарської федеральної лабораторії матеріалознавства і технологій (EMPA) (Швейцарія);

Савіцька Вікторія Василівна – кандидат педагогічних наук, старший викладач кафедри освітології і педагогіки Західноукраїнського національного університету

Салієва Леся Миколаївна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри органічної та фармацевтичної хімії Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Сливка Наталія Юріївна – доктор хімічних наук, доцент, завідувач кафедри органічної та фармацевтичної хімії Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Смітюх Олександр Вікторович – кандидат хімічних наук, старший викладач кафедри неорганічної та фізичної хімії Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Сонько Сергій Петрович – доктор географічних наук (08.00.06 – Економіка природо-користування та охорони навколишнього середовища), професор, завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності Уманського національного університету садівництва.

Стучинська Наталія Василівна – доктор педагогічних наук, кандидат фізико-математичних наук, професор, професор кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця.

Тюріна Валентина Олександрівна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри соціології та психології Харківського національного університету внутрішніх справ.

Журнал ухвалено до друку Вченою радою
Волинського національного університету імені Лесі Українки
29 грудня 2025 р., протокол № 16

Науковий журнал «Проблеми хімії та сталого розвитку» зареєстровано Національною радою України з питань телебачення і радіомовлення (Рішення № 1834 від 21.12.2023 року. Ідентифікатор медіа: R30-02341)

Суб'єкт у сфері друкованих медіа – Волинський національний університет імені Лесі Українки (просп. Волі, буд. 13, м. Луцьк Волинської обл., 43025, post@vnu.edu.ua, тел. (0332) 720123).

Періодичність: 4 рази на рік.

«Проблеми хімії та сталого розвитку» включено до Переліку наукових фахових видань України категорії Б у галузі знань природничі науки (спеціальності Е2 – Екологія; Е3 – Хімія), педагогічні науки А1 – Освітні, педагогічні науки; А5 – Професійна освіта (за спеціалізаціями)) відповідно до Наказу МОН України № 735 від 29 червня 2021 року (додаток 4), Наказу МОН України № 1166 від 23 грудня 2022 року (додаток 3)

Офіційний сайт видання: www.journals.vnu.volyn.ua/index.php/chemistry

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

ISSN 2786-4669 (Print)
ISSN 2786-4677 (Online)

© Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2025

УДК 543
DOI https://doi.org/10.32782/pcsd-2025-4-5

Жолт КОРМОШ
кандидат хімічних наук, професор, професор кафедри хімії та екології, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, вул. Садова, 2, м. Умань, Черкаська обл., Україна, 20300
***ORCID:** 0000-0001-6018-8787*
***Scopus Author ID:** 35580134800*

Наталія ГОРБАТЮК
кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач, доцент кафедри хімії та екології, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, вул. Садова, 2, м. Умань, Черкаська обл., Україна, 20300
***ORCID:** 0000-0001-5834-7830*

Юліан ТАРАНЧУК
директор, Луцький фаховий коледж рекреаційних технологій і права, вул. Промислова, 2, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43023

Вадим ТЕСУНОВ
викладач вищої категорії, викладач – методист циклової комісії з професійної та практичної підготовки, Луцький фаховий коледж рекреаційних технологій і права,викладач кафедри освітніх, педагогічних технологій, ПВНЗ «Академія рекреаційних технологій і права», вул. Промислова, 2, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43023
***ORCID:** 0009-0006-5833-3096*

Анатолій КРОТ
викладач вищої категорії, методист циклової комісії з базової та фундаментальної підготовки, Луцький фаховий коледж рекреаційних технологій і права, викладач кафедри освітніх, педагогічних технологій, ПВНЗ «Академія рекреаційних технологій і права», вул. Промислова, 2, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43023
***ORCID:** 0009-0005-0991-7717*

Валентина КОЦАР
спеціаліст вищої категорії, викладач-методист, голова циклової комісії фізико-математичних дисциплін, Луцький базовий медичний коледж, вул. Лесі Українки, 2, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43016
***ORCID:** 0000-0002-6608-7773*

Леонід ГНІТЕЦЬКИЙ
кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент, старший викладач кафедри освітніх, педагогічних технологій, ПВНЗ «Академія рекреаційних технологій і права», вул. Промислова, 2, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43023
***ORCID:** 0000-0002-5677-457X*

Євгеній РОСПОПОВ
викладач циклової комісії з базової та фундаментальної підготовки, Луцький фаховий коледж рекреаційних технологій і права, викладач кафедри освітніх, педагогічних технологій, ПВНЗ «Академія рекреаційних технологій і права», вул. Промислова, 2, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43023
***ORCID:** 0000-0002-6067-3907*

