

# ПОЗИТИВНИЙ ДОСВІД В ЕКСПЕРТНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

## POSITIVE EXPERIENCE IN FORENSIC ACTIVITY

УДК 343.982.32

DOI: 10.37025/1992-4437/2022-38-2-100

**Г. Б. Спеціальна**, 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  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1664-0136>

**В. М. Яцюк**, кандидат хімічних наук, заступник завідувача відділу досліджень матеріалів, речовин і виробів, Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, м. Тернопіль  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0103-1250>

**В. М. Коробчук**, завідувач відділу досліджень матеріалів, речовин і виробів, Тернопільський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, м. Тернопіль  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7784-3335>

### ДОСЛІДЖЕННЯ СИНТЕТИЧНОГО КАНАБІНОЇДУ UR-144

**Мета** статті – на основі комплексного аналізу теоретичних відомостей і результатів експериментального вивчення UR-144 розробити оптимальну схему дослідження цієї речовини, яка необхідна для отримання результатів і формування обґрунтованого та об'єктивного висновку судового експерта. **Методологія.** Для досягнення поставленої мети застосовано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів дослідження. Використовуючи аналітичні, узагальнювальні підходи систематизовано теоретичні дані щодо вирішуваного питання. Застосування різних методів аналізу дало змогу узагальнити результати дослідження та запропонувати схему аналізу. Достовірність отриманих результатів забезпечується сучасними фізико-хімічними методами аналізу, можливостями програмної інтерпретації отриманих результатів. **Наукова новизна.** Розроблено оптимальну схему дослідження речовин, що містять UR-144, яка ґрунтується на ідентифікації речовини та визначенні її кількісного вмісту. Запропоновано для ідентифікації UR-144 використовувати якісні хімічні реакції, тонкошарову хроматографію та сучасний інструментальний метод – мас-селективне детектування з прямим уведенням. **Висновки.** Проведено якісне визначення UR-144 методами якісних хімічних реакцій та тонкошарової хроматографії, чутливість і селективність яких підтверджено результатами апробованих інструментальних методів дослідження. Запропоновано для ідентифікації UR-144 такі інструментальні методи дослідження: ІЧ-спектроскопія та мас-селективне детектування з прямим уведенням. Схарактеризовано особливості ідентифікації UR-144 в досліджуваних об'єктах методом газової хроматографії з використанням мас-селективного та полум'яно-іонізаційного детектування. Розроблено узагальнену схему дослідження UR-144, яку можна застосовувати для підготовки науково обґрунтованого висновку судового експерта.

**Ключові слова:** судова експертиза; висновок судового експерта; UR-144; ідентифікація; хроматографія; якісні хімічні реакції; кількісне визначення; схема аналізу.

#### Вступ

На ринку нелегального продажу наркотиків останніми роками набули великого поширення психотропні речовини (*Zvit shchodo narkotychnoi ta alkoholnoi sytuatsii v Ukraini*, 2021; Lehan, 2021), що належать до категорії синтетичних агоністів

канабіноїдних рецепторів – синтетичних канабіноїдів (Tkachenko, V., & Tkachenko, I., 2018). Відомо, що ці речовини представлені великою групою сполук, більшість із яких, з погляду хімічної будови, не схожі на тетрагідроканабінол (ТГК), але мають ті самі властивості, що й активний компонент

рослини коноплі (Maida et al., 2021). Як і ТГК, вони утворюють зв'язки з аналогічними канабіноїдними рецепторами CB1 (відповідають за психоактивні ефекти) та CB2 (відповідають за імунну систему). Одним із представників таких речовин є UR-144 – (1-пентил-1Н-індол-3-іл)(2,2,3,3-тетраметилциклопропіл)метанон, який імітує дію ТГК через зв'язування із CB1 і CB2 та проявляє в 1,4 раза вищу спорідненість із CB1 порівняно з ТГК (Pennings, Amsterdam, Povendran, & Kershaw, 2017, p. 10; WHO Expert Committee, 2018, p. 34).

Спорідненість UR-144 до канабіноїдних рецепторів вивчали науковці різних країн, які працюють у галузі судової експертизи, токсикології, неврології, фармакології, а також представники міжнародних контролюючих організацій, практики. На основі отриманих даних таку речовину вважають (Frost et al., 2010; Choi et al., 2013; Wiley et al., 2013; Zuba, D., Geppert, Sekula, & Zaba, C., 2013, p. 290; Fulo et al., 2021) більш селективною для периферичного канабіноїдного рецептора CB2, ніж психоактивного рецептора CB1. Проте фармакологічні дослідження (Banister et al., 2015; Kaizaki-Mitsumoto et al., 2017) засвідчили, що цей агоніст високоактивний щодо канабіноїдного рецептора CB1.

Сьогодні немає інформації про можливість використання UR-144 в медичних цілях (WHO Expert Committee, 2018, p. 35). Проте група вчених (Maida et al., 2021 p. 11) провела обсерваційне дослідження впливу фармакокінетичних ефектів цієї речовини на людський організм і виявила, що UR-144 є прототипом ТГК і відповідно подібно впливає на частоту серцевих скорочень, рівень кров'яного тиску.

Інформація про немедичне використання UR-144 та негативні наслідки від цього, а також доведення здатності досліджуваної речовини зумовлювати ефекти, притаманні контрольованим синтетичним агоністам канабіноїдних рецепторів, були передумовою віднесення UR-144 до групи речовин, що підлягають міжнародному контролю (WHO Expert Committee, 2018, p. 35).

14 березня 2018 р. на 61-й сесії Комісії Організації Об'єднаних Націй з наркотичних засобів UR-144 включено до списку II Конвенції про психотропні речовини 1971 р. (Commission on Narcotic Drugs, 2018). Згідно з чинним законодавством України (Verkhovna Rada Ukrainy, 1995, Liutyi 15) UR-144 внесено до списку № 2 (Особливо небезпечні психотропні речовини, обіг яких заборонено) таблиці I Переліку наркотичних засобів, психотропних речовин і прекурсорів (Kabinet Ministriv Ukrainy, 2000, Traven 06).

Разом із тим під час проведення судових експертиз із дослідження UR-144, вилученого з неза-

конного обігу, в експертних установах виникають труднощі насамперед через брак узагальненої схеми дослідження цієї речовини. Наразі основним офіційним джерелом інформації про речовину для судової експертизи є деякі апробовані методи дослідження UR-144, оприлюднені Управлінням Організації Об'єднаних Націй із наркотиків і злочинності (Organizatciia Obedinennykh Natsii, 2014). Для дослідження UR-144 запропоновано використовувати методи газової хроматографії з різним детектуванням, ІЧ-спектроскопії (зокрема з Фур'є-перетворенням) та магнітно-резонансної спектроскопії (U. S. Department of Justice. Drug Enforcement Administration, 2014; Organizatciia Obedinennykh Natsii, 2014). Тому на часі розроблення та впровадження узагальненої схеми дослідження речовин, що містять UR-144, який підлягає контролю згідно з чинним законодавством України, конкретизуючи напрями наших розвідок і зумовлюючи актуальність обраної тематики.

#### Мета й завдання дослідження

Мета статті – на основі комплексного аналізу теоретичних відомостей і результатів експериментального вивчення UR-144 розробити оптимальну схему дослідження цієї речовини, яка необхідна для отримання результатів і формування обґрунтованого та об'єктивного висновку судового експерта.

Для досягнення цієї мети потрібно вирішити такі завдання:

окреслити основні фізико-хімічні властивості речовини UR-144 та підтвердити комплексним дослідженням стандартного її зразка можливість ідентифікації в досліджуваному об'єкті;

запропонувати відповідні реактиви, які дають позитивні реакції із UR-144 з характерними аналітичними ефектами, для виявлення досліджуваної речовини в об'єкті; розробити нові системи хроматографії в тонкому шарі сорбенту; верифікувати методики використання інструментальних методів дослідження для виявлення та ідентифікації UR-144; виокремити переваги певних інструментальних методів під час дослідження UR-144;

схарактеризувати методом газової хроматографії з різними способами детектування особливості ідентифікації UR-144 в досліджуваній речовині;

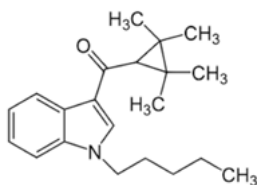
розробити узагальнену схему дослідження UR-144.

#### Виклад основного матеріалу

Хімічна назва UR-144: (1-пентил-1Н-індол-3-іл)(2,2,3,3-тетраметилциклопропіл)метанон.

Міжнародні незареєстровані назви: КМ-Х1, ТМСР-018, MN-001, YX-17.

Структурна формула:



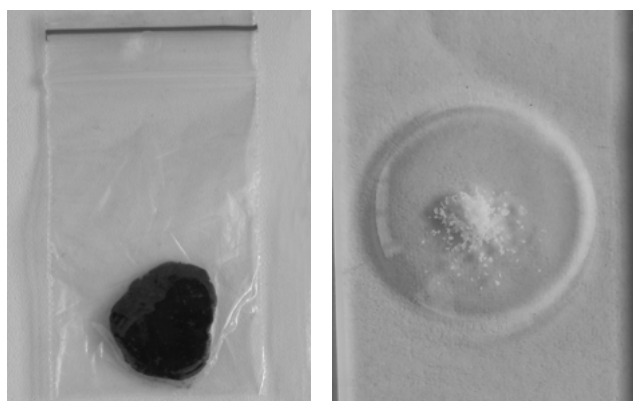
Молекулярна формула:  $C_{21}H_{29}NO$ .

