



DOI: 10.33273/2663-9726-2024-61-2-7-22
УДК: 615.3+615.9+614.7

Н.В. Курділь

Державне підприємство «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І. Медведя Міністерства охорони здоров'я України», м. Київ, Україна

ВПЛИВ ВИРОБНИЦТВА ТА ВЖИВАННЯ СИНТЕТИЧНИХ НАРКОТИКІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

РЕЗЮМЕ. Надвисокі обсяги виробництва та вживання наркотиків – глобальна проблема сучасності, адже справляє надзвичайно шкідливий вплив на здоров'я людини та середовище життєдіяльності.

Мета. Узагальнення міжнародного досвіду з моніторингу впливу виробництва та вживання синтетичних наркотиків на довкілля.

Матеріали та методи. Використано звіти Європейського моніторингового центру з контролю наркотиків та наркоманії, Національної поліції і Служби безпеки України, ООН (UNODS), ВООЗ (WHO), матеріали наукових бібліотек PUBMED, Elsevier.

Результати. За результатами останнього моніторингу в Україні спостерігається негативна динаміка поширеності вживання наркотичних психоактивних речовин (ПАР) на 10 000 населення: з 14,7 у 2017 р. до 17,0 у 2022 р. Отримати вичерпну інформацію щодо обсягів виробництва і вживання нелегальних наркотиків на всій території України сьогодні не можливо. Причини зрозумілі: в умовах війни частина територій України окупована рашистами. Разом з тим, за даними Національної поліції України, лише протягом 2021 року було ліквідовано 94 нарколабораторії; викрито 4 міжнародних канали надходження до України наркотичних засобів. Із незаконного обігу вилучені тонни наркотичних засобів та психотропних речовин, про що свідчать закінчені розслідування кримінальних проваджень. Досвід країн ЄС дозволяє оцінити характер та масштаби вживання наркотиків у часі; виявити базові тенденції щодо вживання наркотиків; визначити заходи контролю та пом'якшення наслідків виробництва та вживання синтетичних наркотиків, які зможуть ефективно захистити довкілля від небезпечних біологічно активних речовин.

Висновки. Хоча поки що мало відомо про фактичні масштаби глобальної шкоди синтетичних наркотиків, моніторинг їхньої присутності в об'єктах довкілля є актуальним напрямком наукових досліджень і має бути окремим питанням державної політики у сфері громадського здоров'я.

Ключові слова: наркотики, довкілля.

N. Kurdil

L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety, Ministry of Health, Ukraine (State Enterprise), Kyiv, Ukraine

ENVIRONMENTAL IMPACT OF SYNTHETIC DRUGS PRODUCTION AND CONSUMPTION

Abstract. Extremely high volumes of drugs production and consumption have become a global problem of modern times, which determines negative impact on human health and the living environment.

Aim: generalization of international best practices in monitoring the impact of production and consumption of synthetic drugs on the environment.

Materials and Methods. the reports by the European Monitoring Centre for Drug and Narcotics Control, the National Police of Ukraine and the Security Service of Ukraine, UN, WHO, materials from scientific libraries PUBMED, Elsevier were studied.

Results. According to the results of the latest monitoring in Ukraine, the dynamics of illegal drugs and psychoactive substances use per 10,000 population remains negative: from 14.7 in 2017 to 17.0 in 2022. However, under the conditions of martial law and due to active hostilities in some regions of Ukraine, as well as because of limited access to relevant resources in these territories, individual monitoring subjects do not have the opportunity to exercise their powers in full. Therefore, obtaining comprehensive information on the volume of production and use of illegal drugs is not considered possible today. At the same time, according to the National Police of Ukraine, 94 drug laboratories were closed down in 2021 alone; four international channels of entry of illegal drugs into Ukraine were exposed; tons of drug materials and psychotropic substances were seized from illegal

circulation as a result of completed investigations in criminal proceedings. The experience of EU countries proves that monitoring the concentration of synthetic drugs in environmental objects allows solving the following issues: assessing the nature and scale of drug use over time; identifying basic trends in drug consumption; determination of measures to control and mitigate the consequences of the production and consumption of synthetic drugs, which will effectively protect the environment from dangerous biologically active substances.

Conclusions. *Although little is known about the actual extent of damage to the environment of illegal synthetic drugs, monitoring their presence in environmental objects is a relevant area of scientific research and should be a separate issue of public health policy.*

Keywords: *drugs, environment.*

Вступ. Надвисокі обсяги вживання та виробництва наркотиків – глобальна проблема сучасності, що підтверджують статистичні дані країн, долучених до системи міжнародного моніторингу за наркотиками та наркоманією. Сьогодні, за оцінками ООН і ВООЗ, Китай є найбільшим у світі постачальником активних фармацевтичних інгредієнтів за обсягом, виробляючи понад 2000 продуктів (чверть світового виробництва) з річним об'ємом у 2 млн. тонн, на другому місці – Індія. Ціни на деякі неконтрольовані хімічні речовини та їхні прекурсори надзвичайно низькі. Продукція з країн Азії яскраво рекламується, а замовлення можна розміщувати онлайн і одержувати поштою [1-2].

Майже всі країни вказують на труднощі щодо контролю за належним виробництвом наркотиків. Масштаби виробничих секторів та їхнє швидке зростання ускладнюють контроль за виробниками та постачальниками. Наприклад, складно впливати на дотримання виробниками правил поведінки з наркотиками, спрямованих на обмеження незаконного витоку психоактивних речовин та їхніх прекурсорів. Обмежений нагляд за великими галузями промисловості або відсутність спеціальних правил, що стосуються реклами та розповсюдження прекурсорів, збільшує доступність широкого спектра сировини, необхідної для нелегального виробництва наркотиків. Виробництво та продаж прекурсорів важко контролювати, враховуючи різноманітність їхнього законного використання. Крім того, деякі фірми виробляють «дизайнерські» або замасковані прекурсори, які не підпадають під контроль чи торговельні обмеження [3-6].

Україна, що третій рік потерпає від масштабної воєнної агресії з боку російської федерації, є вкрай вразливою щодо нелегального виробництва та поширення наркотичних речовин. У даному дослідженні увагу зосереджено на вивченні впливу виробництва та вживання синтетичних наркотиків на довкілля.

Мета. Узагальнення даних щодо впливу виробництва наркотичних речовин та їхніх прекурсорів на навколишнє середовище.

Матеріали та методи. Використано звіти Європейського моніторингового центру з контролю наркотиків та наркоманії, Національної поліції і Служби безпеки України, ООН (UNODS), ВООЗ

Introduction. Extremely high levels of drug consumption and production are a global problem of today, which is confirmed by the statistical data of the countries included in the system of international monitoring of drugs and drug addiction. Today, according to the UN and WHO estimates, China is the world's largest supplier of active pharmaceutical ingredients by volume, producing more than 2,000 products (a quarter of global production) with an annual volume of 2 million tons, followed by India. Prices for some uncontrolled chemicals and their precursors are extremely low, products from Asian countries are extensively advertised, and orders can be placed online and received by post [1-2].

Almost all countries point out the difficulties in controlling the proper processes in production of drugs. The scale of manufacturing sectors and their rapid growth make it difficult to control manufacturers and suppliers. For example, it is difficult to influence manufacturers' compliance with drug handling rules aimed at limiting the illegal flow of psychoactive substances and their precursors. Limited oversight of large industries or the absence of specific regulations regarding the advertising and distribution of precursors increases the availability of a wide range of raw materials needed for illicit drug production. The production and sale of precursors is difficult to control, given the variety of their legal uses. In addition, some firms produce 'designer' or disguised precursors that are not subject to controls or trade restrictions [3-6].

Ukraine, which has been suffering from large-scale military aggression by the Russian Federation for the third year, is extremely vulnerable in terms of illegal production and distribution of drugs and narcotic substances. This research will focus on studying the impact of the production and consumption of synthetic drugs on the environment.

Aim. Generalization of the data on the impact of the production of drugs and narcotic substances and their precursors on the environment.

Materials and Methods. The reports by the European Monitoring Centre for Drug and Narcotics Control, the National Police of Ukraine and the Security Service of Ukraine, UN, WHO, materials from scientific

(WHO), матеріали наукових бібліотек PUBMED, Elsevier. Дослідження здійснено відповідно до плану НДР (державна реєстрація № 0123U102087), з урахуванням принципів Гельсінської декларації (1964 р.) та схвалено Комісією з питань етики медичних та біологічних досліджень (Протокол № 25 від 06.03.2024 р.).

Результати. В умовах воєнного стану, запровадженого Указом Президента України від 24.02.2022 № 64 «Про введення воєнного стану в Україні», та у зв'язку із активними бойовими діями в частині регіонів України, а також обмеженим доступом до відповідних ресурсів на цих територіях, окремі суб'єкти моніторингу не мають можливості здійснювати свої повноваження в повному обсязі, тому надати всю необхідну інформацію не вбачається можливим. Керуючись показниками, визначеними Європейським моніторинговим центром з наркотиків та наркотичної залежності (англ. European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction, EMCDDA), суб'єкти моніторингу наркотичної та алкогольної ситуації збирають і узагальнюють важливу інформацію. Вона стосується проблем вживання наркотичних засобів та психоактивних речовин (далі – ПАР); незаконного обігу ПАР та пов'язаною з ними злочинністю; законодавства у сфері обігу ПАР та протидії їхньому незаконному обігу та багатьох інших питань [7].

