

DOI: 10.33273/2663-9726-2024-60-1-7-22
 УДК:612.3924:615.099:616-099:616-057

М.Г. Проданчук, А.В. Басанець, О.П. Кравчук, Т.О. Яструб

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

ОТРУЄННЯ ФОСФОРОМ ЯК ПРОФЕСІЙНЕ ТА ЕКОЛОГІЧНО ОБУМОВЛЕНЕ ЗАХВОРЮВАННЯ В УМОВАХ ВІЙНИ У СВІТЛІ РЕКОМЕНДАЦІЙ МІЖНАРОДНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРАЦІ 2022 Р.

Резюме. Діагностика, реєстрація та моніторинг захворювань, пов'язаних з отруєнням фосфором – надзвичайно важлива проблема особливо сьогодні, адже росія застосовує фосфорні боеприпаси на території України. Систему визнання та обліку професійних і екологічно обумовлених захворювань необхідно адаптувати до сучасних вимог європейського законодавства.

Мета. Проаналізувати систему визнання професійного отруєння фосфором в Україні відповідно до сучасних вимог Міжнародної організації праці.

Матеріали та методи. Аналітичний огляд наукових публікацій виконаний з використанням реферативних баз наукових бібліотек Pub Med, Medline і текстових баз даних наукових видавництв Pub Med, Central, BMJ group та інших VIP-баз даних. Проаналізовано звітні матеріали Державної служби України з питань праці (Держпраці), методичні підходи Міжнародної організації праці (МОП). Застосовано методи системного, порівняльного та контент аналізу.

Результати. Отримані у дослідженні результати засвідчили надзвичайно низький рівень фіксації в Україні токсичних уражень професійного та екологічно обумовленого генезу. Так, у структурі професійних захворювань інтоксикації хімічними речовинами становлять менше 0,2%, а протягом останніх 20 років отруєння фосфором взагалі не реєструвались. Виявлено істотні розбіжності в системі визначення професійних отруєнь фосфором в Україні порівняно з методичними рекомендаціями Міжнародної організації праці (МОП) 2022 року. На відміну від Інструкції до застосування Переліку професійних захворювань (ППЗ) МОП 2022 року в аналогічних документах України не наводиться характеристика властивостей фосфору, його токсикологічний профіль, мінімальна тривалість впливу, що викликає професійне захворювання, тривалість латентного періоду. Саме через це ускладнюється експертиза професійних захворювань, об'єктивізація діагнозу, що призводить до викривлення статистичних показників щодо професійної захворюваності.

Висновки. Система визначення професійних отруєнь фосфором в Україні потребує адаптації до Європейських рекомендацій та вимог, рекомендованих МОП. Насамперед це стосується переліку професійних захворювань та інструкції щодо його застосування, адже відповідність нормам міжнародного законодавства дозволить уніфікувати систему діагностики, об'єктивізувати її та налагодити систему реєстрації професійних захворювань на належному рівні. Ця проблема набула особливої актуальності з огляду на високий ризик інтоксикацій фосфором населення, військових та певних професійних груп на території воєнних дій в Україні.

Ключові слова: фосфор, професійне отруєння, воєнні дії, перелік професійних захворювань.

M. Prodanchuk, A. Basanets, O. Kravchuk, T. Yastrub

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

PHOSPHORUS POISONING AS AN OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL DISEASE IN WARTIME CONDITIONS THROUGH THE RECOMMENDATIONS OF THE INTERNATIONAL LABOR ORGANIZATION – 2022

Abstract. The issue of diagnosis, registration and monitoring of diseases related to phosphorus poisoning is extremely important, taking into account Russia's use of phosphorous ammunition on the territory of Ukraine. The system of recognition and monitoring of occupational and environmentally determined diseases needs to be adapted to modern requirements of European legislation.

Aim. Analysis of the system for determining occupational phosphorus poisoning in Ukraine and its comparison with modern requirements of The International Labor Organization.

Materials and Methods. The analytical review of scientific publications is carried out using abstract databases of scientific libraries PubMed, Medline and text databases of scientific publishers Pub Med, Central, BMJ group and other VIP databases. The analysis of reporting materials of The State Labor Service of Ukraine (SLSU), methodological approaches of The International Labor Organization (ILO) is carried out. Methods of system, comparative, and content analysis are used.