Молекулярна маса: 311,5 г/моль.

Температура плавлення ( $t_{пл.}$ ) = 68,0 °С.

Температура кипіння ( $t_{кип.}$ ) = 426,6 ± 18,0 °С при 760 мм рт. ст. (U. S. Department of Justice. Drug Enforcement Administration, 2014, p. 1; Pennings, Amsterdam, Povendran, & Kershaw, 2017, p. 7–8; Multilingual dictionary, 2019).

UR-144 у чистому вигляді є білою порошкоподібною речовиною, розчинною в метанолі, етанолі, диметилсульфоксиді, диметилформаміді та нерозчинною у воді. З нелегального обігу найчастіше вилучають UR-144 в складі в'язкопластичного матеріалу коричневого кольору, розчинного в диметилсульфоксиді (рис. 1).



а б

Рис. 1

Зовнішній вигляд речовин, що містили UR-144:

а – в'язкопластичний матеріал;

б – порошкоподібний матеріал

Класифікують UR-144 як похідне тетраметилциклопропілндолу. Центральна його структура відповідає базовій структурі JWH-018, проте відрізняється заміщенням замісника нафтилу на тетраметилциклопропілну групу (The Drug Classroom, 2015).

Потрапляє UR-144 в організм переважно під час куріння (змішування з тютюном або іншими травами), а також пероральним (активний у разі розчинення в жирах) та інгаляційним способом. За даними офіційних джерел, середній діапазон доз UR-144 становить від 0,5 до 2,0 мг, за інгаляційного введення – від 2,5 до 20,0 мг (Pennings, Amsterdam, Povendran, & Kershaw, 2017, p. 9). Реакції організму в разі впливу UR-144 різноманітні: ейфорія, седация (зниження подразливості чи збудження), релаксация, сонливість, вертиго

(головокружіння), мідріаз (розширення зіниць), парестезія (порушення чутливості шкіри), афазія (розлад мовлення), міоклонія (мимовільні м'язові скорочення), тахікардія, гіпокаліємія (зниження концентрації калію в позаклітинній рідині) та гіпоксемія (зниження парціального тиску кисню в крові), нудота / блювання. Більшість симптомів зникає впродовж кількох годин після припинення дії речовини (Louis, Peterson, & Couper, 2014; Adamovicz et al., 2017; Pennings, Amsterdam, Povendran, & Kershaw, 2017, p. 12).

### Якісний аналіз

Для проведення якісного аналізу UR-144 використовували якісні хімічні (зокрема мікрокристалоскопічні) реакції, застосовували методи тонкошарової хроматографії (ТШХ) та інструментальні фізико-хімічні методи аналізу.

Дослідження методом якісних хімічних реакцій. Для експериментальних досліджень попередньо отримали метанольний розчин із порошкоподібного матеріалу (концентрація досліджуваної речовини ~ 0,5–1 %). Після відділення надосадову рідину поміщали на предметні скельця з реакційними лунками та випаровували до сухих залишків із метою встановити якісний склад досліджуваного об'єкта. Щоб запобігти хибним результатам, реакції зі стандартним зразком проводили одночасно з контрольною пробою.

Хімічні властивості UR-144, використані для проведення якісних хімічних реакцій, зумовлені наявністю третинного атома Нітрогену, карбонільної групи та індольного фрагмента в структурі молекули речовини.

Ґрунтуючись на теоретичних напрацюваннях про якісне визначення третинних амінів (Franke, Frantc, & Varnke, 1973, s. 49) та експериментальному аналізу досліджуваної речовини, отримали позитивні результати кольорових реакцій із 2 % розчином лимонної кислоти: коли додавали оцтовий ангідрид, при нагріванні спостерігали появу рожево-червоного забарвлення; ацетилхлорид – коричневе; ангідрид пропанової кислоти – рожево-червоне.

Для виявлення карбонільної групи (Chernykh, Gritsenko, Lozinskii, & Kovalenko, 2002) у структурі молекули UR-144 проводили мікрокристалоскопічну реакцію з 2,4-динітрофенілгідразином. На предметному скельці з досліджуваною пробєю в полі зору поляризаційного мікроскопа ПОЛАМ Р-211 (в інтервалі збільшення ×160 до ×390, світло штучне, прохідне) спостерігали появу кристалів коричневого забарвлення.

Підвищена хімічна активність атома Карбону 2, зумовлена наявністю замісників біля атома Нітрогену та третього атома Карбону в індольному фрагменті (Franke, Frantc, & Varnke, 1973,

s. 144), сприяє ефективній реакції електрофільного заміщення з реактивом Ерліха з утворенням рожево-фіолетового забарвлення розчину через 10–15 хв та з реактивом Ван-Урка – спостерігали появу помаранчевого забарвлення.

Наведені вище якісні хімічні реакції чутливі та специфічні.

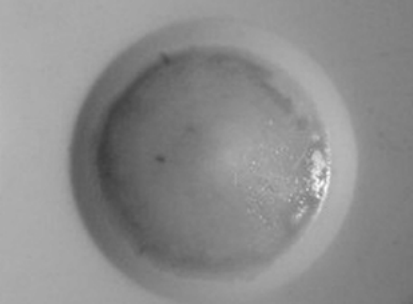
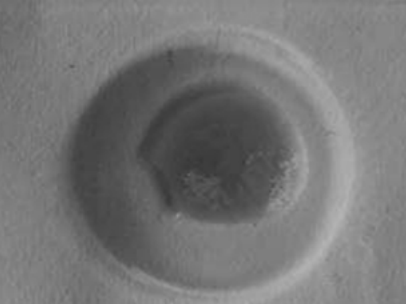

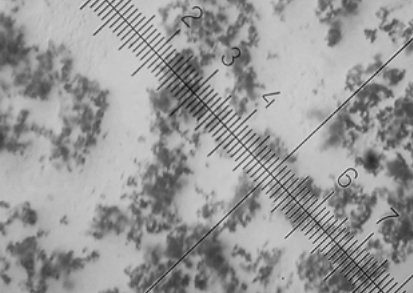
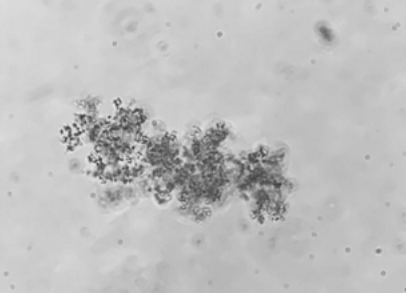
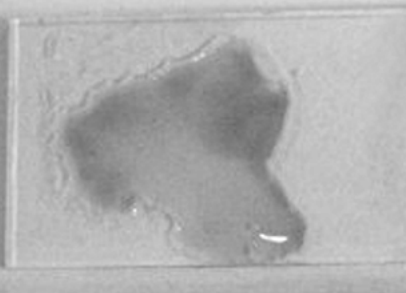
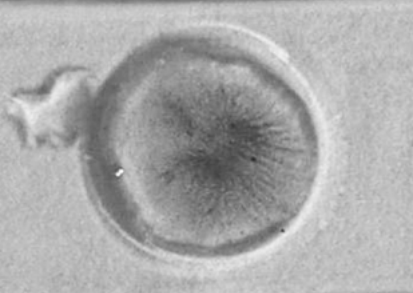
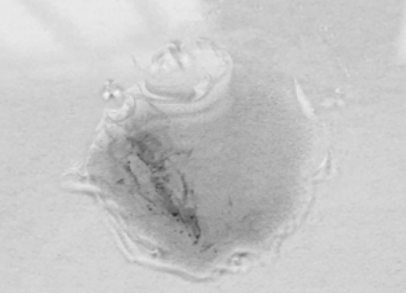
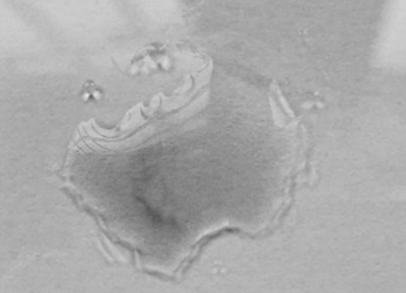
Також результати експериментальних досліджень показали, що для UR-144 характерні ко-

льорові реакції з реактивами: Манделіна (забарвлення зелено-синє з переходом у коричневе, яке зникало через 1 хв); Циммермана (світло-рожеве); Фреде (жовто-коричнєве); Маркі (рожеве з переходом у темно-червоне) (див. табл. 1). Водночас не отримано відповідних результатів із такими реактивами: Саймона, Скотта, натрію нітропрусидом, сумішшю нітратної кислоти та сульфатної кислоти (1:1), тест Чен-Као.