Отримані дані щороку публікуються в офіційному документі – «Звіті щодо наркотичної та алкогольної ситуації в Україні» за відповідний рік. Так, за результатами останнього моніторингу досліджень констатовано негативну динаміку поширеності вживання наркотичних і ПАР речовин в Україні. Отже, на 10 000 населення (дані Звіту щодо наркотичної та алкогольної ситуації в Україні за 2023 рік (за даними 2022 року)), зокрема, впродовж останніх 6-ти років спостерігається щорічне зростання показника поширеності вживання наркотиків в Україні (рис.1).

Аналогічні тенденції спостерігаються і в країнах Європейського Союзу (далі – ЄС). Так, за даними EMCDDA доступність і використання наркотиків в ЄС залишається на високому рівні, хоча між країнами існують значні відмінності. На початок 2022 р. приблизно 83,4 мільйона або 29 % дорослих (віком 15–64) у ЄС коли-небудь вживали заборонені наркотики, причому про цей факт повідомили більше чоловіків (50,5 мільйона), ніж жінок (33,0 мільйона). Канабіс залишається найпоширенішою речовиною, про використання якої минулого року повідомили понад 22 мільйони дорослих європейців. Стимулятори є другою за поширеністю категорією, за 2022 рік 3,5 мільйона дорослих вжили кокаїн, 2,6 мільйона – MDMA і 2 мільйони – амфетаміни. За останній рік приблизно 1 мільйон європейців вживали героїн або інші заборонені опіоїди [8].

Незважаючи на те, що поширеність вживання опіоїдів нижча, ніж інших наркотиків, вони все ще

libraries PUBMED, Elsevier were studied. The research was carried out in accordance with the plan of the Research work (state registration No.0123U102087), taking into account the principles of the Declaration of Helsinki (1964 p.) and approved by the Commission on the Ethics of Medical and Biological Research (Protocol No. 25 of 06.03.2024).

Results. Under the conditions of martial law, introduced by the Decree of the President of Ukraine of 24.02.2022 No. 64 On the Introduction of Martial Law in Ukraine, and due to active hostilities in some regions of Ukraine, as well as because of the limited access to relevant resources in these territories, certain monitoring subjects do not have the opportunity to exercise their powers in full. Therefore, it is not considered possible to provide all the necessary information. Applying the indicators determined by the European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA), entities, monitoring the drug and alcohol situation collect and summarize important information related to the problems of the consumption of drug materials and psychoactive substances (hereinafter — PS); illegal trafficking of PS and related crimes; legislation on PS circulation and counteracting their illegal circulation and many other issues [7].

The obtained data are provided annually in an official document — Report on the Drug and Alcohol Situation in Ukraine for the corresponding year. Thus, according to the results of the latest monitoring, the negative dynamics of the use of illegal drugs and psychoactive substances in Ukraine per 10,000 population (data from the Report on the Drug and Alcohol Situation in Ukraine for 2023 (according to 2022 data)) was determined. In particular, within last 6 years there has been an annual increase in the prevalence of drug use in Ukraine (Fig. 1).

Similar trends are observed in the countries of the European Union (hereinafter referred to as the EU). Yes, according to the EMCDDA data availability and use of drugs in the EU remains at a high level, although there are significant differences between countries. By early 2022, approximately 83.4 million or 29% of adults (aged 15–64) in the EU are estimated to have ever used an illicit drug, with more men (50.5 million) than women (33.0 million) reporting use. Cannabis remains the most widely consumed substance, with more than 22 million European adults admitting its use last year. Stimulants are the second most common category, with 3.5 million adults consuming cocaine in 2022, 2.6 million — MDMA, and 2 million — amphetamines. Over the past year, about 1 million Europeans have used heroin or other illicit opioids [8].

Although the prevalence of opioid use is lower than that of other drugs, opioids still account for the largest

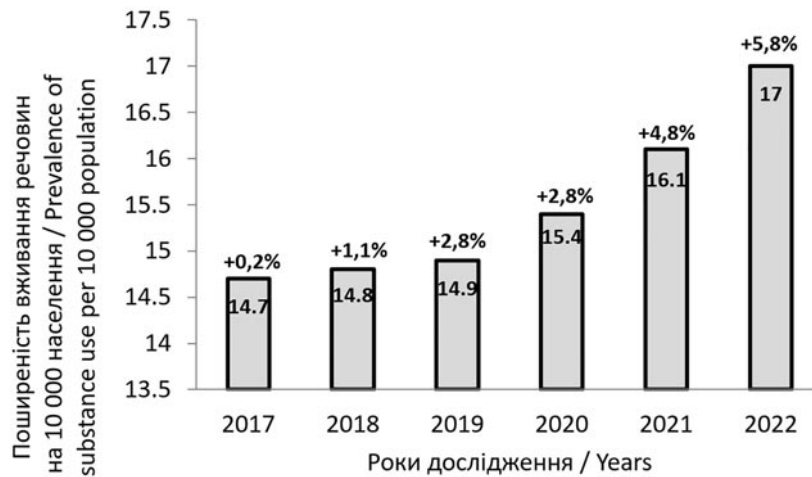


Рис. 1. Динаміка поширеності вживання наркотичних і психотропних речовин в Україні на 10 000 населення (дані Звіту щодо наркотичної та алкогольної ситуації в Україні за 2023 рік (за даними 2022 року)) [7].

Fig. 1. Dynamics of the prevalence of the use of illegal drugs and psychotropic substances in Ukraine per 10 000 population (data from the Report on the Drug and Alcohol Situation in Ukraine for 2023 (according to 2022 data)) [7].

становлять найбільшу частку шкоди, пов'язаної зі вживанням заборонених наркотиків. Це підтверджується наявністю опіоїдів, часто в поєднанні з іншими речовинами, які були виявлені приблизно у трьох чвертях смертельних передозувань, зареєстрованих у ЄС у 2020 році [9].

Окрім поширеності наркотиків і ПАР, викликає занепокоєння їхнє нелегальне виробництво в Україні. Наприклад, нелегальний метадон виготовляється на нашій території у підпільних лабораторіях та частково експортується до суміжних країн. Внутрішній попит на метамфетамін в цілому забезпечують підпільні лабораторії України, а головний прекурсор – псевдоефедрин нелегально завозиться з території Польщі, Єгипту та Йорданії у вигляді лікарських засобів, які його містять. Якщо раніше PVP, мефедрон, а також інші так звані «солі» завозилися з Китаю, зокрема поштовими відправленнями, останнім часом спостерігається тенденція щодо збільшення обсягів виготовлення вказаних речовин у підпільних лабораторіях на території України з прекурсорів із Китаю. Завдяки посиленню заходів контролю з боку держави за прекурсорами, що використовуються для виготовлення амфетаміну, з'явилася тенденція щодо зменшення кількості підпільних нарколабораторій з його виробництва на користь інших синтетичних наркотиків [7].

Про масштаби виробництва синтетичних наркотиків і ПАР в Україні свідчить кількість підпільних нарколабораторій. Але є і позитивна тенденція – їхня діяльність щороку припиняється співробітниками Національної поліції і Служби безпеки України. Так, у січні 2021 року ліквідовано нарколабораторію, яка розташовувалась на території одного з приватних домоволодінь Київської області, з незаконного обігу

share of illicit drug-related harm. This is supported by the detected presence of opioids, often in combination with other substances, in approximately three quarters of fatal overdoses registered in the EU in 2020 [9].

In addition to the widespread use of drugs and psychoactive substances, the fact of their illegal production on the territory of Ukraine is a cause for concern. For example, illegal methadone is produced on the territory of Ukraine in underground laboratories and is partially exported to neighbouring countries. These illegal laboratories of Ukraine in general meet domestic demand for methamphetamine and the main precursor — pseudoephedrine is illegally imported from the territory of the Republic of Poland, Egypt and Jordan in the form of medicinal products that contain it. If earlier PVP, mephedrone, as well as other so-called 'salts' were imported from China by post, recently there has been a tendency of an increase in the volume of production of these substances in underground laboratories on the territory of Ukraine from precursors from China. Due to the enforcement of state control measures on precursors used for the production of amphetamine, there has been a tendency of the decrease in the number of underground drug laboratories producing it in favour of other synthetic drugs [7].

The number of underground drug laboratories, the activities of which are discontinued every year by the National Police of Ukraine and the Security Service of Ukraine, characterizes the scope of production of synthetic drugs and psychoactive substances in Ukraine. In January 2021, a drug laboratory located on the territory of a private estate in the Kyiv region was closed down.

вилучено 41,6 кг психотропної речовини 1-феніл-2-піролідін-1-іл-пентан-1-он (PVP) та близько 800 кг різноманітних прекурсорів; у січні 2021 року на території Дніпропетровської області ліквідовано нарколабораторію, з незаконного обігу вилучено близько 3 кг (брутто) метамфетаміну та інших психотропних речовин, 4,4 кг псевдоефедрину; у березні 2021 року ліквідовано діяльність міжрегіонального організованого злочинного угруповання, яке незаконно виготовляло та збувало наркотичні засоби та психотропні речовини через месенджер «Телеграм» з використанням логістичних можливостей ТОВ «Нова Пошта»; у квітні 2021 року на території Івано-Франківської області ліквідовано діяльність двох нарколабораторій з виготовлення психотропної речовини амфетамін, з незаконного обігу вилучено 81,8 г амфетаміну, понад 12 літрів амфетаміну в рідкому стані, 35 літрів прекурсоріу нітроетан, 20 кг прекурсоріу фенілнітропропен, а також близько 500 літрів хімічних реактивів та сполук.

Всього протягом 2021 року було ліквідовано 94 нелегальні лабораторії з виробництва синтетичних наркотиків. Таким чином, результати останнього моніторингу наркоситуації в Україні свідчать про те, що ця проблема постійно у полі зору правоохоронних органів. Її актуальність очевидна, адже виклики серйозні та потребують комплексного підходу щодо подолання негативних тенденцій.