© В. Ловчицька, Я. Ковалишин, 2025
Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Бібліографічний опис статті: Кормош, Ж., Горбатюк, Н., Таранчук, Ю., Тесунов, В., Крот, А., Коцар, В., Гнітецький, Л., Роспопов, Є. (2025). Екстракційно-фотометричне визначення торасеміду. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 4, 35–41, doi: https://doi.org/10.32782/pcsd-2025-4-5

ЕКСТРАКЦІЙНО-ФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТОРАСЕМІДУ

Методом екстракційно-фотометричного дослідження та комп'ютерного моделювання доказано можливість утворення іонної пари торасеміду (Тор) із катіонним реагентом астрафлоксин FF (АФ) утворює іонну пару (ІП). Розраховано та показано енергоефективність утворення ІП, та її дипольний момент. Розрахунки в системі $Тор^- + АФ^+$ проводили з використанням пакета «HyperChem 8.0». Використовували різноманітні початкові варіанти розташування протиіонів відносно один одного (процедура «single point»). Геометричну оптимізацію іонів проводили методом молекулярної механіки ММ+. Досліджені ІП досить добре екстрагуються різними ароматичними вуглеводнями і можуть слугувати ефективною аналітичною формою для екстракційно-фотометричного визначення торасеміду. Встановлено оптимальні умови утворення та екстракції ІП: максимальна екстракція органічним розчинником із водної фази спостерігається при pH 5–9; оптимальним є вміст реагенту у водній фазі в діапазоні (1,5–3,0) · 10^{-4} М. Оптимальним є час екстракції 50–60 с. Склад ІП встановлено класичними спектрофотометричними методами: зміщення рівноваг та ізомолярних. Показано, що в органічну фазу добре вилучається ІП із співвідношенням компонентів 1:1. Умовний молярний коефіцієнт світлопоглинання ІП в оптимальних умовах сягає 1,0 · 10^5. Градуювальний графік залежності оптичної густини екстрактів від концентрації Тор описується рівнянням прямої $A = 0{,}011 + 0{,}052c_{(Тор)}$ в інтервалі концентрацій 0,8–46,8 мкг/см^3 Тор. Межа виявлення Тор, розрахована за 3s-критерієм (n = 5; P = 0,95), становить 0,7 мкг/см^3. Розроблена методика екстракційно-фотометричного визначення торасеміду в лікарських формах та біорідинах спортсменів.

Ключові слова: *торасемід, екстракція, іонна пара, екстракційно-фотометричне визначення.*

Zholt KORMOSH
Candidate of Chemical Sciences, Professor, Professor at the Department of Chemistry and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025
ORCID: *0000-0001-6018-8787*
Scopus Author ID: *35580134800*

Natalia HORBATYUK
Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor, Head, Associate Professor at the Department of Chemistry and Ecology, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, 2 Sadova str., Uman, Cherkasy region, Ukraine, 20300
ORCID: *0000-0001-5834-7830*

Yulian TARANCHUK
Director, Lutsk Professional College of Recreational Technologies and Law, 2 Promyslova str., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43023

Vadym TESUNOV
Teacher at the Highest Category, Teacher – Methodologist Cycle Committee on Professional and Practical Training, Lutsk Professional College of Recreational Technologies and Law, Teacher at the Department of Educational, Pedagogical Technologies, Academy of Recreational Technologies and Law, 2 Promislova str., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43023
ORCID: *0009-0006-5833-3096*

Anatolii KROT
Teacher at the Highest Category, Cycle Commission on Basic and Fundamental Training, Lutsk Professional College of Recreational Technologies and Law, Teacher at the Department of Educational, Pedagogical Technologies, Academy of Recreational Technologies and Law, 2 Promislova str., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43023
ORCID: *0009-0005-0991-7717*

Valentyna KOTSAR
Specialist of the Highest Category, Teacher-Methodologist, Head of the Cyclical Commission of Physics and Mathematics Disciplines, Lutsk Basic Medical College,
2 Lesi Ukrainky str., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43016
***ORCID:** 0000-0002-6608-7773*

Leonid HNITETSKII
Associate Professor, Candidate of Sciences in Physical Education and Sports, Senior Teacher at the Department of Educational, Pedagogical Technologies, Academy of Recreational Technologies and Law, 2 Promislova str., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43023
***ORCID:** 0000-0002-5677-457X*

Evgeniy ROSPOPOV
Teacher at the Cycle Commission for Basic and Fundamental Training, Lutsk Professional College of Recreational Technologies and Law, Teacher at the Department of Educational, Pedagogical Technologies, Academy of Recreational Technologies and Law, 2 Promislova str., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43023
***ORCID:** 0000-0002-6067-3907*