Таблиця 1

**Аналітичні ефекти якісних хімічних реакцій**

**Результати якісних хімічних реакцій на можливу присутність UR-144 в досліджуваній речовині**

2 % розчин лимонної кислоти з оцтовим ангідридом при нагріванні	2 % розчин лимонної кислоти з ацетилхлоридом	2 % розчин лимонної кислоти з ангідридом пропанової кислоти
		
рожево-червоне забарвлення	коричнєве забарвлення	рожево-червоне забарвлення
Розчин 2,4-динітрофенілгідразину з ортофосфорною кислотою та етанолом		Реактив Ерліха
		
(збільшення ×160) кристали коричневого забарвлення	(збільшення ×390)	рожево-фіолетове забарвлення через 10–15 хв
Реактив Ван-Урка	Реактив Манделіна	
		
помаранчеве забарвлення	зелено-синє забарвлення з переходом у коричневе, яке зникало через 1 хв	



Реактиви, з якими отримано позитивні результати, готували в такий спосіб:

розчин лимонної кислоти з оцтовим ангідридом: 0,2 г лимонної кислоти розчиняли в 10 мл оцтового ангідриду;

розчин лимонної кислоти з ацетилхлоридом: 0,2 г лимонної кислоти розчиняли в 10 мл ацетилхлориду;

розчин лимонної кислоти з ангідридом пропанової кислоти: 0,2 г лимонної кислоти розчиняли в 10 мл ангідриду пропанової кислоти;

розчин 2,4-динітрофенілгідразину з ортофосфорної кислотою та етанолом: 5 г 2,4-динітрофенілгідразину розчиняли в 60 мл 85 % розчину ортофосфорної кислоти, нагрівали на водяній бані, додавали 40 мл 95 % етанолу, профільтрували;

реактив Ерліха: 1 г *n*-диметиламінобензальдегіду розчиняли в 10 мл метанолу з подальшим додаванням 10 мл концентрованої ортофосфатної кислоти;

реактив Ван-Урка: 1 г *n*-диметиламінобензальдегіду розчиняли в 10 мл метанолу з подальшим додаванням 10 мл концентрованої сульфатної кислоти;

реактив Манделіна: 0,01 г амонію ванадату розчиняли в 2 мл концентрованої сульфатної кислоти;

реактив Циммермана: *реактив А*: розчиняли 1 г 1,3-динітробензолу в 100 мл метанолу; *реактив Б*: розчиняли 15 г калій гідроксиду в 100 мл води;

реактив Фреде: 0,5–1 г натрій (або амоній) молібдату розчиняли в 100 мл концентрованої сульфатної кислоти;

реактив Маркі: 8–10 крапель 40 % розчину формальдегіду (формаліну) розчиняли в 10 мл концентрованої сульфатної кислоти.

*Дослідження методом тонкошарової хроматографії.* Для проведення хроматографування в тонкому шарі сорбенту використовували попередньо гомогенізовану невелику кількість досліджуваної речовини (приблизно 5–10 мг) і розчиняли в 1,0 мл метанолу. У дослідженнях із

застосуванням ТШХ послуговувалися хроматографічними пластинами двох типів Merck TLC Silica gel 60 F<sub>254</sub> і Sorbfil ПТСХ-АФ-А. Як рухомі фази для дослідження UR-144 використовували системи розчинників: гексан – діетиловий ефір (2:1), толуол – діетиламін – октан (9:2,5:1). Для візуалізації флуоресценції застосовували УФ-випромінювання при 254 нм (опромінювач хроматографічний УФС 254/365). Детектування хроматографічних зон досліджуваного об'єкта на пластинах здійснювали реактивом Ерліха та парами йоду (табл. 2, рис. 2). При проявленні хроматографічних пластин парами йоду спостерігали посилення забарвлення хроматографічних зон після обприскування водою (рис. 2).

Результати дослідження UR-144 методом тонкошарової хроматографії унаочнено (див. табл. 2, рис. 2).

Для підтвердження хроматографічної роздільної здатності UR-144 на хроматографічній пластині проведено подальші дослідження. Шар сорбенту хроматографічної пластини Merck TLC Silica gel 60 F<sub>254</sub> (на якій під УФ-випромінюванням спостерігали забарвлену хроматографічну зону) відокремлювали від алюмінієвої основи та екстрагували метанолом об'ємом 1,0 мл. Отриманий екстракт відфільтровували (за допомогою ультразвукового перемішування та центрифугування) та досліджували методом мас-селективного детектування з прямим уведенням (MS-DIP).

*Дослідження методом молекулярної спектроскопії в інфрачервоній ділянці спектра (ІЧ-спектроскопія).* Для ідентифікації UR-144 використовували метод ІЧ-спектроскопії (U. S. Department of Justice. Drug Enforcement Administration, 2014, р. 6–7), який дозволяє без руйнування досліджуваної речовини встановити її структуру та не потребує при цьому обов'язкової наявності зразка для порівняння.

Проводили дослідження з використанням спектрометра Nicolet iS50, який оснащений ІЧ-джерелом, ІЧ-детектором DLaTGS і модулем

**Значення коефіцієнтів хроматографічної рухливості UR-144  
та забарвлення виявлених зон**

Пластина	Система розчинників	$R_f$	Реагенти для проявлення		Проявлення УФ-світлом
			пари йоду	реактив Ерліха	254 нм
Merck TLC Silica gel 60 F <sub>254</sub>	Гексан – діетиловий ефір (2:1)	0,64	Коричневе забарвлення	Рожево-фіолетове забарвлення	Люмінесценція фіолетового забарвлення
	Толуол – діетиламін – октан (9:2,5:1)	0,87			
Sorbfil ПТСХ- АФ-А	Гексан – діетиловий ефір (2:1)	0,88	Коричневе забарвлення	Рожево-фіолетове забарвлення	Люмінесценція світло-блакитного забарвлення
	Толуол – діетиламін – октан (9:2,5:1)	0,87			

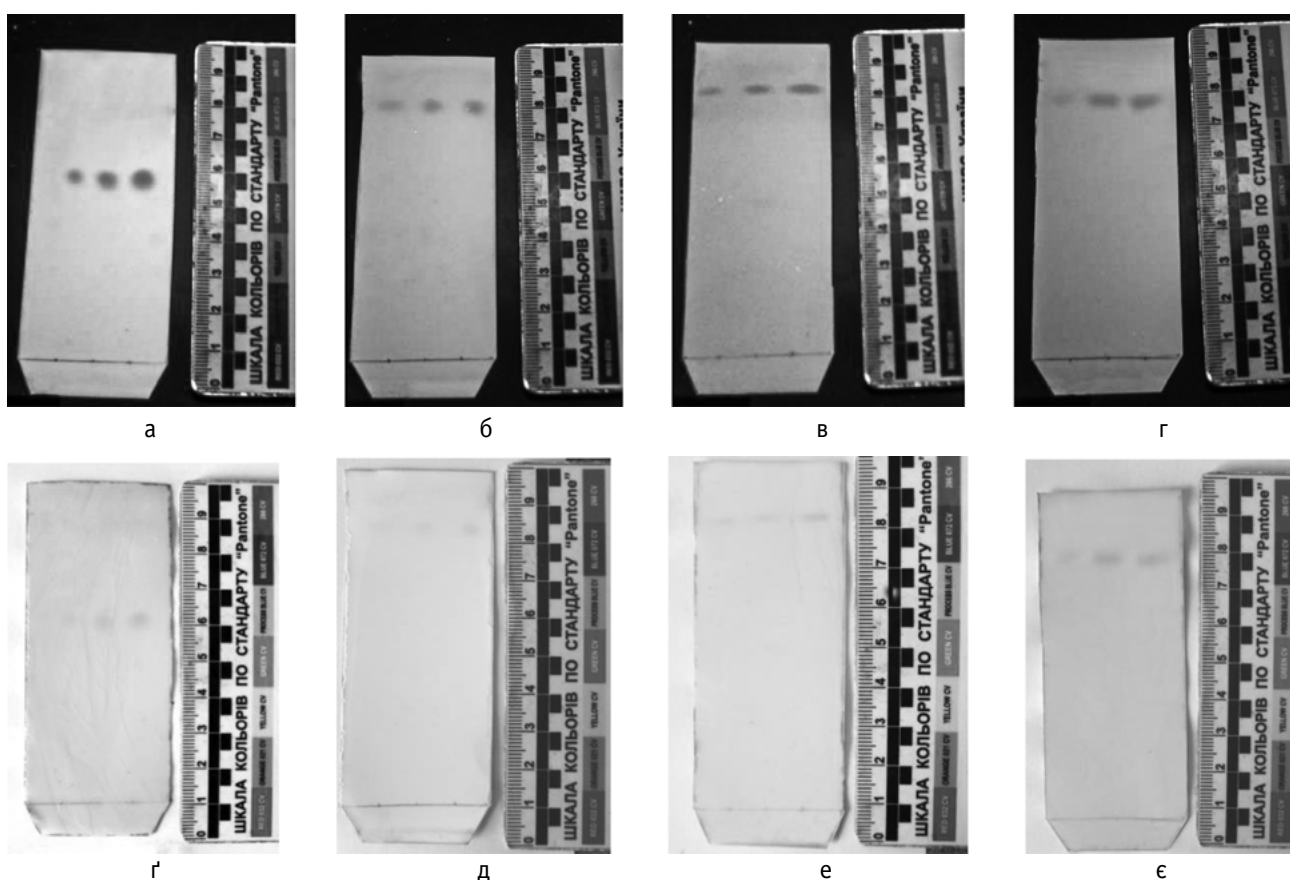


Рис. 2

**Особливості візуалізації UR-144 на пластинах**

Merck TLC Silica gel 60 F<sub>254</sub>, Sorbfil ПТСХ-АФ-А: а – Merck TLC Silica gel 60 F<sub>254</sub>, гексан – діетиловий ефір (2:1), УФ-світло 254 нм; б – Merck TLC Silica gel 60 F<sub>254</sub>, толуол – діетиламін – октан (9:2,5:1), УФ-світло 254 нм; в – Sorbfil ПТСХ-АФ-А, гексан – діетиловий ефір (2:1), УФ-світло 254 нм; г – Sorbfil ПТСХ-АФ-А, толуол – діетиламін – октан (9:2,5:1), УФ-світло 254 нм; г' – візуалізація хроматографічних зон після обприскування водою на пластині Merck TLC Silica gel 60 F<sub>254</sub>, гексан – діетиловий ефір (2:1); д – візуалізація хроматографічних зон після обприскування водою на пластині Merck TLC Silica gel 60 F<sub>254</sub>, толуол – діетиламін – октан (9:2,5:1); е – візуалізація хроматографічних зон після обприскування водою на пластині Sorbfil ПТСХ-АФ-А, гексан – діетиловий ефір (2:1); є – візуалізація хроматографічних зон після обприскування водою на пластині Sorbfil ПТСХ-АФ-А, толуол – діетиламін – октан (9:2,5:1)