Results. The results obtained in the study indicate an extremely low prevalence of toxic lesions of occupational and environmentally determined genesis in Ukraine: chemical intoxication accounts for less than 0.2% in the structure of occupational diseases, and phosphorus poisoning has not been registered in the last 20 years. Significant discrepancies were found in the system of recognition of occupational phosphorus poisoning in Ukraine in comparison with the methodological recommendations of The International Labor Organization-2022. In contrast to the instructions for the application of the list of occupational diseases (LOD) of The International Labor Organization-2022, similar documents in Ukraine do not provide a characteristic of phosphorus properties, its toxicological profile, the minimum duration of exposure that causes occupational disease, the duration of the latent period, which complicates the recognition of occupational diseases, objectification of the diagnosis, and also leads to a distortion of statistical indicators regarding occupational morbidity.

Conclusions. The recognition system of occupational phosphorus poisoning in Ukraine needs to be adapted to the European recommendations and requirements recommended by the ILO. First of all, this concerns the list of occupational diseases and instructions for its use, bringing them to the norms of international legislation will allow unifying the diagnostic system, objectifying it and establishing a system for registering occupational diseases at the proper level. The problem is particularly relevant given the high risk of phosphorus intoxication of the population, military and certain professional groups on the territory of military operations in Ukraine.

Keywords: phosphorus, occupational poisoning, military operations, list of occupational diseases.

Вступ. У структурі професійних захворювань в Україні інтоксикації хімічними речовинами становлять менше 0,2 % [1]. Очевидно, це пов'язано з недоліками функціонування одного з напрямків професійної токсикології в системі медицини праці. Отже, надзвичайно важливим є питання діагностики, реєстрації та моніторингу захворювань, пов'язаних з отруєнням фосфором, як професійних, так і екологічно обумовлених, адже росія активно застосовує фосфорні боєприпаси на території України з 24 лютого 2022 року. Йдеться про підтвержене ООН використання фосфорних бомб у Луганській (Попасна, Северодонецьк, Лисичанськ, Рубіжне, Кремінна, Новодружеськ, Воведівка), у Донецькій (Краматорськ, Авдіївка) областях, а також на території північно-західних околиць Києва. Експозиції фосфором в Україні під час бойових дій зазнали широкі верстви цивільного населення, що мешкають у зоні ураження, а також військові та працівники спеціальних служб під час виконання професійних обов'язків (пожежники, медики, співробітники Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС) тощо). Під час війни складно, а іноді неможливо, відокремити професійні інтоксикації фосфором від екологічно обумовлених на території воєнних дій.

На 307-й сесії Адміністративної ради МОП у березні 2010 р. було переглянуто Перелік професійних захворювань (ППЗ), затверджений Народою експертів з перегляду ППЗ 27–30 жовтня 2009 р. у Женеві. Цей документ отримав назву «Перелік професійних захворювань МОП (переглянутий 2010 р.)», а його призначення – надання допомоги країнам у профілактиці, реєстрації, повідомленні в разі необхідності, компенсації збитків від захворювань, набутих у небезпечних та шкідливих умовах праці [2]. Інструкцію до застосування ППЗ МОП 2010 р. розроблено та опубліковано в 2022 році. Вона увірала

Introduction. In the structure of occupational diseases in Ukraine, chemical intoxication accounts for less than 0.2% [1]. It is obvious that this is due to the functioning shortcomings of the occupational toxicology field in the system of occupational medicine. Currently, the issue of diagnostics, registration and monitoring of diseases related to phosphorus poisoning, both occupational and environmentally related, is extremely important for Ukraine, taking into account Russia's use of phosphorous ammunition on the territory of Ukraine since February 24, 2022. We are talking about the UN-confirmed use of phosphorous bombs in Luhansk (Popasna, Severodonetsk, Lysychansk, Rubizhne, Kremennaya, Novodruzhesk, Voevodovka), Donetsk (Kramatorsk, Avdiivka) regions, as well as in the north-western outskirts of Kyiv. It is obvious that phosphorus exposure in Ukraine during the fighting was experienced by broad segments of the civilian population living in the affected area, as well as military and special services in the performance of professional duties (firefighters, medical workers, employees of the State Emergency Service (SES), etc.). It is obvious that during a war, it is difficult, and sometimes impossible, to separate occupational phosphorus intoxication from environmentally determined on the military operations territory.