To cite this article: Kormosh, Zh., Horbatyuk, N., Taranchuk, Yu., Tesunov, V., Krot, A., Kotsar, V., Hnitetskyi, L., Rospopov, E. (2025). Ekstraktsiino-fotometrychne vyznachennia torasemidu [Extraction-photometric determination of torasemide]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 4, 38–41, doi: https://doi.org/10.32782/pcsd-2025-4-5

EXTRACTION-PHOTOMETRIC DETERMINATION OF TORASEMIDE

The method of extraction-photometric research and computer modeling has proven the possibility of forming an ion pair of torasemide (Tor) with the cationic reagent astrafloxin FF (AF) forming an ion pair (IP). The energy efficiency of IP formation and its dipole moment have been calculated and shown. Calculations in the $Tor^- + AF^+$ system were performed using the HyperChem 8.0 package. Various initial variants of the counterions' arrangement relative to each other (the "single point" procedure) were used. Geometric optimization of the ions was performed by the molecular mechanics method MM^+. The studied IPs are quite well extracted by various aromatic hydrocarbons and can serve as an effective analytical form for the extraction-photometric determination of torasemide. The optimal conditions for the formation and extraction of IP were established: maximum extraction by an organic solvent from the aqueous phase is observed at pH 5–9; the optimal reagent content in the aqueous phase is in the range (1.5–3.0) 10^{-4} M. The optimal extraction time is 50–60 s. The composition of IP was established by classical spectrophotometric methods: equilibrium shift and isomolar series. It is shown that IP with a component ratio of 1:1 is well extracted into the organic phase. The conditional molar light absorption coefficient of IP under optimal conditions reaches $1.0 \cdot 10^5$. The calibration graph of the dependence of the optical density of extracts on the Tor concentration is described by the equation of the straight line $A = 0.011 + 0.052\ c_{(Tor)}$ in the concentration range of 0.8–46.8 μg/cm³ Tor. The detection limit of Tor, calculated by the 3 s criterion (n = 5; P = 0.95), is 0.7 μg/cm³. A method for extraction-photometric determination of torasemide in dosage forms and biofluids of athletes has been developed.

***Keywords:** torasemide, extraction, ion pair, extraction-photometric determination.*

Вступ. Торасемід (Тор) (рис. 1), також відомий як торсемід, є сечогінним препаратом з підгрупи петльових діуретиків, який використовується для лікування перевантаження рідиною через серцеву недостатність, захворювання нирок і печінки (Торасемід (Torasemidum)). Це менш бажаний метод лікування високого кров'яного тиску. Його приймають всередину, внутрішньо м'язово або шляхом ін'єкції у вену (Torsemide Monograph). Він був запатентований у 1974 році та увійшов у медичне використання в 1993 році (Fischer, 2006). Він входить до списку основних лікарських засобів Всесвітньої організації охорони здоров'я (World Health Organization, 2021). Він доступний як генеричний (загальний) препарат (British national formulary, 2018).

Торасемід, як сечогінний препарат, використовується не тільки в медицині але й інших галузях, зокрема, у спорті. Відомі випадки, коли спортсмени з метою покращення шансів на перемогу вживали Тор для прискорення

виведення анаболічних стероїдів, психотропних препаратів або інших заборонених препаратів, у зв'язку з цим діуретики були включені до списку заборонених речовин Всесвітньої антидопінгової агенції. Існує чимало випадків, коли спортсменів, зокрема і Українських, дискваліфікували через використання діуретиків (Штрігол, 2016; Павлова, 2011; Cadwallader, 2010; Менів; Ventura, 1996).

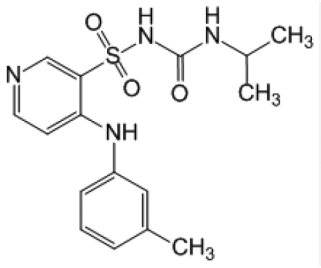


Рис. 1. Графічна формула торасеміду

У зв'язку з широким застосування торасеміду є велика необхідність у надійних методах його визначення.