з алмазним кристалом ATR (Thermo Fischer Scientific Inc. USA). ІЧ-спектр UR-144, отриманий у режимі ослабленого повного відбиття (ATR) на ІЧ-спектрометрі з Фур'є-перетворенням (FTIR), знятий за таких умов: діапазон реєстрації спек-

тра – 4000–525 см<sup>-1</sup>; роздільна здатність – 4 см<sup>-1</sup>; кількість сканів – 32 (Zamoshets, Bron, Barikova, Zelenyi, Korobchuk, & Kosmina, 2021, s. 37).

Досліджуючи UR-144 в суміші з іншими речовинами, здійснювали відповідну пробопідго-

товку: зразок речовини екстрагували органічним розчинником, далі випаровували цей розчинник і вивчали отриманий сухий залишок. Сканували досліджуваний об'єкт у щільному контакті з поверхнею кристалу.

UR-144 ідентифіковано шляхом пошуку досліджуваного спектра за спектрами речовин, наявних у бібліотеках ІЧ-спектрів (*U. S. Department of Justice. Drug Enforcement Administration, 2014*) (рис. 3).

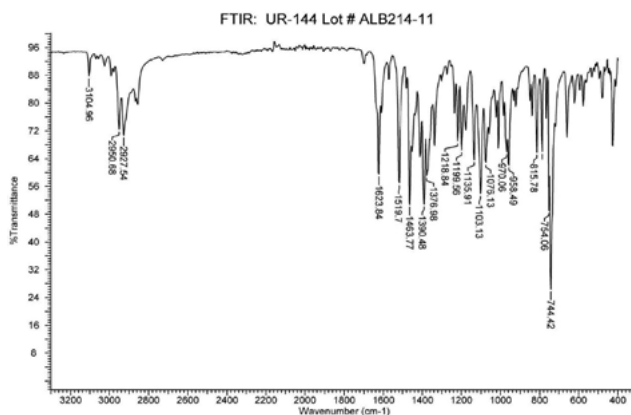


Рис. 3  
ІЧ-спектр UR-144 з бібліотеки ІЧ-спектрів SWGDRUG

Характерні максимуми смуг поглинання UR-144 в досліджуваній речовині: 2950,77; 2927,78; 1624,73; 1519,76; 1464,17; 1390,14; 1376,23; 1219,00; 1199,55; 1135,52; 1102,42; 1067,69; 973,94; 959,07; 815,36; 753,45; 744,73  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 4).

Результати дослідження UR-144 методом ІЧ-спектроскопії унаочнено (див. рис. 3 і 4).

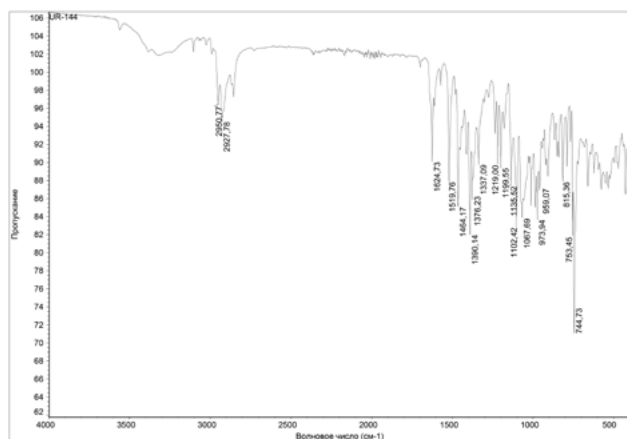


Рис. 4  
ІЧ-спектр (FTIR-ATR) UR-144  
за описаними вище умовами

Дослідження методом газової хроматографії з мас-селективним детектуванням. Для ідентифікації UR-144 в досліджуваному об'єкті запропоновано метод хромато-мас-спектроскопії (*Organizatsiia Obedinennykh Natsii, 2014, p. 34–36*). Мас-спектрометрична ідентифікація сполук здійснюється порівнянням спектрів досліджува-

них речовин із спектрами встановлених речовин із ліцензованих бібліотек мас-спектрів.

Щоб підготувати зразок із вмістом UR-144 для дослідження зазначеним методом, наважку об'єкта дослідження масою 0,02 г (т. н.) екстрагували 5,0 мл метанолу. Отриманий розчин центрифугували, надсадову рідину поміщали у віалу для хроматографування та визначали якісний склад органічних компонентів у цьому об'єкті.

Аналіз попередньо приготовленої проби проводили на газовому хроматографі Agilent Technologies, модель 6890N (США) із мас-селективним детектором Agilent Technologies, модель 5975B inert MSD.

Хроматографування проводили за таких умов: колонка – HP 5MS, довжина – 30 м, діаметр – 0,25 мм, фаза – 0,25  $\mu\text{m}$ ; газ-носії – гелій, постійний потік – 1,0 мл/хв; інжектор –  $t = 250 \pm 5$  °C, режим Split 20:1; термостат –  $t_{\text{поч.}} = 100$  °C (3 хв), нагрівання – 10 °C/хв до  $t_{\text{кінц.}} = 300$  °C, витримання при  $t = 300$  °C впродовж 10 хв; детектор – мас-селективний, температура інтерфейсу  $t = 280$  °C, температура іонного джерела –  $t = 230$  °C, іонізація електронним ударом, енергія іонізації – 70 еВ, температура квадруполя –  $t = 150$  °C, режим детектування – SCAN; об'єм проби – 1 мкл. Проби необхідного об'єму вводили автосамплером.

Після закінчення хроматографування отримані хроматограми аналізували за допомогою програмного забезпечення.

Ідентифікацію UR-144 проводили, порівнюючи мас-спектр при часі утримання відповідного піку на хроматограмі досліджуваного розчину, отриманий в умовах якісного визначення, з мас-спектром відповідної речовини з бібліотеки мас-спектрів (рис. 5).

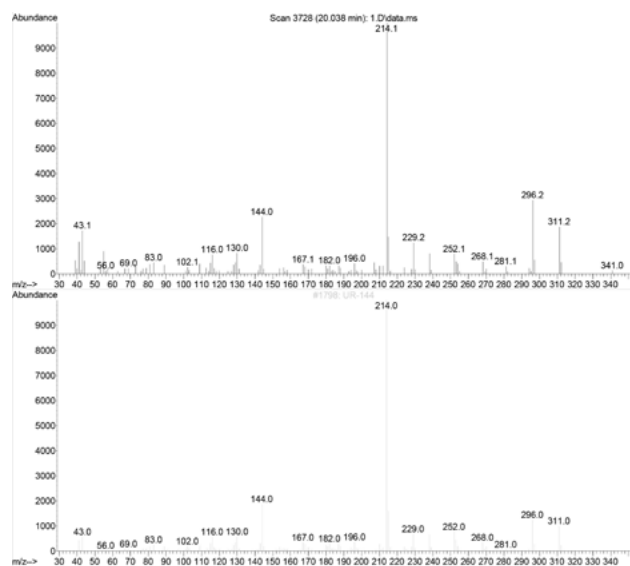


Рис. 5  
Мас-спектр UR-144 з досліджуваного зразка  
та з бібліотеки мас-спектрів

На хроматографі, свідчать результати дослідження, спостерігається два піки з подібними мас-спектрами. Основний, із часом утримання 20,015 хв, відповідає UR-144, тоді як пік із часом утримання 20,279 хв є термічно індукованим продуктом перегрупування UR-144. Причина виникнення такої особливості – висока температура під час інжекції газового хроматографа (U. S. Department of Justice. *Drug Enforcement Administration*, 2014, р. 4) (рис. 6).

Результати хроматографування методом ГХ-МС унаочнено (див. рис. 5 і 6).