Обговорення. Існує багато факторів, які визначають вплив синтетичних наркотиків на навколишнє середовище. Виробництво лікарських засобів рослинного походження має моделі впливу на довкілля, подібні до впливу синтетичних наркотиків, оскільки в обох випадках для виробництва кінцевої продукції використовуються різні хімічні речовини-прекурсорі та інші вхідні речовини. Але тип прекурсорів для виробництва синтетичних наркотиків є більш динамічним. Адже виробники адаптуються до правил і використовують прекурсорі, тобто хімічні речовини, що не регулюються та можуть виробляти саме такі речовини, що перебувають під міжнародним контролем.

Основна частина світового виробництва синтетичних наркотиків пов'язана з трьома назвами: метамфетаміном, амфетаміном і MDMA («екстазі»). Для деяких синтетичних наркотиків, таких як «екстазі», основною сировиною є прекурсорі рослинного походження. Ризик завдання шкоди навколишньому середовищу істотно різниться залежно від доступності та складності системи управління водою та відходами. Здатність очищати та аналізувати воду можуть бути відмінними у різних країнах. Це означає, наприклад, що виробництво метамфетаміну має власні особливості впливу в різних країнах світу.

Виробництво синтетичних наркотиків є невеликим порівняно зі світовим ринком дозволених хімічних речовин або ліків. Але це зростаючий ринок у сег-

41.6 kg of the psychotropic substance 1-phenyl-2-pyrrolidin-1-yl-pentan-1-one (PVP) and about 800 kg of various precursors were seized from illegal circulation. In January 2021, a drug laboratory was liquidated in the territory of Dnipropetrovsk region, with about 3 kg (gross) of methamphetamine and other psychotropic substances, 4.4 kg of pseudoephedrine seized from illegal circulation. In March 2021, the activities of an inter-regional organized criminal group, which illegally manufactured and sold illegal drugs and psychotropic substances via the Telegram messenger using the logistical capabilities of Nova Poshta LLC, were stopped. In April 2021, two drug laboratories producing psychotropic substance amphetamine were closed down on the territory of Ivano-Frankivsk region, with 81.8 g of amphetamine, more than 12 litres of amphetamine in a liquid state, 35 litres of nitroethane precursor, 20 kg of phenyl-nitropropene precursor, and also about 500 litres of chemical reagents and compounds seized.

A total of 94 illegal laboratories producing synthetic drugs were closed down in 2021. Thus, the results of the latest monitoring of the drug situation in Ukraine indicate that the problem of illegal circulation and use of drugs and psychotropic substances remains relevant, creates serious challenges and requires a comprehensive approach to overcome negative trends.

Discussion. There are many factors that determine the impact of synthetic drugs on the environment. The production of herbal medicines has environmental impact patterns similar to those of synthetic drugs, as both use different precursors, chemicals and other inputs to produce the final products. However, the type of precursors used in the production of synthetic drugs is more dynamic as traffickers adapt to regulations, with a tendency to shift to precursors (chemicals that are not regulated and can produce internationally controlled precursors).

The main part of the world's production of synthetic drugs is associated with three drugs: methamphetamine, amphetamine and MDMA (ecstasy). For some synthetic drugs, such as ecstasy, the main raw materials are precursors of plant origin. The risk of harm to the environment varies significantly depending on the availability and complexity of the water and wastes management system. The ability to treat and analyse water can vary greatly from country to country, meaning that, for example, the production of methamphetamine has different implication patterns in different countries around the world.

Synthetic drug production is small compared to the global market for licensed chemicals or drugs; however, it is a growing market in the illicit drug segment.

менті заборонених наркотиків. Хоча концентрації контрольованих наркотиків та їх метаболітів у навколишньому середовищі відносно низькі порівняно з іншими хімічними речовинами, але деякі речовини, зокрема амфетамін і MDMA, мають сильну фармакологічну дію. Вона може створити певну токсичність у ґрунті, поверхневих і підземних водах. Це створює ризики для здоров'я населення та біорізноманіття, які можуть бути невеликими порівняно з іншими національними чи глобальними ризиками, але, тим не менше, можуть бути важливими на місцевому рівні.

Вплив синтетичних наркотиків на довкілля можна розділити на дві основні сфери діяльності: виробництва та вживання. Безпосередній вплив виробництва незаконних наркотиків часто є досить локальним, тоді як вплив вживання може бути більш поширеним та носити глобальний характер. Вживання впливає на навколишнє середовище в основному через виділення людини, через які наркотики або їх активні метаболіти потрапляють безпосередньо у стічні води. Серед речовин, які найчастіше виявляються на очисних спорудах у країнах, де існує такий моніторинг, є амфетамін, бензоілегоноін, екгонін метиловий ефір, MDMA, метамфетамін і морфін. Виробництво синтетичних наркотиків доволі поширене, а метамфетамін, незаконно виготовлений у підпільних лабораторіях, є найпоширенішим у світі стимулятором амфетамінового ряду.

Значна кількість виробництва метамфетаміну зосереджена в Північній Америці та південному сході Азії, з тенденцією до збільшення виробництва на південному заході Азії та північній Європі; виробництво амфетаміну поширене на Близькому Сході; виробництво «екстазі» – в північній Європі [2]. Кожен наступний крок у процесі синтезу і виробництва синтетичних ліків має свою специфічну хімічну особливість із спектра хімічних сполук, тобто прекурсорів і домішок, а також побічних продуктів синтезу. Усе це можна назвати маркерами синтезу. У більшості випадків склад домішок, що утворюються в процесі синтезу, відомий, але для деяких прекурсорів він досі є невідомим. Склад відходів лікарських засобів визначається багатьма факторами, включаючи прекуртори, етапи реакції, умови та тривалість реакції, технічні параметри обладнання, що використовуються, а також досвід виробника. Це означає, що відходи виробництва можуть бути різними за обсягом і складом. На основі рецептів, знайдених у незаконних лабораторіях у Нідерландах, можна навести орієнтовні цифри щодо складу відходів [11, 12].

Екологічна небезпека виробництва синтетичних наркотиків і вживання їх людиною має різні елементи. Вплив на навколишнє середовище від вживання наркотиків людиною зазвичай невеликий і пов'язаний із викидом залишків наркотиків і ПАР та їх метаболітів людини в поверхневій воді через очисні спо-

Although environmental concentrations of controlled drugs and their metabolites are relatively low compared to other chemicals, some substances, such as amphetamine and MDMA, have strong pharmacological effects that may cause certain levels of toxicity in soil, surface and groundwater. This poses risks to public health and biodiversity that may be small compared to other national or global risks, but important at the local level.

The impact of synthetic drugs on the environment can be divided into two main areas of activity: production and consumption. The direct impact of illicit drug production is of local nature, while the impact of consumption can be more widespread and global in nature. Consumption affects the environment mainly through human excreta, through which drugs or their active metabolites are discharged directly into wastewater. Among the substances, most often detected at treatment plants in countries where such monitoring exists are amphetamine, benzoylecgonine, ecgonine methyl ester, MDMA, methamphetamine, and morphine. Synthetic drug production is widespread, and methamphetamine, produced illegally in underground laboratories, is the world's most widely used amphetamine-type stimulant.

Production of methamphetamine is concentrated in North America and Southeast Asia, with a trend toward increasing production in Southwest Asia and Northern Europe; amphetamine production is widespread in the Middle East; and the production of ecstasy — in Northern Europe [2]. Each step in the process of synthesis and production of synthetic drugs creates its own specific chemical signature from the spectrum of chemical compounds, that is, precursors and additives, as well as by-products of synthesis. All these can be called markers of synthesis. In most cases, the composition of additives formed in the synthesis process is known, but for some precursors, it is still unknown. The composition of drug waste is determined by many factors, including precursors, reaction steps, reaction conditions and duration, technical parameters of the equipment used, and the experience of the manufacturer. This means that production waste can be different in volume and composition. Based on recipes found in illegal laboratories in the Netherlands, it is possible to give approximate figures for the composition of the waste [11, 12].

The environmental danger of the production of synthetic drugs and their use by humans has different elements. The impact on the environment from human drug use is usually small and is associated with the release of drug residues and psychoactive substances and their human metabolites into surface waters through sewage treatment plants. Environmental impacts associated with the disposal of chemical waste

руди. Вплив на довкілля, пов'язаний із захороненням хімічних відходів від незаконного виробництва наркотиків, який може бути значним і здебільшого спричинений поширеними хімікатами, такими як розчинники (кислоти, основи, органічні розчинники) та спеціальними хімікатами (прекурсори, кінцеві продукти, проміжні та побічні продукти, каталізатори). Маршрути викидів відходів виробництва наркотиків різноманітні.

Окрім виробництва та транспортування прекурсорів, вплив синтетичних наркотиків на навколишнє середовище здебільшого зумовлений токсичними відходами, які утворюються під час виробничого процесу. Виробники зазвичай утилізують відходи двома способами: шляхом захоронення (звалище) та скидання.

Звалище – це спосіб утилізації відходів синтетичних наркотиків шляхом складання їх у контейнер (наприклад, пластикову чи металеву бочку), тоді як скидання – це спосіб, що передбачає викид рідких відходів прямо чи опосередковано на сушу чи у воду.

Відмінність між звалищем і скиданням важливе з точки зору екологічної шкоди. Скинуті контейнери видно, їх можна згодом ідентифікувати. А от викиди більш непомітні, вони розглядаються як пряма шкода довкіллю. Людям та природі набагато небезпечніші ці токсичні речовини через їхню невидимість.