Для визначення Тор було запропоновано метод високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) із електрохімічним детектуванням (Begoña Barroso, 2001). Метод вимагає попередню очищення зразка методом твердофазної екстракції в кислих розчинах з наступною хроматографією. Розділення проводять за допомогою колонки Bondapack C18. Використовується водно-ацетонітрильна рухома фаза (80:20, об./об., pH 3) Детектування проводять амперометрично за допомогою скловуглецевого електроду при +1300 мВ проти Ag–AgCl електрода. Інший метод (ВЕРХ) із ультрафіолетовим детектуванням (Adelaida, 2011). Процедура визначення вимагає ефективну твердофазну екстракцію. Використовували мобільний фази фосфатний буфер/ацетонітрил з колонкою C18 і ультрафіолетовим детектуванням при 288 нм. Відомий спектрофотометричний метод, який заснований на утворенні сполуки синього кольору (Krishna, 2008). Забарвлення виникає коли препарат реагує з реактивом Фоліна-Чокальтеу у лужному середовищі. Кольоровий сполука має максимум поглинання при 760 нм.

Як видно відомі методи визначення торасеміду вимагають попередньої пробопідготовки.

Мета роботи – розробити методику визначення Тор та провести апробацію в реальних об'єктах.

Матеріали та методи дослідження. Початковий 0,01 М вихідний розчин Тор приготували ретельним розчиненням прецизійної кількості комерційного препарату 0,1 М розчині натрій гідроксиду. Робочі $1 \cdot 10^{-4}$–$1 \cdot 10^{-3}$ М розчини приготовували послідовним розбавленням початкового в день проведення дослідження. Водно-спиртовий $1 \cdot 10^{-3}$ М розчин астрафлоксину FF (Jiacheng-Chem Enterprises Ltd., China) приготовували розбавленням прецизійної кількості препарату в водно-етанольному розчині. pH середовища регулювали додаванням універсального буферного розчину, сульфатної кислоти (ч.д.а.) та розчину натрій гідроксиду (ч.д.а.). Іонну силу контролювали 2 М розчином натрій сульфатом (ч.д.а).

Апаратура. Спектрофотометричні вимірювання проводили спектрофотометром СФ-2000 (ЛОМО, Росія) в кварцових кюветах. pH розчинів контролювали потенціометрично іономіром AI 123 (MLsoft Instruments, Україна) зі скляним електродом.

Методика експерименту. Іонні пари торасеміду з астрафлоксину FF (АФ) вилучали при кімнатній температурі (18–20 °С) у пробірках із притертими корками. Для цього в пробірки вводили досліджуваний розчин, що містить 0–300 мкг Тор, додавали 0,5 см^3 буферного розчину pH 8,5; 0,8 см^3 $1 \cdot 10^{-3}$ М розчину АФ, 2 см^3 2 М розчину натрій сульфату і розбавляли водну фазу до 5 см^3 дистильованою водою. Вводили 5 см^3 толуену та вилучали протягом 1 хв. Паралельно проводили холостий дослід. Після поділу фаз екстракти відокремлювали, центрифугували та вимірювали оптичну густину спектрофотометром в кварцових кюветах (l = 0,5 см) при довжині хвилі 546 нм.

Результати та їх обговорення. Математичне моделювання утворення ІП. Методом математичних розрахунків доказано енергоефективність формування ІП. Молекулярне моделювання систем «Тор$^-$ + АФ$^+$» та пов'язані з ним розрахунки проводили з використанням пакета «HyperChem 8.0» для різноманітних початкових варіантів розташування протиіонів відносно один одного (процедура «single point»). Геометричну оптимізацію іонів проводили методом молекулярної механіки ММ+.

Теплоту утворення (ΔH_0) іонів та іонної пари "Тор$^-$ + АФ$^+$" визначали напівемпіричним методом РМ3. Параметри цих методів підібрані

таким чином, щоб вони дозволяли найкращим чином відтворювати експериментальні значення ΔH_0 органічних сполук. Як приклад у табл. 1 наведені енергетичні характеристики взаємодії «$Тор^- + АФ^+$» та дипольні моменти.

Таблиця 1

Енергетичні характеристики взаємодії $Тор^- + АФ^+$ та дипольні моменти

Частинка	*E*, кДж/моль	ДМ
$АФ^+$	24 187,0	1,17
$Тор^-$	18 994,5	10,81
$\sum(Тор^- + АФ^+)$	43 271,7	
$Тор^-АФ^+$	43 373,4	67,91
$\sum(Тор^- + АФ^+) - Тор^-АФ^+$	101,7	

Як видно, різниця в енергії утворення іонної пари та суми енергій утворення його компонентів дорівнює 101,7 кДж/моль. Отже, процес утворення ІП є термодинамічно вигідним. При утворенні ІП різко зростає дипольний момент порівняно з компонентами.