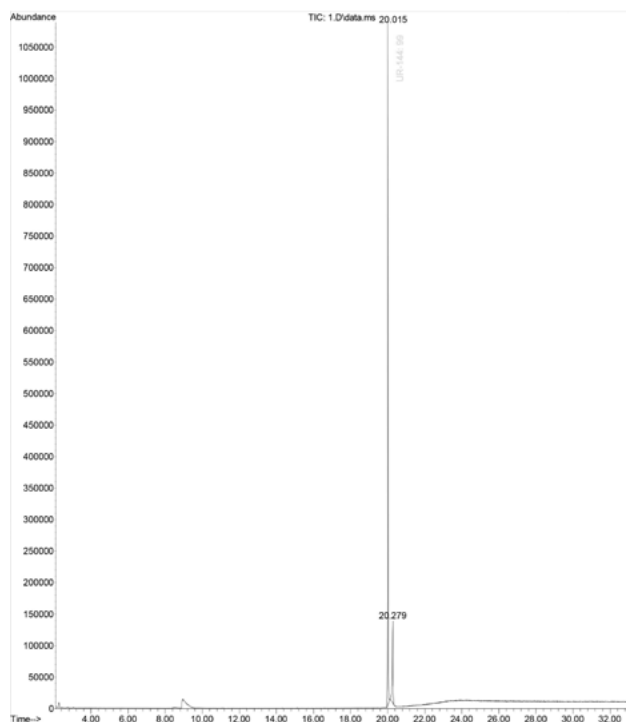


Рис. 6  
Хроматограма метанольного розчину UR-144  
за описаними вище умовами

Дослідження методом мас-селективного детектування з прямим введенням – передбачає поміщення речовини безпосередньо в джерело іонів

мас-спектрометра, не проходячи через колонку газового хроматографа. Зазначений інструментальний метод особливо актуальний у разі надходження для дослідження незначної кількості речовини, що зумовлює труднощі її ідентифікації більш універсальними методами дослідження.

MS-DIP ефективний переважно для чистих зразків речовин, проте для розділення сумішей можна використовувати повільне нагрівання іонізувальної камери, що сприятиме розділенню речовин за різними точками кипіння (Zamoshets, Bron, Barikova, Zelenyi, Korobchuk, & Kosmina, 2021, s. 34).

Для підтвердження ефективності та високої чутливості методу MS-DIP, ідентифікуючи UR-144 в досліджуваній речовині, використовували попередньо підготовлений метанольний екстракт шару сорбенту хроматографічної пластини Merck TLC Silica gel 60 F254, на якій проводили дослідження (розділення) UR-144 методом тонкошарової висхідної хроматографії (див. ТШХ). У джерело іонів мас-спектрометра зонтом прямого введення вводили попередньо підготовлений зразок вмісту UR-144 об'ємом 0,1 мкл. Надмірна кількість проби може спричинити зміни в мас-спектрі та швидке забруднення джерела іонів (*Direct Probe User: Guide*, 2019, February, p. 56).

Дослідження проводили з використанням газового хроматографа Thermo scientific, модель Trace 1310, який оснащений мас-детектором Single Quadrupole Mass Spectrometer, модель ISQ 700, та контролера зонти прямого введення, модель DPS (*Direct Probe Controller*).

Умови налаштування детектора: детектор – мас-селективний; температура інтерфейсу – 280 °C; температура іонного джерела – 23 °C; іонізація електронним ударом; енергія іонізації – 70 eV; режим детектування – SCAN.

Умови і результати дослідження UR-144 методом MS-DIP унаочнено (див. табл. 3, рис. 7 і 8).

Таблиця 3

Умови дослідження UR-144 методом (MS-DIP)

Температурний рівень	Утримання, хв	Швидкість нагрівання, °C/с	Температура, °C
Початок	0,7	–	40
Кінець	3,3	1,78	350
Загальний час		3,99 хв	

#### Кількісне визначення

Дослідження методом газової хроматографії з полум'яно-іонізаційним детектуванням, що є одним із найпоширеніших методів кількісного аналізу психотропних речовин, зокрема й синтетичних агоністів канабіноїдних рецепторів.

Обов'язкова умова якісного і кількісного визначення сполук методом ГХ-ПІД – наявність стандартних зразків (речовин порівняння) речовин, що ідентифікуються (Lysenko, Kovalchuk, & Zaitsev, 2013, s. 133).

Під час дослідження використано метод



внутрішнього стандарту, де розрахунок вмісту діючої речовини UR-144 здійснювався за співвідношенням отриманих площ піків порівняно з внутрішнім стандартом.



Рис. 7  
Мас-спектр UR-144 методом MS-DIP  
за описаними вище умовами

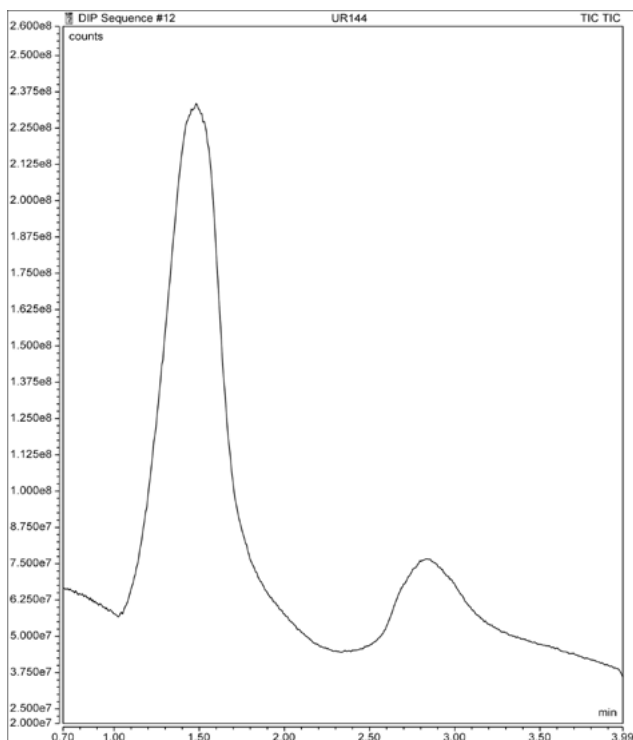


Рис. 8  
Термограма UR-144 методом MS-DIP  
за описаними вище умовами

Достовірність результатів дослідження залежить від правильно підібраних умов прободготовки та хроматографування.

Щоб підготувати зразок із вмістом UR-144 для дослідження зазначеним методом, наважку об'єкта дослідження масою 0,01 г (т. н.) розчиняли в 10,0 мл метанолу із відомою концентрацією внутрішнього стандарту метилстеарату (0,2 мг/мл). Отриманий розчин відфільтровували (методами ультразвукового перемішування та центрифугування), надосадову рідину поміщали у віалу для

хроматографування та вивчали з метою визначення якісного та кількісного складу органічних компонентів у цьому об'єкті.

Дослідження попередньо приготовленої проби проводили на газовому хроматографі SHIMADZU GC-2010 Plus із полум'яно-іонізаційним детектором.

Хроматографування проводили за таких умов: капілярна колонка – Rxi-5MS, довжина – 30 м, діаметр – 0,25 мм, фаза – 0,25 мкм; газ-носії – гелій, лінійна швидкість газу носія через колонку – 49,7 см/хв; інжектор –  $t = 290$  °C, режим Split 20:1; термостат –  $t_{\text{поч.}} = 150$  °C (2 хв), нагрівання – 25 °C/хв до  $t_{\text{кінц.}} = 280$  °C, витримування при  $t_{\text{кінц.}} = 280$  °C впродовж 10 хв; детектор – ПІД,  $t = 300$  °C; об'єм проби – 1 мкл; витрати: гелію – 30 мл/хв, повітря – 400 мл/хв, водню – 40 мл/хв. Проби необхідного об'єму вводили автосамплером.

З метою ідентифікації UR-144 в досліджуваному об'єкті порівнювали час утримування досліджуваної речовини на хроматограмі досліджуваного розчину з часом утримування стандартного зразка на хроматограмі розчину-порівняння. Зважаючи на описану вище особливість UR-144 при хроматографічному аналізі (див. ГХ-МС), для порівняння обрано пік речовини з часом утримання 9,039 хв (рис. 9 і 10).

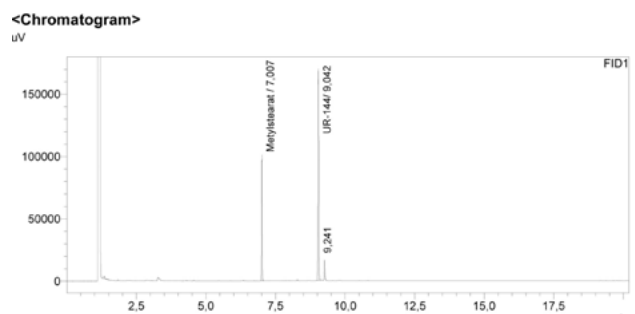


Рис. 9  
Хроматограма розчину-порівняння стандартного зразка UR-144 (із внутрішнім стандартом – метилстеаратом)

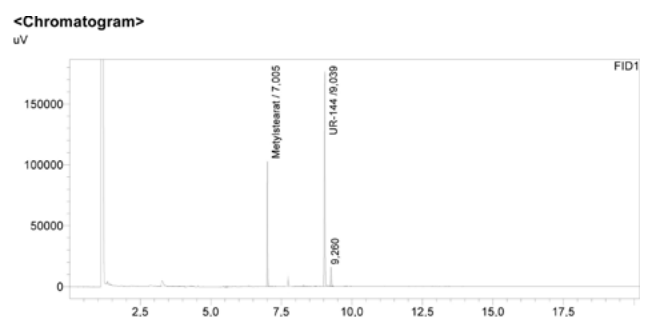


Рис. 10  
Хроматограма метанольного розчину UR-144 (із внутрішнім стандартом – метилстеаратом)

Використовуючи можливість програмного забезпечення LabSolutions, визначали площі піків досліджуваної речовини та внутрішнього стандарту.