На етапі виробництва наркотиків найбільший вплив на навколишнє середовище справляють хімічні відходи. Їх набагато більше порівняно з кінцевим продуктом. Так, 1 кг «екстазі» – утворення від 6 до 10 кг відходів. Для інших синтетичних наркотиків оцінки можуть бути значно вищими. Наприклад, 1 кг амфетаміну – утворення від 20 до 30 кг відходів [13]. Залежно від шляху синтезу наркотиків склад хімічних відходів та їхній об'єм змінюються. Разом з тим впливає на навколишнє середовище, завжди погіршуючи його стан. Обсяг утворених відходів може змінюватись залежно від кількості окремих змін у конкретному виробничому процесі. Використання нерегульованих або альтернативних прекурсорів часто спонукає до додаткових етапів, продукуючи більше відходів. З огляду на те, що глобальна оцінка обсягу вироблених синтетичних наркотиків недоступна, не можливо обчислити глобальну кількість відходів, утворених виробництвом синтетичних наркотиків. Оцінити достеменно кількість відходів, одержаних від виробництва синтетичних наркотиків, не можливо, адже їх продуковано набагато більше, ніж було вилучено. Отже, щодо шкоди довкіллю, об'єктивним показником є величини мінімального впливу.

Вплив скинутих відходів виробництва синтетичних наркотиків на навколишнє середовище різний. Так, вплив розлитого або скинутого кислотного, лужного розчинів або розчинника може змінюватись залежно від фізичних і хімічних властивостей природної поверхні, на яку він потрапив. Коли вода при-

from illicit drug production, which can be significant and are mostly caused by common chemicals such as solvents (acids, bases, organic solvents) and specialty chemicals (precursors, final products, intermediates and by-products products, catalysts). The emission routes of drug production waste are diverse.

In addition to the production and transportation of precursors, the impact of synthetic drugs on the environment is mostly caused by toxic waste generated during the production process. Synthetic drug manufacturers typically dispose of waste in two ways: landfilling and dumping.

Landfilling is a method of disposing of synthetic drug waste by placing it in a container (such as a plastic or metal barrel), while dumping is a method that involves releasing liquid waste directly or indirectly onto land or into water.

The distinction between landfill and dumping is important in terms of environmental damage. Discarded containers are visible and can be identified later, while emissions are more subtle. Emissions are also seen as a more immediate cause of harm, as humans and nature are more directly exposed to toxic substances at the same time that the substance is invisible.

At the stage of drug production, the greatest impact on the environment is created by chemical waste consisting of precursor chemicals used in the production process. This waste is very large compared to the final product. For example, the production of 1 kg of ecstasy leads to the formation of 6 to 10 kg of waste. For other synthetic drugs, estimates can be much higher. For example, the production of 1 kg of amphetamine leads to the formation of 20 to 30 kg of waste [13]. Depending on the way of drug synthesis, the volume and composition of chemical waste change along with the corresponding impact on the environment. The volume of generated waste can vary depending on the number of individual steps in a specific production way. The use of unregulated precursors or alternative precursors often adds additional steps to the final synthesis and therefore creates more waste. Given that a global estimate of the volume of synthetic drugs produced is not available, it is not possible to calculate a global estimate of the waste generated by the production of synthetic drugs. Estimates of chemical waste based on seizures provide a minimum estimate of waste because much more was produced than was seized. However, these estimates may be an objective measure of the magnitude of the minimum exposure.

The impact of dumped synthetic drug waste on the environment varies, so the impact of a spilled or dumped acid solution, alkaline solution or solvent can vary depending on the physical and chemical proper-

сутня в ґрунтовому середовищі, відходи можуть легше поширюватися, але їхня концентрація зменшується через дисперсію та дифузію.

За даними поліції Нідерландів, судячи з рецептів, знайдених у підпільних лабораторіях, у відходах амфетаміну переважають кислі водні розчини, причому основну частину (50 %) становлять дуже сильні кислоти ($\text{pH}\approx 0$). Для MDMA органічні розчинники, реактиви та лужні водні розчини – значна частина відходів. Крім того, багатоетапне перетворення різних прекурсорів та подальше їхнє перетворення та виділення кінцевого продукту призводять до значних втрат як для амфетаміну, так і для MDMA. Це пов'язане як з незавершеними і недосконалими хімічними реакціями, так і з втратами через неповне розділення реакційних сумішей та продуктів. Це означає, що відходи містять значні залишки прекурсорів і домішок, а також кінцевий продукт. Виробництво стимуляторів амфетамінового ряду також продукує летючі органічні сполуки, включаючи ацетон, толуол і ефір. Головною екологічною небезпекою цих сполук є можливе забруднення підземних вод. У достатньо великих кількостях вони можуть пошкодити або вбити бактерії, які забезпечують очищення стічних вод у дренажному полі. Відходи, пов'язані з метамфетаміновими лабораторіями, – це переважно паливо та розчинники, які також можуть містити літій або ртуть, які діють як каталізатори реакцій.

Метамфетамін можна виробляти різними методами, які можуть включати такі прекуртори, як ефедрин або фенілацетон (Phenyl-2-Propanone) або бензилметилкетон. Якщо фенілацетон використовується як попередник, шлях його отримання ідентичний до виробництва амфетаміну, переважно з використанням кислих водних розчинів. Згодом здійснюється відновне амінування з використанням N-метиламіду або метиламіду як реагенту та алюмінію, покритого ртуттю у якості каталізатора. При використанні в якості прекурсора ефедрину потрібні лужні розчини, різні органічні розчинники, йод і фосфор. Хоча при синтезі амфетаміну утворюється більший обсяг відходів, ніж при синтезі метамфетаміну або MDMA, синтез двох останніх препаратів може генерувати високотоксичну металеву ртуть [14]. Залежно від використаного шляху синтезу, виробництво амфетаміну може генерувати свинець і ртуть як побічні продукти. Вплив кислотних і лужних відходів, а також органічних розчинників (наприклад, ацетону, етилового ефіру, метанолу чи ізопропанолу), що використовуються у виробництві незаконних наркотиків, зазвичай надзвичайно ризикований процес. Шкода навколишньому середовищу значною мірою залежить від об'єму, який надходить у ґрунт або поверхневі води. Довготривалий вплив є менш ймовірним, оскільки з часом кислотні та лужні розчини розбавляються та буферизуються водою, дощем та/або нейтралізуються буферною

ties of the natural surface on which it was spilled and the dilution to which it is subjected. When groundwater is present in the soil, waste can spread more easily, while its concentration is reduced through dispersion and diffusion.

According to the data from the Netherlands police, based on recipes found in underground laboratories, amphetamine waste is dominated by acidic aqueous solutions, with the bulk (50%) of the waste consisting of very strong acids ($\text{pH}\approx 0$). For MDMA, organic solvents, reagents and alkaline aqueous solutions make up a significant part of the waste. In addition, the multi-step transformation of various precursors and their subsequent transformation and isolation of the final product lead to significant losses for both amphetamine and MDMA. This is due both to incomplete and imperfect chemical reactions, and to losses due to incomplete separation of reaction mixtures and products, which means that, the waste contains significant residues of precursors and impurities, as well as the final product. The production of amphetamine-type stimulants also produces volatile organic compounds, including acetone, toluene, and ether. The main ecological danger of volatile organic compounds is the possible contamination of groundwater. In large enough quantities, these compounds can damage or kill the bacteria that keep sewage clean in the drain field. Waste associated with methamphetamine producing laboratories is primarily fuel and solvents, which may also contain lithium or mercury, which act as reaction catalysts.

Methamphetamine can be produced in a variety of ways, which may include precursors such as ephedrine or phenylacetone (Phenyl-2-Propanone) or benzyl methyl ketone. If phenylacetone is used as a precursor, the route of obtaining this precursor is identical to the production of amphetamine, preferably using acidic aqueous solutions. Subsequently, reductive amination is carried out using N-methylamide or methylamide as a reagent and mercury-coated aluminium as a catalyst. When using ephedrine as a precursor, alkaline solutions, various organic solvents, iodine and phosphorus are required. Although the synthesis of amphetamine generates a larger amount of waste than the synthesis of methamphetamine or MDMA, the synthesis of the latter two drugs can generate highly toxic metallic mercury [14]. Depending on the synthesis way used, amphetamine production can generate lead and mercury as by-products. Exposure to acidic and alkaline wastes, as well as organic solvents (such as acetone, ethyl ether, methanol or isopropanol) used in the production of illicit drugs, is usually an immediate risk. Damage to the environment largely depends on the volume that enters the soil or surface water. Long-term

здатністю ґрунту. А от органічні розчинники або випаровуються в повітря, або відносно швидко розкладаються мікробами під час очищення стічних вод або доквілля. Проте, ці речовини можуть мати непрямий вплив на навколишнє середовище – формувати наявність важких металів у ґрунті, що може вплинути на якість ґрунтових вод і організми в ґрунтах або відкладах. Крім того, це може призвести до високої хімічної потреби в кисні та його виснаження у воді, високого вмісту сульфатів і солоності. Органічні розчинники можуть випаровуватися або переноситися з водою у підземні води. Наприклад, у провінціях Північний Брабант і Лімбург у Нідерландах, де розташована більшість підпільних лабораторій, близько 20 % виявлених звалищ для скидання відходів були в зонах захисту ґрунтових вод. Ці території охороняються як водоносні горизонти і використовуються для виробництва питної води. У 2018 р. в Нідерландах було підраховано, що відходи, які утворюються при виробництві амфетаміну та MDMA, щорічно призводять понад 6000 та 1000 тонн відходів відповідно. Національна поліція Нідерландів публікує щорічні огляди місць виробництва синтетичних наркотиків, сховищ обладнання для синтезу та хімікатів, а також звалищ відходів з місць виробництва. Їхня переважна більшість була виявлена на сході та південному сході Нідерландів. Переважна частина звалищ була розташована в тих же районах, а також на південному заході провінції Зеландія [2]. Інше дослідження (2021 р.) відноситься до повідомлень фламандських газет про скидання в Бельгії відходів наркотиків і місця їх виробництва. Але не зосереджується увага на нанесенні шкоди навколишньому середовищу, спричиненому виробництвом синтетичних наркотиків [15].