Оптимальні умови для екстракції. Тор є слабкою NH-кислотою (pK = 5,9). Аніонна форма переважає вище pH 8. В залежності від pH середовища АФ може існувати у трьох формах – однозарядної іонної (R^+), протонованої (RH^{2+}) та «гідролізованої» (ROH). Відповідні константи протонування АФ складають: $pK_1 = -1{,}18$ (стала протонування) та $pK_2 = 13{,}6$ (стала гідролізу) (Bazel, 2002). Реагент АФ у широкому інтервалі pH у водних розчинах переважає у вигляді однозарядної іонної форми, яка характеризується інтенсивним забарвленням: молярний коефіцієнт екстинсії при 540 нм складає $1{,}1 \cdot 10^5$.

Результати експериментального дослідження впливу кислотності водної фази на екстракцію толуолом ІП Тор з АФ, показало, що pH максимальної екстракції ІП становить 8–10.

Вивчено вплив концентрації барвника на оптичну густину толуольних екстрактів іонних пар Тор з АФ. Екстракція Тор досягає максимального значення при концентрації АФ $(1{,}5–3{,}0) \cdot 10^{-4}$ М, після чого оптична густина екстрактів практично не змінюється (надлишок реагенту залишається у водній фазі). Рівновага вилучення становить 50–60 с.

Іонні пари досить добре екстрагуються різними ароматичними вуглеводнями. Враховуючи значну токсичність і канцерогенність бензену, кращими стали *о*-ксилен та толуен. Надалі використовували толуен, тому що при цьому світлопоглинання екстракту холостого досліду є мінімальним.

Стехіометрію ІП Тор з АФ доказано спектрофотометричними методами ізомолярних серій та зміщення рівноваги; співвідношення компонентів складає 1:1.

Умовний молярний коефіцієнт екстинсії ІП становить $1{,}0 \cdot 10^5$. Калібрувальний графік залежності оптичного поглинання екстрактів від вмісту Тор можна виразити рівнянням прямої $A = 0{,}012 + 0{,}051$ с в межах концентрацій 0,7–43,5 мкг/см^3 Тор. Межа виявлення Тор, розрахована за 3*s*-критерієм ($n = 5$; $P = 0{,}95$), складає 0,7 мкг/см^3. Розроблена методика екстракційно-фотометричного визначення Тор в лікарських формах та сечі.

Результати визначення Тор наведено в таблицях 2, 3.

Таблиця 2

Результати визначення торасеміду в лікарських формах

Препарат	Вміст згідно специфікації, мг	Знайдено, мг
Торасемід сандоз	100	99 ± 2
Торасемід дарниця	20	20 ± 1
Торасемід тева	10	10 ± 1

Таблиця 3

Результати визначення торасеміду у сечі спортсменів

Проба	Введено, мг	Знайдено, мг
1	50	50 ± 2
2	40	40 ± 1
3	100	98 ± 2
4	45	45 ± 1
5	75	75 ± 1

Висновки. Доказано, що торасемід з ціаніновим реагентом астрафлоксин FF (АФ) утворює стійку іонну пару (ІП). Методами математичних розрахунків доказано енергоефективність створення ІП. Максимальне вилучення ІП з водної фази досягається при pH 8–10. Досліджено вплив концентрації реагенту на оптичну густину толуенних екстрактів іонних пар Тор з АФ. Екстракція ІП досягає максимального значення при концентрації реагенту $(1{,}5–3{,}0) \cdot 10^{-4}$ М. Рівновага

вилучення сягає 50–60 с. Стехіометрію ІП Тор з АФ доказано спектрофотометричними методами ізомолярних серій та зміщення рівноваги; співвідношення компонентів складає 1:1. Запропоновано схему утворення та вилучення ІП. Умовний молярний коефіцієнт поглинання ІП становить $1{,}0 \cdot 10^5$. Калібрувальний графік залежності оптичної густини екстрактів від концентрації Тор можна описати рівнянням прямої $A = 0{,}012 + 0{,}051$ с в межах вмісту 0,7–43,5 мкг/см^3 Тор. Межа виявлення Тор, розрахована за 3s-критерієм ($n = 5$; $P = 0{,}95$), складає 0,7 мкг/см^3. Запропонована нова методика екстракційно-фотометричного визначення торасеміду в лікарських формах та сечі спортсменів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Торасемід (Torasemidum) Діюча речовина: веб-сайт. URL: https://compendium.com.ua/uk/akt/84/76/torasemidum/ (дата звернення: 20.02.2025).

2. Torsemide Monograph. Medically reviewed by Drugs. com. American Society of Health-System Pharmacists: веб-сайт. URL: https://www.drugs.com/monograph/torsemide.html (дата звернення: 20.02.2025).