At the 307th session of the ILO Administrative Council in March 2010, the list of occupational diseases was approved by the expert meeting on the revision of the LOD from 27 to 30 October 2009 in Geneva. This document was called "The ILO List of Occupational Diseases (revised 2010)", and its purpose was to help countries prevent, register, report and, if applicable, compensate diseases caused by dangerous and harmful working conditions [2]. The 2010 LOD ILO guidelines were developed and published in 2022. It reflects the

в себе колективний досвід і погляди понад 40 міжнародних експертів – учасників технічних і консультативних зустрічей щодо її створення.

Реінтеграційні процеси вступу України до Європейського Союзу тривають. Отже, система визнання, реєстрації, обліку професійних захворювань та пов'язана з нею законодавча і методична база мають бути адаптовані до міжнародних вимог і рекомендацій.

Результати. У структурі професійних захворювань в Україні інтоксикації хімічними речовинами становлять менше 0,2 %. Очевидно, це пов'язано з недосконалою системою виявлення таких форм патології, недостатньою кваліфікацією медичного персоналу, низькою доступністю медичної допомоги, особливо для сільського населення, серед якого найчастіше виникають професійні інтоксикації пестицидами, адміністративними діями, що перешкоджають реєстрації захворювань тощо [1]. За даними ресурсу Глобального тягаря хвороб (GBD – Global Burden Diseases) у світі лише серед фермерів щорічно реєструється 385 мільйонів отруєнь пестицидами, з яких 11 000 – смертельні. Це означає, що 44 % фермерів отруюються пестицидами щорічно. Найбільша питома вага отруєнь припадає на країни Південної, Південно-Східної та Східної Азії [3].

Але в Україні такі випадки останніми роками взагалі не реєструються, поодинокі професійні інтоксикації пов'язані з експозицією парами важких металів (переважно свинцю та ртуті) [1]. Протягом останніх 20 років в Україні не реєструвались випадки професійної інтоксикації фосфором. Але враховуючи його негативний вплив на цивільне населення, військових та працівників спеціальних служб на території бойових дій через застосування росією фосфорних боєприпасів, ризик таких інтоксикацій є високим. Слід зазначити, цей вид зброї має невибіркову дію й велику зону ураження, а також спричиняє тяжкі та болісні травми, тому є суворо забороненим Женевською конвенцією про захист жертв війни (протокол від 1977 року) та Протоколом III до Конвенції про конкретні види звичайної зброї [4].

Відомо, що у ході бойових маневрів військовими використовуються дими, що містять фосфор, для маскування бойових операцій, розвідувальної діяльності, ідентифікації ворожих цілей, тактичних позицій тощо. Білий фосфор є в мінометних і артилерійських снарядах і гранатах. За таких умов незахищені військовослужбовці наражаються на інгаляційний вплив диму від підірваних гранат та інших вибухових пристроїв. Спеціалісти Агентства з охорони довкілля США визначили, за масового використання зброї концентрація білого фосфору може сягати 146 мг/м^3 у вигляді фосфорного ангідриду (P_2O_5) та 202 мг/м^3 як ортофосфорна кислота (H_3PO_4) на відстані 100 м за вітром від розгортання та приблизно $1,0 \text{ мг/м}^3$ у вигляді P_2O_5 та $1,4 \text{ мг/м}^3$ як H_3PO_4 на відстані 5000 м [5].

collective experience and views of more than 40 international experts who participated in technical and advisory meetings on the process of its creation.

In connection with the reintegration processes of Ukraine's accession to the European Union, the system of recognition, registration, monitoring of occupational diseases and the associated legislative and methodological framework should be adapted to international requirements and recommendations.