На сьогодні в Нідерландах поширене таке явище, як незаконні звалища або скидання відходів виробництва синтетичних наркотиків. Воно може мати різні способи: заковування, скидання на землю, у поверхневі води, зберігання в підвалах, змішування з гноєм або іншими хімічними відходами, спалювання, незаконне зберігання у місцевих центрах переробки. Отже, таким чином прямо чи опосередковано розповсюджуються через каналізацію внутрішніх систем, стікаючи в міську каналізацію або в індивідуальну систему очищення стічних вод. Відходи синтезу наркотиків можна також збирати в посудини, каністри, великі контейнери середньої маси та зберігати на виробничих потужностях, у фургонах, які згодом можуть бути покинуті чи підпалені.

Прямі скиди на землю – відходи, що зберігаються в пластикових ємностях, каністрах або контейнерах середньої маси, можуть скидатися на приватні та громадські землі (сільськогосподарські поля, ліси, природні заповідники), що вкрай негативно впливає на сільське господарство та навколишнє середовище. Відходи наркотиків також було знайдено в ямах

effects are less likely because, over time, acidic and alkaline solutions are diluted and buffered by water, rain, and/or neutralized by soil buffering capacity, while organic solvents either evaporate into the air or are decomposed relatively rapidly by microbes during wastewater or environmental treatment. However, these substances can have indirect effects on the environment, such as forming the presence of heavy metals in soil, which can affect groundwater quality and organisms in soils or sediments. In addition, it can lead to high chemical oxygen demand and oxygen depletion in water, high sulphate content, and salinity. Organic solvents can evaporate or be carried with water into groundwater. For example, in the provinces of North Brabant and Limburg in the Netherlands, where most of the underground laboratories are located, about 20% of the identified waste disposal sites were in groundwater protection zones. These territories are protected as aquifers and used for the production of drinking water. In 2018, in the Netherlands, it was estimated that the waste generated during the production of amphetamine and MDMA resulted respectively in more than 6000 and 1000 tons of waste annually. The Netherlands National Police publishes annual reports on synthetic drug production sites, storage facilities for synthesis equipment and chemicals, and waste disposal sites from production. Most of the production and repositories were found in the eastern and south-eastern parts of the Netherlands, and most of the dumps were located in the same areas and in the southwestern province of Zeeland [2]. Another study conducted in 2021, which focused on Flemish newspaper reports on drug waste dumping and production sites in Belgium, shows that little is known about the environmental damage caused by synthetic drug production [15].

Based on what has been observed in the Netherlands recently, illegal landfilling or dumping can take many forms, including burial, dumping on land or surface water or storage in basements, mixing with manure or chemical waste, burning, illegal storage in local processing centres and direct or indirect discharge through internal sewage systems that flow either to the municipal sewage system or to an individual sewage treatment system. Drug synthesis waste can also be collected in canisters or large medium-weight containers and stored in production facilities or in vans, which can then be abandoned or burned.

Direct discharges to landfills — waste stored in plastic containers, canisters or medium-weight containers can be discharged onto private and public lands (agricultural fields, forests, nature reserves), adversely affecting all aspects of agriculture and the environment. Drug waste has also been found buried in pits

і криницях [16, 17].

Прямі скиди відходів виробництва синтетичних наркотиків у поверхневі води можуть здійснюватися шляхом навмисного спорожнення каністр та інших контейнерів. Крім того, підпільні лабораторії часто густо рідкі відходи скидають у канами, струмки та канали. Це загрожує водному середовищу, воно підкислюється (у випадку відходів амфетаміну) або виснажується кисень (у випадку відходів MDMA, що містять етанол або метанол). Лабораторні експерименти в поєднанні з модельними розрахунками показали, що хімічні відходи виробництва метамфетаміну, які скидаються у поверхневі води, можуть бути шкідливими для водних організмів через зменшення кількості кисню. Було виявлено, що суміш окремих компонентів відходів споживає більше кисню, ніж окремі хімікати [18].

Прямі зливи в каналізацію – кислотні або лужні відходи – можуть пошкодити каналізаційну інфраструктуру (наприклад, каналізаційні труби) і негативно впливати на бактерії, які використовуються для очищення води. У Нідерландах, наприклад, надходили повідомлення про численні аварії у невеликій очисній станції внаслідок скидання хімічних відходів синтезу амфетаміну в каналізацію. У модельних дослідженнях, що включали очисні станції малого та середнього розміру, було показано, що рідкі відходи, навіть невеликої партії амфетаміну (40 кг), можуть спричинити збій у роботі всіх очисних станцій [2, 19, 20].

Крім різноманітних кислот і лугів, які використовуються у виробництві синтетичних наркотиків і потрапляють у хімічні відходи, часто містять залишки кінцевого продукту, який також може потрапити в каналізацію. Такі залишки у стічних водах часто перевищують рівні, отримані в результаті виділення препарату людиною після його вживання. Концентрації залишків заборонених наркотиків через виділення в муніципальні стічні води є низькими, оскільки наркотики щодня вживає невелика частина населення. Крім того, великі об'єми води зазвичай використовуються для змиву в туалеті, що призводить до початкового високого розведення фекалій і сечі. Викиди хімічних відходів синтезу заборонених наркотиків там, де вони трапляються, зазвичай мають значно вищі концентрації, зокрема кінцевих продуктів [21, 22].

Відрізнити випадкову присутність викидів від незаконного виробництва в каналізаційних системах дозволяє моніторинг співвідношення певних біомаркерів наркотичних речовин, які зазвичай споживаються. Так, надзвичайно високі навантаження амфетаміну та MDMA порівняно з «нормальними» навантаженнями, пов'язаними зі вживанням, зафіксовані в каналізаційній системі міста Ейндховен, Етерленд, що свідчать про виробничі скидання в каналізаційну систему [16].

Вживання синтетичних наркотиків є окремим дже-

and filled wells [16, 17].

Direct discharge of synthetic drug production waste into surface waters can be carried out by deliberately emptying canisters and other containers. In addition, underground laboratories can use drains to directly inject liquid waste into ditches, streams, and canals. The main (local) threats to the aquatic environment consist of acidification (in the case of amphetamine waste) or oxygen depletion (in the case of MDMA waste containing ethanol or methanol). Laboratory experiments combined with model calculations have shown that chemical waste from the production of methamphetamine, which is discharged into surface waters, can be harmful to aquatic organisms due to a decrease in the amount of oxygen. It was found that a mixture of certain waste components consumes more oxygen than individual chemicals [18].

Direct discharge – acidic or alkaline wastes are discharged into the sewer system, which can damage sewer infrastructure (such as sewer pipes) and can affect the bacteria used by treatment plants to treat water. In the Netherlands, for example, there have been reports of numerous accidents at a small treatment plant due to chemical waste from amphetamine synthesis being dumped into the sewer. In model studies involving small and medium-sized treatment plants, it was shown that liquid waste from even a small batch of amphetamine (40 kg) could cause a failure in the operation of all treatment plants [2, 19, 20].

In addition to the various acids and alkalis used in the production of synthetic drugs that end up in chemical waste, the waste often contains final product residues that can also get into sewers. Such residues in wastewater often exceed the levels obtained because of human excretion of the drug after its consumption. Illicit drugs residue concentrations due to discharges into municipal wastewater are low because drugs are used daily by a small portion of the population. In addition, large volumes of water are usually used for toilet flushing, resulting in an initial high dilution of faeces and urine. Emissions of chemical waste from the synthesis of illicit drugs, where they occur, usually are of much higher concentrations, including the final products [21, 22].

A useful way to distinguish the accidental presence of emissions from illicit production in sewage systems is to monitor the ratio of certain biomarkers of commonly consumed drugs in wastewater. For example, extremely high amounts of amphetamine and MDMA compared to 'normal' amounts associated with use recorded in the sewage system of the city of Eindhoven, Netherlands, indicate industrial discharges into the sewage system [16].

релом забруднення навколишнього середовища. Наркотики можуть потрапляти в нього після вживання людиною, через стічні води, коли подальша очистка на очисних спорудах не дозволяє повністю видалити залишки. Оцінюючи вплив вживання та виробництва наркотиків на воду в каналізаційній системі, важливо враховувати ефективність систем очищення води у видаленні речовин з води. Загалом там, де доступна очистка стічних вод, амфетамін і метамфетамін можна значною мірою видалити за допомогою очищення, але показники видалення MDMA є низькими.

Тимчасовий високий рівень залишків синтетичних наркотиків у каналізації також може бути результатом музичних фестивалів, де обсяг вживання наркотиків більший, ніж серед населення в цілому. Хоча відходи з пісуарів, які використовуються на таких фестивалях, скидаються до каналізаційної системи, що призводить до тимчасової високої концентрації, відвідувачі фестивалю не завжди використовують пісуари, тому частина наркотиків потрапляє безпосередньо до ґрунту і може тимчасово підвищити рівень наркотиків та їх метаболітів у навколишніх поверхневих водах [23].

Виробництво синтетичних наркотиків утворює різноманітні шкідливі речовини та гази (наприклад, хлористий водень, фосфін тощо). Поліція та пожежники повідомляють про проблеми з диханням і головні болі, коли вони демонтують лабораторії з виробництва кристалічного метамфетаміну. Кожен, хто присутній під час виробництва синтетичних наркотиків, піддається комбінованому хімічному впливу. У деяких випадках він може мати фатальні наслідки. Люди, які живуть поблизу виробничих місць, наражаються на вплив випаровування розчинників і токсичних парів, випадково підпадаючи під вплив хімічних речовин.