Відсотковий вміст діючої речовини обраховували за формулою:

$$n = \frac{Sp \ Cst \ Vst}{Sst \ Mp \ RRF} 100 \%,$$

де:

$n$  – вміст діючої речовини, %;

$Sp$  – площа піку досліджуваної речовини;

$Cst$  – концентрація внутрішнього стандарту, мг/мл;

$Vst$  – об'єм розчинника із внутрішнім стандартом, мл;

$Sst$  – площа піку внутрішнього стандарту;

$Mp$  – маса наважки досліджуваної речовини, г;

$RRF$  – коефіцієнт відгуку досліджуваної речовини до внутрішнього стандарту.

### Наукова новизна

Розроблено оптимальну схему дослідження речовин, що містять UR-144, яка є комплексом загальнонаукових та спеціальних методів дослідження, що базуються на ідентифікації речовини та визначенні її кількісного вмісту. Експериментально проведено якісне визначення UR-144 методами якісних хімічних реакцій і ТШХ, чутливість і селективність яких підтверджено результатами апробованих інструментальних методів дослідження. Запропоновано для ідентифікації UR-144 в досліджуваних речовинах використовувати сучасний інструментальний метод дослідження – мас-селективне детектування з прямим уведенням (MS-DIP), який є альтернативним вибором у вирішенні нетипових завдань судової експертизи.

### Висновки

1. Узагальнено інформацію про базову сполуку UR-144 та окреслено її основні фізико-хімічні властивості. Підтверджено комплексним дослідженням (якісні хімічні реакції та сучасні фізико-хімічні методи аналізу) стандартного зразка UR-144 можливість його ідентифікації в досліджуваному об'єкті.

2. Експериментально проведено якісне визначення UR-144 методами якісних хімічних реакцій (особливу увагу приділено реакціям аналітичного визначення структурних фрагментів молекули UR-144) і тонкошарової хроматографії (висвітлено умови хроматографічного розділення, особливості візуалізації флуорисценції та детектування хроматографічних зон), чутливість і селективність яких підтверджено результатами апробованих інструментальних методів дослідження. Запропоновано для ідентифікації UR-144 сучасні інструментальні методи дослідження, такі як ІЧ-спектроскопія та мас-селективне детектування з прямим уведенням, переваги яких можна використовувати, вирішуючи нетипові завдання.

3. Схарактеризовано особливості ідентифікації UR-144 в досліджуваному об'єкті методом газової хроматографії з використанням різних детекторів. Запропоновано оптимальні умови прободготовки та хроматографування UR-144, що зумовлює якісне та кількісне визначення досліджуваної речовини, а також отримання кваліфікованої оцінки результатів.

4. Розроблено узагальнену схему дослідження UR-144, яку можна використовувати для формування науково обґрунтованого висновку судового експерта, коли вирішуються класифікаційні, діагностичні та ідентифікаційні завдання.

### References

- Adamowicz, P., Gieroj, J., Gil, D., Lechowicz, W., Skulska, A., & Tokarczyk, B. (2017). The effects of synthetic cannabinoid UR-144 on the human body – A review of 39 cases. *Forensic science international*, 273, e18–e21.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.02.031>
- Banister, S. D., Stuart, J., Kevin, R. C., Edington, A., Longworth, M., Wilkinson, S. M., Beinat, C., Buchanan, A. S., Hibbs, D. E., Glass, M., Connor, M., McGregor, I. S., & Kassiou, M. (2015). Effects of bioisosteric fluorine in synthetic cannabinoid designer drugs JWH-018, AM-2201, UR-144, XLR-11, PB-22, 5F-PB-22, APICA, and STS-135. *ACS chemical neuroscience*, 6(8), 1445–1458.  
DOI: <https://doi.org/10.1021/acschemneuro.5b00107>
- Chernykh, V. P., Gritcenko, I. S., Lozinskii, M. O., & Kovalenko, Z. I. (2002). *Obshchii praktikum po organicheskoi khimii: uchebnoe posobie dlia studentov vysshikh uchebnykh zavedenii III-IV urovnei akkreditatsii*. Kharkov: NFAU; Zolotyie stranitsy. 592 s. [in Russian].
- Choi, H., Heo, S., Kim, E., Hwang, B. Y., Lee, C., & Lee, J. (2013). Identification of (1-pentylindol-3-yl)-(2, 2, 3, 3-tetramethylcyclopropyl)methanone and its 5-pentyl fluorinated analog in herbal incense seized for drug trafficking. *Forensic Toxicology*, 31(1), 86–92.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11419-012-0170-5>
- Commission on Narcotic Drugs. Sixty-first session Vienna. (2018). *Extract from the Report of the 39th Expert Committee on Drug Dependence, convened from 6 to 10 November 2017, at WHO headquarters in Geneva*. [https://www.unodc.org/documents/commissions/CND/CND\\_Sessions/CND\\_61/ECN72018\\_CRP3\\_V1800970.pdf](https://www.unodc.org/documents/commissions/CND/CND_Sessions/CND_61/ECN72018_CRP3_V1800970.pdf)
- Direct Probe User: Guide. For VRI GC/MS Instruments. Thermo Fisher Scientific Inc. Revision D. (2019, February). <https://usermanual.wiki/Pdf/1R1205050006RevDDirectProbeUserGuide.570530495.pdf>

- Franke, Z., Frantc, P., & Varnke, V. (1973). *Khimiia otravliaiushchikh veshchestv*. T. 2. Per. s nem., pod. red. I. L. Knuniantca. M.: Khimiia. 404 s. [in Russian] (Original work published 1967–1969).
- Frost, J. M., Dart, M. J., Tietje, K. R., Garrison, T. R., Grayson, G. K., Daza, A. V., El-Kouhen, O. F., Yao, B. B., Hsieh, G. C., Pai, M., Zhu, C. Z., Chandran, P., & Meyer, M. D. (2010). Indol-3-ylcycloalkyl ketones: effects of N1 substituted indole side chain variations on CB<sub>2</sub> cannabinoid receptor activity. *Journal of medicinal chemistry*, 53(1), 295–315.  
DOI: <https://doi.org/10.1021/jm901214q>
- Fulo, H. F., Shoeib, A., Cabanlong, C. V., Williams, A. H., Zhan, C. G., Prather, P. L., & Dudley, G. B. (2021). Synthesis, Molecular Pharmacology, and Structure–Activity Relationships of 3-(Indanoyl) indoles as Selective Cannabinoid Type 2 Receptor Antagonists. *Journal of medicinal chemistry*, 64(9), 6381–6396.  
DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.1c00442>
- Kabinet Ministriv Ukrainy. (2000, Traven 06). *Perelik narkotychnykh zasobiv, psykhotropnykh rehovyn i prekursoriv: zatv. postanovoiv № 770*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/770-2000-p#top> [in Ukrainian].
- Kaizaki-Mitsumoto, A., Hataoka, K., Funada, M., Odanaka, Y., Kumamoto, H., & Numazawa, S. (2017). Pyrolysis of UR-144, a synthetic cannabinoid, augments an affinity to human CB<sub>1</sub> receptor and cannabimimetic effects in mice. *The Journal of toxicological sciences*, 42(3), 335–341.  
DOI: <https://doi.org/10.2131/jts.42.335>
- Lehan, I. M. (2021). Mizhnarodne spivrobotnytstvo ta kryminolohichni zasady zapobihannia ta protydii nezakonnoho obihu narkotychnykh zasobiv ta psykhotropnykh rehovyn [International cooperation and criminological framework for preventing and combating illicit trafficking for drugs and psychotropic substances]. *Yurydychnyi naukovyi elektronnyi zhurnal*, 1, 402–405 [in Ukrainian].  
DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0374/2021-1/101>
- Louis, A., Peterson, B. L., & Couper, F. J. (2014). XLR-11 and UR-144 in Washington state and state of Alaska driving cases. *Journal of analytical toxicology*, 38(8), 563–568.  
DOI: <https://doi.org/10.1093/jat/bku067>
- Lysenko, O. M., Kovalchuk, T. V., & Zaitsev, V. M. (2013). *Osnovy hazovoi khromatohrafii: navch. posib*. Kyiv: [b. v.]. 164 s. [https://www.researchgate.net/profile/Vladimir-Zaitsev-2/publication/297732288\\_Gas\\_chromatography\\_Basics\\_Ukr\\_Osnovy\\_gazovoj\\_hromatografii/links/56e1a31808ae4bb9771bafb3/Gas-chromatography-Basics-Ukr-Osnovy-gazovoj-hromatografii.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Vladimir-Zaitsev-2/publication/297732288_Gas_chromatography_Basics_Ukr_Osnovy_gazovoj_hromatografii/links/56e1a31808ae4bb9771bafb3/Gas-chromatography-Basics-Ukr-Osnovy-gazovoj-hromatografii.pdf) [in Ukrainian].
- Maida, N. L., Papaseit, E., Martínez, L., Pérez-Mañá, C., Poyatos, L., Pellegrini, M., Pichini, S., Pacifici, R., Ventura, M., Galindo, L., Busardò, F. P., & Farré, M. (2021). Acute Pharmacological Effects and Oral Fluid Biomarkers of the Synthetic Cannabinoid UR-144 and THC in Recreational Users. *Biology*, 10(4), 257.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/biology10040257>
- Multilingual dictionary of narcotic drugs and psychotropic substances under international control. Supplement 2018*. (2019). Vienna: United Nations. [https://www.unodc.org/documents/scientific/2018-MLD\\_supplement-ebook.pdf](https://www.unodc.org/documents/scientific/2018-MLD_supplement-ebook.pdf)
- Organizatsiia Obedinennykh Natsii. (2014). *Rekomenduemye metody identifikatsii i analiza agonistov retseptorov sinteticheskikh kannabinoidov v iziatiykh materialakh. Rukovodstvo dlia ispolzovaniia natsionalnymi laboratoriiami ekspertizy narkotikov*. Niu-iork, 60 s. [https://www.unodc.org/documents/scientific/Synthetic\\_Cannabinoids\\_Manual\\_Russian.pdf](https://www.unodc.org/documents/scientific/Synthetic_Cannabinoids_Manual_Russian.pdf) [in Russian].
- Pennings, E., Amsterdam, J., Povendran, D., & Kershaw, S. (2017). *UR-144 Critical Review Report Agenda Item 4.11 Expert Committee on Drug Dependence. Thirty-ninth Meeting*. [https://www.researchgate.net/publication/322550926\\_UR-144\\_Critical\\_Review\\_Report\\_Agenda\\_Item\\_411\\_Expert\\_Committee\\_on\\_Drug\\_Dependence\\_Thirty-ninth\\_Meeting](https://www.researchgate.net/publication/322550926_UR-144_Critical_Review_Report_Agenda_Item_411_Expert_Committee_on_Drug_Dependence_Thirty-ninth_Meeting)
- The Drug Classroom. (2015). *UR-144*. Retrieved from 10.07.2022 з <https://thedrugclassroom.com/video/ur-144/>
- Tkachenko, V. V., & Tkachenko, I. H. (2018). Molekuliarni dokinh dlia modeliuvannia kompleksiv potentsiinykh psykhoaktyvnykh spoluk iz kanabinoidnymi retseptoramy SV1 [Molecular docking for modelling complexes of potential psychoactive compounds with cannabinoid receptors CNR1]. *Kryminalistychnyi visnyk*, 2(30), 122–31 [in Ukrainian].  
DOI: <https://doi.org/10.37025/1992-4437/2018-30-2-122>
- U. S. Department of Justice. Drug Enforcement Administration. (2014). *UR-144*. <https://www.swgdrug.org/Monographs/UR144.pdf>
- Verkhovna Rada Ukrainy. (1995, Liutyi 15). *Pro narkotychni zasoby, psykhotropni rehovyny i prekursori: Zakon Ukrainy No 60/95-VR*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/60/95-%D0%B2%D1%80#Text> [in Ukrainian].
- WHO Expert Committee on Drug Dependence. *Thirty-ninth report*. (2018). Geneva. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241210188>
- Wiley, J. L., Marusich, J. A., Lefever, T. W., Grabenauer, M., Moore, K. N., & Thomas, B. F. (2013). Cannabinoids in disguise: Δ<sup>9</sup>-tetrahydrocannabinol-like effects of tetramethylcyclopropyl ketone indoles. *Neuropharmacology*, 75, 145–154.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2013.07.022>
- Zamoshets, O. P., Bron, H. M., Barikova, O. M., Zelenyi, P. O., Korobchuk, V. M., & Kosmina, N. M. (2021). *Doslidzhennia sylnodiiuchykh i otruinykh likarskykh zasobiv: metod. rek*. Kyiv: DNDEK Ts MVS Ukrainy. 74 s. [in Ukrainian].
- Zuba, D., Geppert, B., Sekuła, K., & Zaba, C. (2013). [1-(Tetrahydropyran-4-ylmethyl)-1H-indol-3-yl]-(2,2,3,3-tetramethylcyclopropyl)methanone: a new synthetic cannabinoid identified on the drug market. *Forensic Toxicology*, 31(2), 281–291.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11419-013-0191-8>