Results. In the structure of occupational diseases in Ukraine, chemical intoxication accounts for less than 0.2%. It is obvious that this is due to an imperfect system for detecting such forms of pathology, insufficient qualifications of medical personnel, low availability of medical care services, especially for the rural population, among which occupational intoxication with pesticides most often occurs, administrative obstacles for the victim in registering diseases, etc. [1]. According to "The Global Burden Diseases" (GBD) resource, 385 million pesticide poisonings are recorded annually among farmers in the world alone, of which 11,000 are fatal. This means that 44% of farmers are poisoned with pesticides every year. The largest share of poisoning occurs in the countries of South, Southeast and East Asia [3].

At the same time, such cases have not been registered at all in Ukraine in recent years, and isolated occupational intoxications in Ukraine are associated with exposure to heavy metal vapors (mainly lead and mercury) [1]. Over the past 20 years, no cases of occupational phosphorus intoxication have been registered in Ukraine, but taking into account the exposure to phosphorus of the civilian population, military and special services in the territory of military operations due to the use of phosphorous ammunition by Russia, the risk of such intoxication is high. It should be noted that this type of weapon has an indiscriminate effect and a large area of destruction, as well as causes serious and painful injuries, so it is strictly prohibited by the Geneva Convention for the protection of war victims (Protocol of 1977) and Protocol III to the Convention on specific conventional weapons [4].

It is known that in the course of performing combat maneuvers, the military uses fumes containing phosphorus for camouflage during combat operations, reconnaissance activities, identification of enemy targets and tactical locations, etc. White phosphorus is used in mortar and artillery shells and grenades. Unprotected military personnel during exercises or combat are at risk of inhaled exposure to smoke from detonated grenades and other explosive devices. The U.S. Environmental Protection Agency has determined that with mass use of weapons, the concentration of white phosphorus can reach 146 мг/м^3 in the form of phosphoric anhydride (P_2O_5) and 202 мг/м^3 in the form of orthophosphoric acid (H_3PO_4) at a distance of 100 m downwind from deployment, and about 1.0 мг/м^3

Коли інтоксикація фосфором відбувається під час виконання службових обов'язків, таке захворювання вважається професійним. Ризикують на розвиток інтоксикацій фосфором у зоні бойових дій медичні працівники, пожежники, працівники ДСНС та інші групи робітників, виконання трудових обов'язків яких пов'язане з експозицією фосфором. Виявлення професійних захворювань – це не лише надання відповідної медичної допомоги, компенсації за втрачену працездатність та/чи інвалідизацію, але обумовлює також створення та функціонування профілактичних програм національного та локального рівнів. МОП має величезний досвід щодо визначення механізмів визнання, профілактики та компенсації у разі професійних захворювань. Отже, вивчення міжнародного надбання корисне для наближення українського законодавства до європейського із зазначеної проблеми.

ППЗ МОП 2010 р. складається з чотирьох розділів [2]:

- 1) Професійні захворювання, викликані впливом чинників, що виникають під час трудової діяльності (хімічні, фізичні, біологічні агенти та інфекційні або паразитарні захворювання).
- 2) Професійні захворювання за системами органівмішеної (захворювання органів дихання, шкіри, опорно-рухового апарату, розлади психіки та поведінки).
- 3) Професійний рак.
- 4) Інші захворювання.

На відміну від ППЗ, затвердженого МОП, в українському Переліку професійні захворювання поділені на 7 груп переважно за етіологічним чинником:

- I. Захворювання, що виникають під впливом хімічних факторів.
- II. Захворювання, які викликані впливом промислових аерозолів.
- III. Захворювання, викликані дією фізичних факторів.
- IV. Захворювання, пов'язані з фізичним перевантаженням та перенапруженням окремих органів і систем.
- V. Захворювання, що викликані дією біологічних факторів.
- VI. Алергічні та токсико-алергічні захворювання.
- VII. Злоякісні новоутворення («професійний рак»).

У ППЗ МОП отруєння фосфором кодується загальним кодом МКХ-10 як T57.1 – отруєння фосфором і його складовими та Z57 – професійна експозиція [5].