Доведено вплив відходів виробництва наркотиків на сільськогосподарські культури та харчовий ланцюг. Так, їхнє скидання у гнойові ями та підвали, а також поблизу них може негативно відбиватися на навколишньому середовищі, поля можуть бути опосередковано забруднені. Культури, вирощені на таких полях, можуть містити як залишки хімікатів, так і кінцеві продукти. У Нідерландах амфетамін і MDMA були виявлені в кукурудзі, зібраній з таких полів, про що писала газета "Politico".

Екотоксичність синтетичних наркотиків означає можливість впливу біологічних, хімічних або фізичних факторів їхнього виробництва на екосистеми, а отже, опосередковано, на біорізноманіття. Коли синтетичні препарати або хімічні залишки потрапляють у ґрунт або воду, вони змінюють рівень pH, що позначається на екосистемі живих організмів. Це може вплинути на водні організми, а також на худобу, в разі використання поверхневих вод для зрошення або для пиття тварин.

Досі не вистачає доказових досліджень щодо

The consumption of synthetic drugs is a separate source of environmental pollution. Drugs can enter the environment after human consumption, through wastewater, when further treatment at sewage treatment plants does not allow complete removal of residues. When assessing the impact of drug use and production on water in a sewage system, it is important to look at the effectiveness of water treatment systems in removing substances from the water. In general, where wastewater treatment is available, amphetamine and methamphetamine can be largely removed by treatment, but removal rates for MDMA are low.

Temporary high levels of synthetic drug residues in sewage may also be the result of music festivals, where drug use is higher than in the population in general. Although the waste from the urinals used at such festivals is discharged into the sewage system, resulting in temporary high concentrations, festival goers do not always use the urinals, so some of the drugs enter the soil directly and can temporarily increase the level of drugs and their metabolites in the surrounding surface waters [23].

The production of synthetic drugs produces a variety of harmful substances and gases (e.g., hydrogen chloride, phosphine, etc.). Police and firefighters report breathing problems and headaches as they dismantle crystal methamphetamine laboratories. Everyone present during the production of synthetic drugs is exposed to the combined chemical effects. In some cases, such exposure can have fatal consequences. People living near production sites may be exposed to solvent evaporation and toxic fumes. People can be accidentally exposed to chemicals when they come into contact with chemical dumps.

Impact of drug production waste on crops and the food chain has also been proven. Dumping drug waste in or near manure pits and basements can have a negative impact on the environment. If such manure is not detected before it is used in the agricultural process, fields can be indirectly contaminated. A mixture of manure and waste can be spread over fields, and crops grown in such fields can contain both chemical residues and final products. In the Netherlands, amphetamine and MDMA were found in corn harvested from such fields, as reported by the newspaper Politico.

Ecotoxicity of synthetic drugs means the possibility of influence of biological, chemical or physical factors of their production on ecosystems, and therefore, indirectly, on biodiversity. When synthetic drugs or chemical residues enter the soil or water, they change the pH level, which can affect the ecosystems of living organisms. This can affect aquatic organisms as well as, for example, livestock when surface water is used for irri-

впливу синтетичних наркотиків і побічних продуктів їхнього синтезу на навколишнє середовище. Цей факт очевидний, особливо коли йдеться про високі концентрації. Так, звалища хімічних відходів незаконного синтезу призвели до кількох місцевих екологічних інцидентів у Нідерландах, серед яких: масова загибель риби, земноводних і безхребетних у невеликому струмку в провінції Лімбург після скидання відходів синтезу MDMA [2].

Окрім локальних інцидентів, існують інші дані щодо екотоксичності та поведінки стимуляторів амфетамінового ряду в навколишньому середовищі. Одне дослідження показало, що прекурсори амфетаміну та побічні продукти не мають шкідливого впливу на важливу мікробіологічну активність у концентраціях нижче 1000 мкг/г. Так, рівні метамфетаміну та MDMA у стічних водах очисних споруд Австралії становили 200 та 60 нг/л. Було встановлено, що вони становлять низький ризик для стічних вод [16, 24, 25].

Навіть при відносно низьких концентраціях залишки синтетичних наркотиків можуть становити загрозу для екосистем. Водні об'єкти дуже вразливі щодо забруднення наркотиками та пов'язаними з хімічним синтезом сполуками. Водні організми, включаючи бактерії, водорості, безхребетні та риби, мають рецептори, які роблять їх потенційно чутливими до препаратів, які потрапляють в екосистему [26]. Наприклад, було виявлено, що метамфетамін і амфетамін накопичуються в мідях і рибах. У концентрації 0,1 мкг/л MDMA спричиняє вплив на рибок Данію. Дослідженнями доведено, що метамфетамін викликає залежність і зміну поведінки струмкової форелі (*Salmo trutta*) при екологічно значущих концентраціях (1 мкг/л) [27-30].

У Нідерландах за результатами моніторингового дослідження були визначені прогнозовані концентрації, що не впливають на екосистему. Вони є порогом, нижче якого не вимірюється шкідливий вплив на навколишнє середовище. Для амфетаміну, метамфетаміну та MDMA вони становили відповідно 4,9, 1,5 та 1,6 мкг/л. У моделювальному дослідженні було застосовано найгірший сценарій, щоб оцінити можливі наслідки скидання відходів амфетаміну або MDMA в зону забору питної води. Отже, рівні MDMA в результаті моделювання скидання хімічних відходів від його синтезу перевищують існуючі граничні значення та токсикологічні порогові [31].

Комплексне дослідження різних психоактивних речовин та їхніх метаболітів проведено на очисних спорудах міста Загреб (780 000 жителів) за допомогою рідинної хроматографії/тандемної мас-спектрометрії (LC-MS-MS). Оцінка зловживання п'ятьма різними забороненими наркотиками, включаючи героїн, кокаїн, марихуану, амфетамін та екстазі, була зроблена на основі репрезентативних показників виведення, які визначалися протягом 8 місяців.

gation or for drinking animals.

There is still a lack of evidence-based research on the environmental impact of synthetic drugs and by-products of their synthesis. The effect is most obvious when dealing with high concentrations. For example, illegal synthesis chemical waste landfills have caused several local environmental incidents in the Netherlands, including a massive death of fish, amphibians and invertebrates in a small stream in the province of Limburg following the dumping of MDMA synthesis waste [2].

In addition to local incidents, there are conflicting data on the ecotoxicity and behaviour of amphetamine-type stimulants in the environment. One study found that amphetamine precursors and by-products had no deleterious effects on important microbial activity at concentrations below 1000 µg/g. For example, levels of methamphetamine and MDMA in waste water from wastewater treatment plants in Australia were 200 and 60 ng/l, respectively, and were found to pose a low risk to receiving waters [16, 24, 25].

Even at relatively low concentrations, residues of synthetic drugs can pose a threat to ecosystems. Water bodies are very susceptible to contamination by drugs and compounds related to chemical synthesis. Aquatic organisms, including bacteria, algae, invertebrates and fish, have receptors that make them potentially sensitive to controlled substances entering the ecosystem [26]. For example, methamphetamine and amphetamine have been found to accumulate in mussels and fish and at a concentration of 0.1 µg/l, MDMA causes effects in zebrafish, and another study found methamphetamine to be addictive and changing the behaviour of brook trout (*Salmo trutta*) at ecologically significant concentrations (1 µg/l) [27-30].

In the Netherlands, the results of a monitoring study were used to determine predicted NOECs, which represent the threshold below which no harmful environmental effects is detected. They are 4.9, 1.5, and 1.6 µg/l respectively, for amphetamine, methamphetamine, and MDMA. A worst-case scenario was used in the modelling study to assess the potential effects of amphetamine or MDMA waste discharge into a drinking water intake area. The simulation of the discharge of chemical waste from MDMA synthesis showed that MDMA levels exceed the existing limit values and toxicological thresholds [31].

A comprehensive study of various psychoactive substances and their metabolites was carried out at wastewater treatment plants in the city of Zagreb (780,000 inhabitants) using liquid chromatography/tandem mass spectrometry (LC-MS-MS). Consumption of five different illicit drugs, including heroin, cocaine, marijuana,

Марихуана (1000 кг/рік), героїн (75 кг/рік) і кокаїн (47 кг/рік) виявилися найбільш вживаними забороненими наркотиками, а от щодо наркотиків амфетамінового ряду показники значно нижчі (1-3 кг/рік). Порівнюючи інші звіти, можна зробити висновок, що профілі зловживання наркотиками в країнах з перехідною економікою відрізняються від тих, про які повідомляють у Західній Європі, особливо щодо порівняно збільшеного вживання героїну. У вихідні дні систематично виявлено підвищене вживання наркотичних речовин стимулюючої дії (кокаїну та «екстазі») [32].

Окрім контролю над прекурсорами, державні заходи здебільшого носять реактивний характер: від виявлення і демонтажу підпільних лабораторій, аналізу стічних вод, операцій з очищення виробничих приміщень або сміттєзвалищ до належної утилізації конфіскованих наркотиків.