Zvit shchodo narkotychnoi ta alkoholnoi sytuatsii v Ukraini za 2021 rik (za danymy 2020 roku). (2021). Kyiv. <https://www.emcdda.europa.eu/system/files/attachments/14398/dani-zvitu-2021-2020-rik-national-report-ukraine-original.pdf> [in Ukrainian].

### Список використаних джерел

- Adamowicz, P., Gieron, J., Gil, D., Lechowicz, W., Skulska, A., & Tokarczyk, B. (2017). The effects of synthetic cannabinoid UR-144 on the human body – A review of 39 cases. *Forensic science international*, 273, e18–e21.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.02.031>
- Banister, S. D., Stuart, J., Kevin, R. C., Edington, A., Longworth, M., Wilkinson, S. M., Beinat, C., Buchanan, A. S., Hibbs, D. E., Glass, M., Connor, M., McGregor, I. S., & Kassiou, M. (2015). Effects of bioisosteric fluorine in synthetic cannabinoid designer drugs JWH-018, AM-2201, UR-144, XLR-11, PB-22, 5F-PB-22, APICA, and STS-135. *ACS chemical neuroscience*, 6(8), 1445–1458.  
DOI: <https://doi.org/10.1021/acschemneuro.5b00107>
- Черных, В. П., Гриценко, И. С., Лозинский, М. О., & Коваленко, З. И. (2002). *Общий практикум по органической химии: учебное пособие для студентов в высших учебных заведениях III-IV уровней аккредитации*. Харьков: НФАУ; Золотые страницы. 592 с.
- Choi, H., Neo, S., Kim, E., Hwang, B. Y., Lee, C., & Lee, J. (2013). Identification of (1-pentylindol-3-yl)-(2, 2, 3, 3-tetramethylcyclopropyl)methanone and its 5-pentyl fluorinated analog in herbal incense seized for drug trafficking. *Forensic Toxicology*, 31(1), 86–92.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11419-012-0170-5>
- Commission on Narcotic Drugs. Sixty-first session Vienna. (2018). *Extract from the Report of the 39th Expert Committee on Drug Dependence, convened from 6 to 10 November 2017, at WHO headquarters in Geneva*. [https://www.unodc.org/documents/commissions/CND/CND\\_Sessions/CND\\_61/ECN72018\\_CRP3\\_V1800970.pdf](https://www.unodc.org/documents/commissions/CND/CND_Sessions/CND_61/ECN72018_CRP3_V1800970.pdf)
- Direct Probe User: Guide. For VRI GC/MS Instruments. Thermo Fisher Scientific Inc. Revision D. (2019, February). <https://usermanual.wiki/Pdf/1R1205050006RevDDirectProbeUserGuide.570530495.pdf>
- Франке, З., Франц, П., & Варнке, В. (1973). *Химия отравляющих веществ*. Т. 2. Пер. с нем., под. ред. И. Л. Кнунянца. М.: Химия. 404 с. (Оригінальна праця видана 1967–1969 рр.)
- Frost, J. M., Dart, M. J., Tietje, K. R., Garrison, T. R., Grayson, G. K., Daza, A. V., El-Kouhen, O. F., Yao, B. B., Hsieh, G. C., Pai, M., Zhu, C. Z., Chandran, P., & Meyer, M. D. (2010). Indol-3-ylcycloalkyl ketones: effects of N1 substituted indole side chain variations on CB<sub>2</sub> cannabinoid receptor activity. *Journal of medicinal chemistry*, 53(1), 295–315.  
DOI: <https://doi.org/10.1021/jm901214q>
- Fulo, H. F., Shoeib, A., Cabanlong, C. V., Williams, A. H., Zhan, C. G., Prather, P. L., & Dudley, G. B. (2021). Synthesis, Molecular Pharmacology, and Structure–Activity Relationships of 3-(Indanoyl) indoles as Selective Cannabinoid Type 2 Receptor Antagonists. *Journal of medicinal chemistry*, 64(9), 6381–6396.  
DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.1c00442>
- Кабінет Міністрів України. (2000, Травень 06). *Перелік наркотичних засобів, психотропних речовин і прекурсорів*: затв. постановою № 770. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/770-2000-п#top>
- Kaizaki-Mitsumoto, A., Hataoka, K., Funada, M., Odanaka, Y., Kumamoto, H., & Numazawa, S. (2017). Pyrolysis of UR-144, a synthetic cannabinoid, augments an affinity to human CB<sub>1</sub> receptor and cannabimimetic effects in mice. *The Journal of toxicological sciences*, 42(3), 335–341.  
DOI: <https://doi.org/10.2131/jts.42.335>
- Леган, І. М. (2021). Міжнародне співробітництво та кримінологічні засади запобігання та протидії незаконного обігу наркотичних засобів та психотропних речовин [International cooperation and criminological framework for preventing and combating illicit trafficking for drugs and psychotropic substances]. *Юридичний науковий електронний журнал*, 1, 402–405.  
DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0374/2021-1/101>
- Louis, A., Peterson, B. L., & Couper, F. J. (2014). XLR-11 and UR-144 in Washington state and state of Alaska driving cases. *Journal of analytical toxicology*, 38(8), 563–568.  
DOI: <https://doi.org/10.1093/jat/bku067>
- Лисенко, О. М., Ковальчук, Т. В., & Зайцев, В. М. (2013). *Основи газової хроматографії: навч. посіб.* Київ: [б. в.]. 164 с. [https://www.researchgate.net/profile/Vladimir-Zaitsev-2/publication/297732288\\_Gas\\_chromatography\\_Basics\\_Ukr\\_Osnovy\\_gazovoj\\_hromatografii/links/56e1a31808ae4bb9771bafb3/Gas-chromatography-Basics-Ukr-Osnovy-gazovoj-hromatografii.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Vladimir-Zaitsev-2/publication/297732288_Gas_chromatography_Basics_Ukr_Osnovy_gazovoj_hromatografii/links/56e1a31808ae4bb9771bafb3/Gas-chromatography-Basics-Ukr-Osnovy-gazovoj-hromatografii.pdf)
- Maida, N. L., Papaseit, E., Martínez, L., Pérez-Mañá, C., Poyatos, L., Pellegrini, M., Pichini, S., Pacifici, R., Ventura, M., Galindo, L., Busardò, F. P., & Farré, M. (2021). Acute Pharmacological Effects and Oral Fluid Biomarkers of the Synthetic Cannabinoid UR-144 and THC in Recreational Users. *Biology*, 10(4), 257.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/biology10040257>
- Multilingual dictionary of narcotic drugs and psychotropic substances under international control. Supplement 2018*. (2019). Vienna: United Nations. [https://www.unodc.org/documents/scientific/2018-MLD\\_supplement-ebook.pdf](https://www.unodc.org/documents/scientific/2018-MLD_supplement-ebook.pdf)
- Организация Объединенных Наций. (2014). *Рекомендуемые методы идентификации и анализа агонистов рецепторов синтетических каннабиноидов в изъятых материалах. Руководство для использования националь-*