В Україні Перелік професійних захворювань затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 08.11.2000 р. № 1662 «Про затвердження переліку професійних захворювань» і є основним документом, яким слід керуватися при встановленні діагнозу професійного захворювання, зв'язку його з виконуваною роботою або професією, вирішенні питань експертизи працездатності, медичної та трудової реабілітації, а також при розгляді питань, пов'язаних з відшкодуванням власником

in the form of P_2O_5 and 1.4 mg/m^3 in the form of H_3PO_4 at a distance of 5000 m [5].

If phosphorus intoxication is caused during the performance of an employee's professional duties, such a disease is considered occupational. Professional groups that are at risk of developing phosphorus intoxication in the combat zone are medical workers, firefighters, employees of the State Emergency Service and other groups of workers whose professional duties are associated with phosphorus exposure. It should be noted that the detection of occupational diseases determines not only the provision of appropriate medical care, compensation for lost working capacity and/or disability, but also affects the creation and functioning of preventive programs at the national and local levels. The ILO has a long history of defining mechanisms for the recognition, prevention and compensation of occupational diseases, so studying international experience will be useful for bringing Ukraine closer to European legislation on this issue.

The LOD ILO 2010 consists of four sections [2]:

- 1) Occupational diseases caused by the exposition of factors that occur during work (chemical, physical, biological agents and infectious or parasitic diseases).
- 2) Occupational diseases by target organ systems (diseases of the respiratory system, skin, musculoskeletal system, mental and behavioral disorders).
- 3) Occupational cancer.
- 4) Other diseases.

In contrast to the LOD approved by the ILO, in the Ukrainian list of occupational diseases are distributed into 7 groups mainly by etiological factor:

- I. Diseases caused by exposition of chemical factors.
- II. Diseases caused by exposure to industrial aerosols.
- III. Diseases caused by physical factors.
- IV. Diseases associated with physical overload and overexertion of individual organs and systems.
- V. Diseases caused by biological factors.
- VI. Allergic and toxic-allergic diseases.
- VII. Malignant neoplasms ('occupational cancer').

In the LOD ILO, phosphorus poisoning is encoded by the general ICD-10 code as T57.1 – phosphorus poisoning and its compounds and Z57 – occupational exposure [5].

In Ukraine, the list of occupational diseases was approved by The Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 08.11.2000. No. 1662 "On approval of the list of occupational diseases" and it is the main document that should be followed when establishing the diagnosis of an occupational disease, the connection with the work or conditions, resolving issues of disability expertise, medical and labor rehabilitation, as well

підприємства, установи чи організації або уповноваженим ним органом збитків, заподіяних працівникові внаслідок ушкодження його здоров'я, пов'язаного з виконанням ним трудових обов'язків [6].

Наказом Міністерства охорони здоров'я України № 374/68/338 від 29.12.2000 р. «Про затвердження Інструкції про застосування переліку професійних захворювань (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я № 2911/99/738 від 29.12.2021)» затверджено Інструкцію до застосування зазначеного ППЗ [7].

На відміну від Інструкції до застосування ППЗ МОП в аналогічних документах в Україні не наводяться характеристики етіологічного чинника, етіопатогенезу, професійна експозиція, токсикологічний профіль етіологічного чинника, основні наслідки його впливу для здоров'я та критерії діагностики захворювань [6, 7]. Також не задекларовано основні заходи профілактики професійних захворювань. Слід зазначити, хоча у вітчизняній інструкції не надається характеристика етіологічного чинника захворювання, але міститься інформація щодо переліку робіт та виробництв, на яких можливе виникнення професійного захворювання.

Характеристика хімічних властивостей фосфору та його сполук. Інструкцією МОП до використання ППЗ наводиться коротка характеристика фосфору як хімічної речовини, зазначається його роль у біологічних структурах і фізіологічних процесах організму, найбільш важливими з яких є структури ДНК і РНК, фосфоліпіди клітинних мембран, високоенергетичні нуклеозид дифосфати та трифосфати, нуклеозидні фосфати та фосфорильовані білкові агенти та ін. [2]. Натомість, у вітчизняному ППЗ серед етіологічних чинників небезпечно впливу зазначається лише форма речовини: білий (жовтий) фосфор [6].