Аналіз стічних вод – це дуже важлива процедура, адже йдеться про захист громадського здоров'я та моніторинг тенденцій вживання наркотиків до захисту навколишнього середовища та забезпечення правопорядку. В усьому світі аналіз стічних вод виявляє контрольовані наркотики та їхні метаболіти. Наприклад, огляд літератури, проведений у 2020 році, виявив дослідження аналізу стічних вод принаймні в 23 країнах для опіоїдів, 15 країн для канабіноїдів і 17 для синтетичних наркотиків. Однак більшість із цих досліджень походять з Європи та Північної Америки (Канада та США), лише кілька країн представлені в інших регіонах: в Азії – Китаї, Республіці Корея та провінції Китаю Тайвань; в Латинській Америці – Бразилія, Колумбія, Коста-Ріка, Мартиніка, Мексика та Уругвай; а в Африці – лише Єгипет і Південна Африка. Більшість проведеного аналізу стічних вод наразі пов'язана з моніторингом тенденцій вживання або виробництва наркотиків [2] і допомагає правоохоронним органам, оскільки профілі відходів можуть бути використані для ідентифікації поточного виробництва наркотиків у зоні водозбору стічних вод. Це також може допомогти визначити тенденції, наприклад, щодо географічного розташування, типів використовуваних прекурсорів і вироблених наркотиків.

Коли прекурсори водночас використовуються в законних цілях, аналіз стічних вод – це дуже складне завдання. Важко виявити героїн, оскільки його основний метаболіт морфін також є індикатором загальноновживаних ліків. Те саме стосується канабісу, для якого наразі немає відповідних біомаркерів, які можна виявити у стічних водах.

Хоча важко оцінити загальний вплив виробництва синтетичних наркотиків на навколишнє середовище в усьому світі, існують оцінки фінансових витрат на очищення відходів, створених нарколабораторіями та звалищами. Це лише незначна частина реальних витрат, яка дає уявлення про економічне навантаження і збитки від незаконного виробництва синте-

amphetamine, and ecstasy, was assessed over the period of eight months based on representative withdrawal rates. Marijuana (1000 kg/year), heroin (75 kg/year) and cocaine (47 kg/year) were the most commonly consumed illicit drugs; while the use of amphetamine-type drugs was much lower (1-3 kg/year). A comparison with other reports showed that drug consumption profiles in countries with transitional economies may differ from those reported in Western Europe, in particular with regard to the comparatively increased use of heroin, in particular, the increased use of stimulant drugs (cocaine and ecstasy) [32].

Except for the control over precursors, policy measures are mostly reactive in nature, ranging from the detection and dismantling of underground laboratories, analysis of wastewater, clean-up operations of industrial premises or landfills to proper disposal of confiscated drugs.

Wastewater analysis serves a variety of purposes, from protecting public health and monitoring drug use trends to environmental protection and law enforcement. All over the world, wastewater analysis detects controlled drugs and their metabolites. For example, a 2020 literature review found wastewater analysis studies in at least 23 countries for opioids, 15 countries for cannabinoids, and 17 for synthetic drugs. However, most of these studies come from Europe and North America (Canada and the USA), with only a few countries represented in other regions: in Asia — China, the Republic of Korea and the Chinese province of Taiwan; in Latin America — Brazil, Colombia, Costa Rica, Martinique, Mexico and Uruguay; and in Africa — only Egypt and South Africa. Most of the analysis of wastewater carried out is currently related to monitoring trends in drug use or production [2]. Moreover, wastewater analysis can help law enforcement because waste profiles can be used to identify ongoing drug production in the wastewater intake area. It can also help identify trends in, for example, geographic location, types of precursors used, and drugs produced.

When precursors are simultaneously used for legitimate purposes, wastewater analysis becomes a very difficult task. For example, heroin is difficult to detect because its main metabolite, morphine, is also an indicator of commonly used drugs. The same applies to cannabis, for which there are currently no suitable biomarkers that can be detected in wastewater.

Although it is difficult to estimate the total environmental impact of synthetic drug production worldwide, there are estimates of the financial cost of cleaning up the waste generated by drug laboratories and landfills. This is only a small fraction of the actual cost, which gives an idea of the economic burden of synthetic drug

тичних наркотиків для урядів і окремих осіб, які відповідають за здорове і чисте довкілля.

Витрати на очищення зони виробництва синтетичних наркотиків і звалищ відходів були детально оцінені для Бельгії та Нідерландів. Встановлена вартість залежала від місцевості, масштабів виробництва та ін. Хоча інші оцінки витрат на очищення нарколабораторій були набагато нижчими. Так, у США, в середньому 2200 доларів США на один епізод очищення (у 2009-у фінансовому році), такі оцінки часто обмежуються лише витратами на операції з прибирання, але не включають витрати на роботу правоохоронних органів чи інших залучених місцевих державних установ. У більшості випадків власники нерухомості або власники застави несуть відповідальність за прями витрати на очищення. Оскільки вони можуть бути значними, у Нідерландах субсидії доступні відповідно до «регулювання субсидій на очищення від відходів наркотиків» на місцевому рівні (2021–2024 рр.). Ці субсидії охоплюють заходи, пов'язані з дезактивацією ґрунту та поверхневих вод, а також вивезення похованих відходів наркотиків [2, 33].

Таким чином, не зважаючи на той факт, що досі мало відомо про фактичний масштаб шкоди для навколишнього середовища виробництва і вживання синтетичних наркотиків, моніторинг об'єктів довкілля може допомогти у визначенні майбутньої політики, спрямованої на усунення майбутніх екологічних наслідків [15, 34].

Висновки

1. За результатами останнього моніторингу в Україні зберігається негативна динаміка поширеності вживання наркотичних і ПАР речовин на 10 000 населення: з 14,7 у 2017 р. до 17,0 у 2022 р. Але в умовах воєнного стану та через активні бойові дії в частині регіонів України, а також обмежений доступ до відповідних ресурсів на цих територіях, окремі суб'єкти моніторингу не мають можливості здійснювати свої повноваження в повному обсязі. Отже, отримати вичерпну інформацію щодо обсягів виробництва і вживання нелегальних наркотиків сьогодні не вбачається можливим. Разом з тим, за даними Національної поліції України лише протягом 2021 року було ліквідовано 94 нарколабораторії; викрито 4 міжнародних канали надходження до України наркотичних засобів; із незаконного обігу вилучено тонни наркотичних засобів та психотропних речовин, що підтверджують закінчені розслідування кримінальних проваджень.

2. Досвід країн ЄС доводить, що моніторинг концентрації синтетичних наркотиків в об'єктах навколишнього середовища дозволяє вирішувати наступні питання: оцінити характер та масштаби вживання наркотиків у часі; виявити базові тенденції у споживанні наркотиків; визначити заходи контролю та пом'якшення наслідків виробництва та їхнього жи-

production on governments and individuals responsible for environmental mitigation.

The clean-up costs of the synthetic drug production area and waste landfills were calculated in detail for Belgium and the Netherlands. The estimated cost depended on the location, scale of production and other factors. Although other estimates of drug laboratories clean-up costs have been much lower, e.g. an average of US\$2,200 per clean-up episode (in fiscal year 2009) in the US, such estimates are often limited to the costs of clean-up operations and do not include, for example, expenses for the work of law enforcement agencies or other local government agencies involved. In most cases, property owners or lien holders are responsible for direct clean-up costs. As the costs associated with drug waste clean-up can be significant, subsidies are available in the Netherlands at the local level under the "regulation of subsidies for drug waste clean-up" (2021–2024). These subsidies cover measures related to the decontamination of soil and surface water, as well as the removal of buried drug waste [2, 33].

Thus, despite the fact that still little is known about the actual extent of damage to the environment of the production and use of synthetic drugs, monitoring of environmental objects can help in determining future policies aimed at eliminating potential environmental consequences [15, 34].

Conclusions

1. According to the results of the latest monitoring in Ukraine, the dynamics of illegal and psychoactive substances use per 10 000 population remains negative: from 14.7 in 2017 to 17.0 in 2022. However, under the conditions of martial law and due to active hostilities in some regions of Ukraine, as well as because of limited access to relevant resources in these territories, individual monitoring subjects do not have the opportunity to exercise their powers in full. Therefore obtaining comprehensive information on the volume of production and use of illegal drugs is not considered possible today. At the same time, according to the National Police of Ukraine, 94 drug laboratories were closed down in 2021 alone; four international channels of illegal drugs entry into Ukraine were exposed; tons of drug materials and psychotropic substances were seized from illegal circulation as a result of completed investigations of criminal proceedings.

2. The experience of EU countries proves that monitoring the concentration of synthetic drugs in environmental objects allows solving the following issues: assessing the nature and scale of drug use over time; identifying basic trends in drug consumption; determination of measures to control and mitigate the conse-

вання. Саме такий підхід взмозі ефективно захистити навколишнє середовище від небезпечних біологічно активних речовин.

3. Хоча поки що мало відомо про фактичні масштаби шкоди для довкілля нелегальних синтетичних наркотиків, моніторинг їхньої присутності в об'єктах навколишнього середовища є актуальним напрямком наукових досліджень і має бути окремим питанням державної політики у сфері громадського

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів

quences of the production and consumption of synthetic drugs, which will effectively protect the environment from dangerous biologically active substances.

3. Although little is known about the actual extent of damage to the environment of illegal synthetic drugs, monitoring their presence in environmental objects is a relevant area of scientific research and should be a separate issue of public health policy.