3. Fischer J., Ganellin C.R. Analogue-based Drug Discovery. *John Wiley & Sons*. 2006.p. 458. ISBN 9783527607495.

4. World Health Organization. World Health Organization model list of essential medicines: 22nd list (2021). Geneva : World Health Organization. WHO/MHP/HPS/EML/2021.02.

5. British national formulary: BNF 76. Pharmaceutical Press. 2018. pp. 227–228. ISBN 9780857113382.

6. Штрігол С. Ю. Діуретики. Фармацевтична енциклопедія. Харків : НФУ. 2016.: веб-сайт. URL: http://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2549/diuretiki

7. Павлова Ю., Виноградський В. Відновлення у спорті. Монографія. Львів. ЛДУФК. 2011. 204 с.

8. Cadwallader A. B, de la Torre X, Tieri A, Botrè F. The abuse of diuretics as performance-enhancing drugs and masking agents in sport doping: pharmacology, toxicology and analysis. British Journal of Pharmacology. 2010;161:1-16. PMID: 20718736. PMCID: PMC2962812. doi: 10.1111/j.1476-5381.2010.00789.x

9. Менів А. Темний бік перемог. Галицький кореспондент. веб-сайт. URL: https://gk-press.if.ua/x3068/ (дата звернення: 20.02.2025).

10. Ventura R. and Segura J. Detection of Diuretic Agentsin Doping Control. J. Chromatography B: Biomed. Sci. Applic., 1996, Vol. 687, No. 1, pp. 127–144. http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4347(96)00279-4

11. Begoña Barroso M., Rosa M. Alonso, and Rosa M. Jiménez. Simultaneous Determination of Torasemide and Its Major Metabolite M5 in Human Urine by High-Performance Liquid Chromatography–Electrochemical Detection. Journal of Chromatographic Science, 2001. Vol. 39. pp. 491–496. URL: https://www.academia.edu/95022963/Simultaneous_Determination_of_Torasemide_and_Its_Major_Metabolite_M5_in_Human_Urine_by_High_Performance_Liquid_Chromatography_Electrochemical_Detection?uc-sb-sw=9459746.

12. Adelaida, B. Gamboa, Aragón, Julio, A. Navoni, Cecilia M. Contartese, Alberto R. Villagra, Clara M López, Edda C. Villaamil Lepori. Quantitative Analysis of Torsemide in human plasma by High Performance Liquid Chromatography with ultraviolet detection. Rev. Mex. Patol. Clin, 2011. Vol. 58, N. 4, pp 195–200. URL: http://www.medigraphic.com/patologiaclinica

13. Krishna M. V., Sankar D. G.. Simple Spectrophotometric Determination of Torsemide in Bulk Drug and in Formulations. *E-Journal of Chemistry*. 2008. Vol. 5. No.3. pp. 473–478. URL: http://www.e-journals.net

14. Bazel Ya., Kormosh Zh., Tolmachev A. State of polymethine (styryl and carbocyanine) indolium derivatives in aqueous solution and their analytical properties. J. Analyt. Chem, 2002. 57. P. 118–124. https://doi.org/10.1023/A:1014091218429.

REFERENCES:

1. Torasemid (Torasemidum) Diiucha rechovyna [Torasemide (Torasemidum) Active ingredient]. Retrieved from: https://compendium.com.ua/uk/akt/84/76/torasemidum/ (date of application: 20.02.2025). [Ukrainian]

2. Torsemide Monograph. Medically reviewed by Drugs. com. American Society of Health-System Pharmacists. Retrieved from: https://www.drugs.com/monograph/torsemide.html. (date of application: 20.02.2025).

3. Fischer, J., Ganellin, C.R. (2006). Analogue-based Drug Discovery. *John Wiley & Sons*. p. 458. ISBN 9783527607495.

4. World Health Organization (2021). World Health Organization model list of essential medicines: 22nd list (2021). Geneva : World Health Organization. WHO/MHP/HPS/EML/2021.02.

5. British national formulary: BNF 76. Pharmaceutical Press. (2018). pp. 227–228. ISBN 9780857113382.

6. Shtrygol, S. Yu. Diuretyky. Farmatsevtychna entsyklopediya [Pharmaceutical encyclopedia]. Kh : NFaU; 2016. Retrieved from: http://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2549/diuretiki (date of application: 20.02.2025). [Ukrainian].

7. Pavlova, Yu., Vynogradskyy, B. (2011). Vidnovlennya u sporti [Recovery in sports]. Monografiya. L : LDUFK. 204 p. [Ukrainian].