Елементарний фосфор, якого немає як такого в природі, існує в трьох основних алотропних формах. Білий фосфор (або жовтий фосфор, P₄) має високу реакційну здатність і самозаймається у повітрі, окислюючись до фосфорного ангідриду, який у свою чергу реагує з доволишньою водою з утворенням фосфорної кислоти та ангідридів поліфосфорної кислоти. Речовина розчинна в органічних розчинниках. Відомо, що ця алотропна сполука спричиняла професійні захворювання у працівників виробництва сірників у минулому протягом майже 100 років, поки її використання у цьому виробництві не було обмежене або заборонене на початку ХХ сторіччя. Червоний фосфор набагато стабільніший і є менш токсичним полімерним алотропом, який використовується на більшості промислових підприємств, де застосовується елементарний фосфор. Чорний фосфор має ще більш стабільну алотропну форму з потенційним використанням у нанотехнологіях. Інформація про його токсичність наразі обмежена [8].

as when considering issues related to compensation by the owner of an enterprise, institution / organization or an authorized body for damage caused to an employee as a result of damage to his health related to his work duties [6].

By "The Order of the Ministry of Health of Ukraine" No. 374/68/338 29.12.2000 "On approval of the instruction on the use of the list of occupational diseases (as amended by "The Order of the Ministry of Health" No. 2911/99/738 29.12.2021)" is approved the instruction for the use of LOD [7].

In contrast to the instructions for the use of LOD ILO, similar documents in Ukraine do not provide characteristics of the etiological factor, etiopathogenesis, occupational exposure, toxicological profile of the etiological factor, the main consequences of its impact on health and criteria for diagnosing diseases [6, 7]. Also, these instructions do not cover the main measures for the prevention of occupational diseases. It should be noted that although the domestic instructions do not provide a description of the etiological factor of the disease, at the same time it contains information on the list of works and industries where an occupational disease may occur.

Characteristics of chemical properties of phosphorus and its compounds. The ILO instruction for the use of LOD provides a brief description of phosphorus as a chemical substance, notes its role in biological structures and processes of the body, the most important of which are the DNA and RNA structures, phospholipids of cell membranes, high-energy nucleoside diphosphates and triphosphates, nucleoside phosphates and phosphorylated protein agents in signaling cells [2]. In Ukrainian LOD, among the etiological factors of dangerous influence, only the form of the substance is noted: white (yellow) phosphorus [6].

Elemental phosphorus, which does not exist as such in nature, exists in three main allotropic forms. White phosphorus (or yellow phosphorus, P₄) has a high reactivity and self-ignites in air, oxidizing to phosphoric anhydride, which in turn reacts with ambient water to form phosphoric acid and polyphosphoric acid anhydrides. The substance is soluble in organic solvents. This allotropic compound is known to have caused occupational diseases in matchmakers in the past for almost 100 years, until its use in matchmaking was restricted or banned in the early 20th century. Red phosphorus is a much more stable and less toxic polymer allotope that is used in most industrial plants where elemental phosphorus is used. Black phosphorus is an even more stable allotropic form with potential uses in nanotechnology. Information on its toxicity is currently limited [8].

Phosphorous ores consist mainly of monomeric or

Фосфорні руди складаються в основному з мономерних або полімерних фосфатів, таких як апатит і фосфорит (форми фосфату кальцію), в основному біологічного походження. Фосфатні руди присутні в зосереджених, придатних для промислового використання формах лише в декількох країнах світу: Китай, росія, Марокко, США (штати Флорида, Айдахо, Теннессі, Юта) [9].

До неорганічних сполук фосфору належать ортофосфорна кислота та її солі (фосфати), пентаоксид фосфору (фосфорний ангідрид), фосфітна кислота та її солі (фосфіти), пентахлорид фосфору, пентасульфід фосфору, хлорид фосфору, оксихлорид фосфору, газоподібний фосфін. Фосфін (або фосфід водню, PH_3) – це безбарвний легкозаймистий газ, який одержують шляхом реакції фосфорної кислоти та металів або шляхом нагрівання хлористого фосфору. Природним шляхом фосфін утворюється в результаті анаеробного розкладання мертвих тканин. Чистий фосфін самозаймається при температурі вище 38°C і утворює вибухонебезпечну суміш у повітрі при концентрації понад 1,8% за об'ємом [10].