Conflict of interest. The Authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

- China policies to promote local production of pharmaceutical products and protect public health. Geneva: World Health Organization; 2017. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Cataloguing-in-Publication (CIP) data. URL: <http://apps.who.int/iris>.
- World Drug Report 2023. Booklet 5. Drugs and the environment. URL: <https://www.unodc.org/unodc/en/data-and-analysis/world-drug-report-2023.html>.
- Looking back on 25 years of annual reporting on the drugs problem in Europe. European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction, 2020. URL: https://www.emcdda.europa.eu/publications/brochures/25-years-annual-reporting_en. doi:10.2810/199193.
- European Drug Report 2020: Trends and Developments. European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (2020), Publications Office of the European Union, Luxembourg. URL: https://www.emcdda.europa.eu/publications/edr/trends-developments/2020_en. doi:10.2810/420678.
- European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA). European Drug Report 2021: Trends and Developments. Electronic resource. URL: https://www.emcdda.europa.eu/publications/edr/trends-developments/2021_en.
- European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (2022), European Drug Report 2022: Trends and Developments, Publications Office of the European Union, Luxembourg. DOI: 10.2810/75644.
- EMCDDA. National Report on Drug and Alcohol Situation in Ukraine, 2023 (based on data 2022). URL: https://www.emcdda.europa.eu/drugs-library/national-report-drug-and-alcohol-situation-ukraine-2023-based-data-2022_en.
- EMCDDA and Europol, Methamphetamine in Europe: EMCDDA Europol Threat Assessment 2019. (Luxembourg: Publications Office, 2019). URL: https://www.emcdda.europa.eu/publications/joint-publications/methamphetamine-threat-assessment_en.
- World Drug Report 2020 (United Nations publication, Sales No. E.20.XI.6). URL: <https://www.narkotik.pol.tr/kurumlar/narkotik.pol.tr/TUBİM/Uluslar-Arasi-Yayinlar/WORLD-DRUG-REPORT-2020-EXECUTIVE-SUMMARY.pdf>
- Lisa N Kates, Charles W Knapp, Helen E Keenan. Acute and chronic environmental effects of clandestine methamphetamine waste. The Science of the Total Environment. July 2014. 493C:781-788. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.06.066.
- Schoenmakers Yvette, Mehlbaum SL. Drugsafval in Brabant. Justitiële verkenningen. May 2017. 43(2):89-102. DOI: 10.5553/JV/016758502017043002006.
- Doyun Shin, Youngyeon Kim, Hee Sun Moon. Fate and toxicity of spilled chemicals in groundwater and soil environment I: strong acids. Environ Health Toxicol. 2018 Dec; 33(4): e2018019. Published online 2018 Dec 13. DOI: 10.5620/eh.t.e2018019.
- Helena I Gomes, William M Mayes, Ian T. Burke, Andy Bray, Pauline Deutz. Resource Recovery and Remediation of Alkaline Wastes: CL: AIRE Bulletin. September 2019. DOI: 10.13140/RG.2.2.18476.41609.
- Melnikova Natalia, Lizak Welles Wanda, Wilburn Rebecca E., Rice Nancy, Wu Jennifer, Stanbury Martha. Hazards of Illicit Methamphetamine Production and Efforts at Reduction: Data from the Hazardous Substances Emergency Events Surveillance System. Public Health Rep. 2011; 126(Suppl 1): 116–123. DOI: 10.1177/00333549111260S115.
- Mafalda Pardal, Charlotte Colman, Tim Surmont. Synthetic Drug Production in Belgium – Environmental Harms as Collateral Damage? Journal of Illicit Economies and Development. October 2021. 3(1):36-49. DOI: 10.31389/jjed.84.
- Scott TL, Janusz A, Perkins MV, Megharaj M, Naidu R, Kirkbride KP. Effect of amphetamine precursors and by-products on soil enzymes of two urban soils. Bull Environ Contam Toxicol. 2003 Apr;70(4):824-31. DOI: 10.1007/s00128-003-0056-7.
- Davey CJE, Kraak MHS, Praetorius A, ter Laak TL and van Wezel AP. Occurrence, hazard, and risk of psychopharmaceuticals and illicit drugs in European surface waters. Water Research. 2022. 222:118878, DOI: 10.1016/j.watres.2022.118878.
- Kates Lisa N, Gauchotte-Lindsay Caroline, Daéid N. Nic, Keenan HE. Prediction of the Environmental Fate of Methylamphetamine Waste. Chapter In book: Environmental Forensics. January 2012. DOI: 10.1039/9781849734967-00262.
- Hejna Monika, Kapuścińska Dominika, Aksmann Anna. Pharmaceuticals in the Aquatic Environment: A Review on Eco-Toxicology and the Remediation Potential of Algae. Int J Environ Res Public Health. 2022 Jul; 19(13): 7717. DOI: 10.3390/ijerph19137717.
- Larsson DG Joakim. Pollution from drug manufacturing: review and perspectives. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2014 Nov 19; 369(1656): 20130571.

- DOI: 10.1098/rstb.2013.0571.
21. Emke Erik, Evans Sian, Kasprzyk-Hordern Barbara, Pim de Voogt. Enantiomer profiling of high loads of amphetamine and MDMA in communal sewage: a Dutch perspective. *Sci Total Environ.* 2014 Jul 15;487:666-72. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.11.043.
 22. Reymond Naomi, Emke Erik, Boucheron Thea, Laak Thomas ter, Voogt Pim de, Esseiva Pierre, Been Frederic. Retrospective suspect and non-target screening combined with similarity measures to prioritize MDMA and amphetamine synthesis markers in wastewater. *Science of The Total Environment.* Volume 811, 10 March 2022, 152139. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.152139.
 23. Maasz Gabor, Molnar Eva, Mayer Matyas, Kuzma Monika, Takács Péter, Zrinyi Zita, Pirger Zsolt, Kiss Tibor. Illicit Drugs as a Potential Risk to the Aquatic Environment of a Large Freshwater Lake after a Major Music Festival. *Environ Toxicol Chem.* 2021 May;40(5):1491-1498. DOI: 10.1002/etc.4998.
 24. Yadav Meena K, Short Michael D, Gerber Cobus, Awad John, van den Akker Ben, Saint Christopher P. Removal of emerging drugs of addiction by wastewater treatment and water recycling processes and impacts on effluent-associated environmental risk. *Sci Total Environ.* 2019 Aug 25;680:13-22. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.068.
 25. Rosi-Marshall EJ, Snow D, Bartelt-Hunt SL, Paspalof A, Tank JL. A review of ecological effects and environmental fate of illicit drugs in aquatic ecosystems. *J Hazard Mater.* 2015 Jan 23;282:18-25. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2014.06.062.
 26. Fontes Mayana Karoline, Maranhão Luciane Alves, Seabra Pereira Camilo Dias. Review on the occurrence and biological effects of illicit drugs in aquatic ecosystems. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2020 Sep;27(25):30998-31034. DOI: 10.1007/s11356-020-08375-2.
 27. Xingxing Yin, Changsheng Guo, Yanghui Deng, Xiaowei Jin, Yanguo Teng, Jian Xu, Fengchang Wu. Tissue-specific accumulation, elimination, and toxicokinetics of illicit drugs in adult zebrafish (*Danio rerio*). *Sci Total Environ.* 2021 Oct 20;792:148153. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148153.
 28. Parolini Marco, Magni Stefano, Castiglioni Sara, Zuccato Ettore, Binelli Andrea. Realistic mixture of illicit drugs impaired the oxidative status of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Chemosphere.* 2015 Jun;128:96-102. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.12.092.
 29. Sancho Santos Maria Eugenia, Grabicová Kateřina, Steinbach Christoph, Schmidt-Posthaus Heike, Šálková Eva, Kolářová Jitka, Staňová Andrea Vojs, Grabic Roman, Randák Tomáš. Environmental concentration of methamphetamine induces pathological changes in brown trout (*Salmo trutta fario*). *Chemosphere.* 2020 Sep;254:126882. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.126882.
 30. Horký Pavel, Grabic Roman, Grabicová Kateřina, Brooks Bryan W, Douda Karel, Slavík Ondřej, Hubená Pavla, Sancho Santos Eugenia M, Randák Tomáš. Methamphetamine pollution elicits addiction in wild fish. *J Exp Biol.* 2021 Jul 1;224(13):jeb242145. DOI: 10.1242/jeb.242145.
 31. Bijlsma Lubertus, Emke Erik, Hernández Félix, Voogt Pim de. Investigation of drugs of abuse and relevant metabolites in Dutch sewage water by liquid chromatography coupled to high resolution mass spectrometry. *Chemosphere.* 2012 Nov;89(11):1399-406. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2012.05.110.
 32. Terzic Senka, Ahel Marijan. Illicit drugs in wastewater of the city of Zagreb (Croatia)-estimation of drug abuse in a transition country. *Environ Pollut.* 2010 Aug;158(8):2686-93. DOI: 10.1016/j.envpol.2010.04.020
 33. United States Department of Justice, Office of the Inspector General, Audit Division, The Drug Enforcement Administration's Clandestine Drug Laboratory Cleanup Program, Audit Report 10-29 (Washington: Office of the Inspector General, 2010). URL: <https://www.oversight.gov/sites/default/files/oig-reports/a1029.pdf>.
 34. Pal Raktim, Megharaj Mallavarapu, Kirkbride K Paul, Naidu Ravi. Illicit drugs and the environment - a review. *Sci Total Environ.* 2013 Oct 1:463-464:1079-92. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.05.086.

Відомості про автора

Курділь Наталія Віталіївна – кандидат медичних наук, заступник директора, Державне підприємство «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І. Медведя Міністерства охорони здоров'я України», Адреса: Україна, 03127, Київ, вул. Героїв Оборони, 6. E-mail: kurdil_nv@ukr.net. ORCID: 0000-0001-7726-503X.

Information about author

Nataliia Kurdil – Physician-Toxicologist, PhD, Deputy Director, L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety, Ministry of Health, Ukraine" (State Enterprise).

Стаття надійшла до редакції 25.06.2024 р.

Information about author

Nataliia Kurdil – Candidate of Medical Sciences, Deputy Director, L.I. Medved's Research Centre of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety, Ministry of Health, Ukraine (State Enterprise).

Address: Ukraine, 03127, Kyiv, 6 Heroiv Oborony str. e-mail: kurdil_nv@ukr.net. +38 (050) 462 00 02.

Received June, 25, 2024.