8. Cadwallader, A. B., de la Torre, X., Tieri, A., Botrè, F. (2010). The abuse of diuretics as performance-enhancing drugs and masking agents in sport doping: pharmacology, toxicology and analysis. *British Journal of Pharmacology*. 161. 1–16. PMID: 20718736. PMCID: PMC2962812. doi: 10.1111/j.1476-5381.2010.00789.x

9. Meniv, A. Temnyi bik peremoh. Halytskyi korespondent. [The Dark Side of Victory. Galician Correspondent]. web-site. https://gk-press.if.ua/x3068/. (date of application: 20.02.2025). [Ukrainian].

10. Ventura, R., Segura, J. (1996). Detection of Diuretic Agentsin Doping Control. J. Chromatography B: Biomed. *Sci. Applic*. 687 (1). 127–144. http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4347(96)00279-4

11. Begoña Barroso M., Rosa M. Alonso, and Rosa M. Jiménez. (2001). Simultaneous Determination of Torasemide and Its Major Metabolite M5 in Human Urine by High-Performance Liquid Chromatography–Electrochemical Detection. Journal of Chromatographic Science,. 39. 491–496. Retrieved from https://www.academia.edu/95022963/Simultaneous_Determination_of_Torasemide_and_Its_Major_Metabolite_M5_in_Human_Urine_by_High_Performance_Liquid_Chromatography_Electrochemical_Detection?uc-sb-sw=9459746

12. Adelaida, B. Gamboa, Aragón, Julio, A. Navoni, Cecilia M. Contartese, Alberto R. Villagra, Clara M López, Edda C. Villaamil Lepori. (2011). Quantitative Analysis of Torsemide in human plasma by High Performance Liquid Chromatography with ultraviolet detection. Rev. Mex. Patol. Clin, 58 (4). 195–200. Retrieved from http://www.medigraphic.com/patologiaclinica

13. Krishna, M. V., Sankar, D. G. (2008). Simple Spectrophotometric Determination of Torsemide in Bulk Drug and in Formulations. *E-Journal of Chemistry*. 5 (3). 473–478. Retrieved from http://www.e-journals.net

14. Bazel, Ya., Kormosh, Zh., Tolmachev, A. (2002). State of polymethine (styryl and carbocyanine) indolium derivatives in aqueous solution and their analytical properties. J. Analyt. Chem. 57. 118–124. https://doi.org/10.1023/A:1014091218429

Стаття надійшла: 12.11.2025
Прийнято: 28.11.2025
Опубліковано: 30.12.2025

ЗМІСТ

ХІМІЯ

Вікторія ГЕНЧЕВА, Софія КАНАРОВА
ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ СТІЙКИМИ ОРГАНІЧНИМИ ПОЛЮТАНТАМИ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ.....3

Vira ISHCHENKO, Khristina CHEBANENKO, Rostislav BARABASH, Nadia KVITKOVSKA, Elizaveta KOSTENKO, Olexander MAKARENKO
SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF 5-HYDROXYMETHYLFURFURAL IN HONEY SAMPLES OF VARIOUS BOTANICAL ORIGINS.....10

Ольга КИЧКИРУК, Ірина ОНИЩУК
ВПЛИВ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА КИСЛОТНО-ОСНОВНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТІВ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗОН ТРАНСПОРТНОГО ТА ПРОМИСЛОВОГО ВПЛИВУ.....18

Вікторія ЛОВЧИЦЬКА, Ярослав КОВАЛИШИН
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМОЧУВАНОСТІ ГРАФІТОВОЇ ПОВЕРХНІ, МОДИФІКОВАНОЇ ВІДНОВЛЕННЯМ ДІАЗОСОЛІ У ВОДНО-АЦЕТОНІТРИЛЬНОМУ РОЗЧИНІ.....28

Жолт КОРМОШ, Наталія ГОРБАТЮК, Юліан ТАРАНЧУК, Вадим ТЕСУНОВ, Анатолій КРОТ, Валентина КОЦАР, Леонід ГНІТЕЦЬКИЙ, Євгеній РОСПОПОВ
ЕКСТРАКЦІЙНО-ФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТОРАСЕМІДУ.....35

Галина РІЗАК
ВИКОРИСТАННЯ ЯМР-СПЕКТРОСКОПІЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ 2,4-ДІОКСО- ТА 4-ІМІНО-2-ОКСО-3-ФЕНІЛ-5-R-6-R`-ТІЄНО[2,3-D]ПІРИМІДИНІВ.....42

Тетяна САВЧУК, Світлана КОРОЛЬЧУК, Оксана ЮРЧЕНКО, Назар ЦАЛКОВСЬКИЙ, Ілля ЯКИМ'ЮК, Олена КЛИМОВИЧ
ХРОМАТОГРАФІЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАЦЕТАМОЛУ ТА ІБУПРОФЕНУ У ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ПРЕПАРАТАХ.....51