- ными лабораториями экспертизы наркотиков. Нью-Йорк, 60 с. [https://www.unodc.org/documents/scientific/Synthetic\\_Cannabinoids\\_Manual\\_Russian.pdf](https://www.unodc.org/documents/scientific/Synthetic_Cannabinoids_Manual_Russian.pdf)
- Pennings, E., Amsterdam, J., Povendran, D., & Kershaw, S. (2017). *UR-144 Critical Review Report Agenda Item 4.11 Expert Committee on Drug Dependence. Thirty-ninth Meeting*. [https://www.researchgate.net/publication/322550926\\_UR-144\\_Critical\\_Review\\_Report\\_Agenda\\_Item\\_411\\_Expert\\_Committee\\_on\\_Drug\\_Dependence\\_Thirty-ninth\\_Meeting](https://www.researchgate.net/publication/322550926_UR-144_Critical_Review_Report_Agenda_Item_411_Expert_Committee_on_Drug_Dependence_Thirty-ninth_Meeting)
- The Drug Classroom. (2015). *UR-144*. Узято 10.07.2022 з <https://thedrugclassroom.com/video/ur-144/>
- Ткаченко, В. В., & Ткаченко, І. Г. (2018). Молекулярний докінг для моделювання комплексів потенційних психоактивних сполук із канабіноїдними рецепторами CB1 [Molecular docking for modelling complexes of potential psychoactive compounds with cannabinoid receptors CNR1]. *Криміналістичний вісник*, 2(30), 122–31. DOI: <https://doi.org/10.37025/1992-4437/2018-30-2-122>
- U. S. Department of Justice. Drug Enforcement Administration. (2014). *UR-144*. <https://www.swgdrug.org/Monographs/UR144.pdf>
- Верховна Рада України. (1995, Лютий 15). *Про наркотичні засоби, психотропні речовини і прекурсори*: Закон України № 60/95-ВР. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/60/95-%D0%B2%D1%80#Text>
- WHO Expert Committee on Drug Dependence. *Thirty-ninth report*. (2018). Geneva. <https://www.who.int/publications/item/9789241210188>
- Wiley, J. L., Marusich, J. A., Lefever, T. W., Grabenauer, M., Moore, K. N., & Thomas, B. F. (2013). Cannabinoids in disguise:  $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinol-like effects of tetramethylcyclopropyl ketone indoles. *Neuropharmacology*, 75, 145–154. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2013.07.022>
- Замошець, О. П., Брон, Г. М., Барікова, О. М., Зелений, П. О., Коробчук, В. М., & Косміна, Н. М. (2021). *Дослідження сильнодіючих і отруйних лікарських засобів: метод. рек.* Київ: ДНДЕКЦ МВС України. 74 с.
- Zuba, D., Geppert, B., Sekula, K., & Zaba, C. (2013). [1-(Tetrahydropyran-4-ylmethyl)-1H-indol-3-yl]-(2,2,3,3-tetramethylcyclopropyl)methanone: a new synthetic cannabinoid identified on the drug market. *Forensic Toxicology*, 31(2), 281–291. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11419-013-0191-8>
- Звіт щодо наркотичної та алкогольної ситуації в Україні за 2021 рік (за даними 2020 року)*. (2021). Київ. <https://www.emcdda.europa.eu/system/files/attachments/14398/dani-zvitu-2021-2020-rik-national-report-ukraine-original.pdf>

Стаття надійшла до редакції 22.07.2022

**H. Spetsialna**, *Head of the research of Narcotic Drugs, Psychotropic Substances, their Analogues and Precursors Sector, Materials, Substances and Products Research Department, Ternopil Scientific Research Forensics Center, MIA of Ukraine, Ternopil, Ukraine*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1664-0136>

**V. Yatsyuk**, *Cand. Sc. (Chemistry), Deputy Head of the Materials, Substances and Products Research Department, Ternopil Scientific Research Forensics Center, MIA of Ukraine, Ternopil, Ukraine*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0103-1250>

**V. Korobchuk**, *Head of the Materials, Substances and Products Research Department, Ternopil Scientific Research Forensics Center, MIA of Ukraine, Ternopil, Ukraine*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7784-3335>

## RESEARCH OF SYNTHETIC CANNABINOID UR-144

**The purpose** on the basis of a complex analysis of theoretical information and the results of experimental study of UR-144, develop an optimal scheme for the study of this substance, which is necessary for obtaining reliable results and forming a well-founded and objective conclusion of a forensic expert. **Methodology.** To achieve the scientific goal, a complex of general scientific and special research methods was applied. Using analytical, generalizing approaches, theoretical data on the solved issue were systematized. The application of various methods of analysis made it possible to summarize the results of the study and propose an analysis scheme. The reliability of the obtained results is provided by modern physico-chemical methods of analysis and the possibilities of program interpretation of the obtained results. **Scientific novelty.** An optimal scheme for the study of substances containing UR-144 was developed, which is based on the identification of the substance and the determination of its quantitative content. For the identification of UR-144, it is proposed to use qualitative chemical reactions, thin-layer chromatography and a modern instrumental method – mass-selective detection with direct input. **Conclusions.** The qualitative determination of UR-144 was carried out by the methods of qualitative chemical reactions and thin-layer chromatography, the sensitivity and selectivity of which were confirmed by the results of tested instrumental research methods. The following instrumental research methods are proposed for the identification of UR-144: IR spectroscopy and mass-selective detection with direct input. The features of identification of UR-144 in the studied objects by the method of gas chromatography with the use of mass-selective and flame-ionization detection are characterized. A generalized scheme of the UR-144 study has been developed, which can be used to prepare a scientifically based opinion of a forensic expert.

**Keywords:** forensic examination; opinion of a forensic expert; UR-144; identification; chromatography; qualitative chemical reactions; quantification; analysis scheme.

**Г. Б. Специальная**, заведующая сектором исследования наркотических средств, психотропных веществ, их аналогов и прекурсоров  
отдела исследований материалов, веществ и изделий,  
Тернопольский научно-исследовательский экспертно-криминалистический центр МВД Украины, г. Тернополь  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1664-0136>

**В. М. Яцюк**, кандидат химических наук,  
заместитель заведующего отделом  
исследований материалов, веществ и изделий,  
Тернопольский научно-исследовательский экспертно-криминалистический центр МВД Украины, г. Тернополь  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0103-1250>

**В. М. Коробчук**, заведующий отделом  
исследований материалов, веществ и изделий,  
Тернопольский научно-исследовательский экспертно-криминалистический центр МВД Украины, г. Тернополь  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7784-3335>

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО КАННАБИНОИДА UR-144

**Цель** статьи – на основе комплексного анализа теоретических сведений и результатов экспериментального изучения UR-144 разработать оптимальную схему исследования этого вещества, которая необходима для получения результатов и формирования обоснованного и объективного заключения судебного эксперта. **Методология.** Для достижения поставленных целей применен комплекс общенаучных и специальных методов исследования. Используя аналитические, обобщающие подходы, систематизированы теоретические данные по решаемому вопросу. Применение различных методов анализа позволило обобщить результаты исследования и предложить схему анализа. Достоверность полученных результатов обеспечивается современными физико-химическими методами анализа и возможностями программной интерпретации полученных результатов. **Научная новизна.** Разработана оптимальная схема исследования веществ, содержащих UR-144, которая основывается на идентификации вещества и определении его количественного содержания. Предложено для идентификации UR-144 использовать качественные химические реакции, тонкослойную хроматографию, современный инструментальный метод – масс-селективное детектирование с прямым введением. **Выводы.** Проведено качественное определение UR-144 методами качественных химических реакций и тонкослойной хроматографии, чувствительность и селективность которых подтверждена результатами апробированных инструментальных методов исследования. Предложены для идентификации UR-144 следующие инструментальные методы исследования: ИК-спектроскопия и масс-селективное детектирование с прямым введением. Охарактеризованы особенности идентификации UR-144 в исследуемых объектах методом газовой хроматографии с использованием масс-селективного и пламенно-ионизационного детектирования. Разработана обобщенная схема исследования UR-144, которую можно применять для подготовки научно обоснованного заключения судебного эксперта.

**Ключевые слова:** судебная экспертиза; заключение судебного эксперта; UR-144; идентификация; хроматография; качественные химические реакции; количественное определение; схема анализа.