Ганна ТКАЧУК, Андрій ТКАЧУК, Олександр СТРЕМЕЦЬКИЙ, Олег МАРЧУК
РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СПЛАВІВ, ЩО МІСТЯТЬ ЗОЛОТО ТА СРІБЛО.....59

Yuliia KHARCHENKO
AMIDE DERIVATIVES OF 1,2,4-OXADIAZOLE AS PROMISING AGENTS WITH DUAL FUNGICIDAL AND NEMATICIDAL ACTIVITY.....69

ЕКОЛОГІЯ

Oleksiy KOZLOV, Anna ALEKSIEIEVA, Lyudmila HRYHORIEVA, Alona BILOKON
ENVIRONMENTAL SAFETY AUDIT IN CONDITIONS OF EMERGENCY SITUATIONS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES.....79

Людмила ГЕРАСИМЧУК, Ніна КИРИЛЕНКО, Руслана ВАЛЕРКО, Ірина ПАЦЕВА
ІНТЕГРАЦІЯ ESG-КРИТЕРІЇВ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ СТАНДАРТІВ ЄС У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ КАР'ЄРНИМ ТРАНСПОРТОМ.....90

CONTENTS

CHEMISTRY

Viktoriia GENCHEVA, Sofiia KANAROVA
ASSESSMENT OF MARINE WATER CONTAMINATION
BY PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS IN THE NORTHWESTERN PAR
OF THE BLACK SEA.....3

Vira ISHCHENKO, Khristina CHEBANENKO, Rostislav BARABASH, Nadia KVITKOVSKA, Elizaveta KOSTENKO, Olexander MAKARENKO
SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF 5-HYDROXYMETHYLFURFURAL
IN HONEY SAMPLES OF VARIOUS BOTANICAL ORIGINS.....10

Olga KYCHYRUK, Iryna ONYSHCHUK
THE IMPACT OF DIFFERENTIATED ANTHROPOGENIC LOADING
ON THE ACID-BASE REGIME OF SOILS: COMPARATIVE ANALYSIS
OF TRANSPORT AND INDUSTRIAL IMPACT ZONES.....18

Viktoria LOVCHYTSKA, Yaroslav KOVALYSHYN
MODIFICATION OF GRAPHITE SURFACE BY REDUCTION
OF DIAZONIUM SALT AND ITS EFFECT ON WETTABILITY.....28

Zholt KORMOSH, Natalia HORBATYUK, Yulian TARANCHUK, Vadym TESUNOV, Anatolii KROT, Valentyna KOTSAR, Leonid HNITETSKII, Evgeniy ROSPOPOV
EXTRACTION-PHOTOMETRIC DETERMINATION OF TORASEMIDE.....35

Galina RIZAK
USE OF NMR SPECTROSCOPY FOR THE STUDY OF 2,4-DIOXO-
AND 4-IMINO-2-OXO-3-PHENYL-5-R-6-R′-THIENO[2,3-D]PYRIMIDINES.....42

Tanya SAVCHUK, Svitlana KOROLCHUK, Oksana YURCHENKO, Nazar TSALKOVSKYI, Illia YAKYMIUK, Olena KLYMOVYCH
CHROMATOGRAPHIC DETERMINATION OF PARACETAMOL
AND IBUPROFEN IN PHARMACEUTICAL PREPARATION.....51

Hanna TKACHUK, Andrii TKACHUK, Oleksandr STREMETSKYI, Oleh MARCHUK
X-RAY FLUORESCENCE STUDY OF ALLOYS CONTAINING GOLD AND SILVER.....59

Юлія ХАРЧЕНКО
АМІДНІ ПОХІДНІ 1,2,4-ОКСАДІАЗОЛУ ЯК ПЕРСПЕКТИВНІ АГЕНТИ З ПОДВІЙНОЮ
ФУНГІЦИДНОЮ ТА НЕМАТОЦИДНОЮ ДІЄЮ.....69

ECOLOGY

Олексій КОЗЛОВ, Анна АЛЕКСЄЄВА, Людмила ГРИГОР'ЄВА, Альона БІЛОКОНЬ
АУДИТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ.....79

Liudmyla HERASYMCHUK, Nina KYRYLENKO, Ruslana VALERKO, Iryna PATSEVA
INTEGRATION OF ESG CRITERIA AND EU ENVIRONMENTAL STANDARDS
INTO IN-PIT TRANSPORT MANAGEMENT SYSTEMS.....90