Фосфор присутній у таких хімічних речовинах як фосфорорганічні пестициди, бойові хімічні речовини та фосфорорганічні антипірени, хоча в багатьох країнах останні були заборонені через їхню токсичність [11].

Особливості професійної експозиції фосфором та його сполуками. В інструкції з використання ППЗ МОП 2022 р. увага приділяється також інформації щодо професійної експозиції фосфором та його сполуками. Йдеться про його широке використання у виробництві добрив, миючих засобів, кормів для тварин, а також хімікатів: фармакологічні препарати, пестициди, мастильні матеріали; боеприпаси і запалювальні пристрої. Важливо, що кожний клас сполук фосфору та технологічний процес промислового використання характеризується різними механізмами впливу речовини на здоров'я експонованих. Експерти зазначають, що неорганічні фосфати та фосфіти широко використовуються як добрива в сільському господарстві, але не мають особливого токсикологічного значення [2].

Органічні фосфатні ефіри широко використовуються в промисловості як мастильні добавки, антипірени, пластифікатори та хімічні проміжні продукти. Їх застосовують у виробництві гуми, пластмас, паперу, лаку та металів, а також як інгредієнти пестицидів і чистячих засобів. Потенціал токсичності фосфатних ефірів дуже різний. Білий фосфор продовжують використовувати у виробництві родентицидів, наприклад, фосфіду алюмінію, червоний – у виробництві сірників, чорний фосфор у даний час мало використовується в промисловості [11, 12].

Фосфін — це газ, важчий за повітря, який утворюється при контакті з сильними кислотами фосфідовмісних металів або в специфічних металургійних реакціях. Він використовується в синтезі органофосфінів та інших органічних похідних фосфору, як

polymer phosphates, such as apatite and phosphorite (forms of calcium phosphate), mainly of biological origin. Phosphate ores are present in concentrated forms suitable for industrial use only in a limited areas of the world: China, russia, Morocco, the United States (Florida, Idaho, Tennessee, Utah) [9].

Inorganic phosphorus compounds include orthophosphoric acid and its salts (phosphates), phosphorus pentoxide (phosphoric anhydride), phosphitic acid and its salts (phosphites), phosphorus pentachloride, phosphorus pentasulfide, phosphorus chloride, phosphorus oxychloride, and phosphine gas. Phosphine (or hydrogen phosphide, PH_3) is a colorless, highly flammable gas that is produced by the reaction of phosphoric acid and metals or by heating phosphorus chloride. Naturally, phosphine is formed as a result of anaerobic decomposition of dead tissues. Pure phosphine ignites itself at temperatures above 38°C and forms an explosive mixture in air at a concentration of more than 1.8% by volume [10].

Phosphorus is present in several chemicals such as organophosphate pesticides, chemical warfare agents, and organophosphate flame retardants, although the latter have been banned in many countries due to their toxicity [11].

Features of occupational exposure to phosphorus and its compounds. The LOD ILO manual for use 2022 also focuses on information about occupational exposure to phosphorus and its compounds. We are talking about its widespread use in the production of fertilizers, detergents, animal feed, as well as in the production of chemicals such as pharmacological preparations, pesticides, lubricants; ammunition and incendiary devices. It is important that each class of phosphorus compounds and the technological process of industrial use is characterized by different mechanisms of the substance's influence on the health of exhibitors. Experts note that inorganic phosphates and phosphites are widely used as fertilizers in agriculture, but do not have much toxicological significance [2].

Organic phosphate esters are widely used in industry as lubricants, fire retardants, plasticizers and chemical intermediates. They are used in the production of rubber, plastics, paper, varnish and metals, and also as ingredients for pesticides and cleaning agents. The toxicity potential of phosphate esters is very variable. White phosphorus continues to be used in the production of rodenticides, for example, aluminum phosphide, while the red one – in the production of matches, black phosphorus is currently little used in industry [11, 12].

Phosphine is a gas heavier than air that is formed by contact of strong acids with phosphide-containing metals or in specific metallurgical reactions. It is used in the synthesis of organo-phosphines and other organic phosphorus derivatives, as a fumigant for grains in ele-

фумігант для зерна на елеваторах, а також на борту суден як пестицид проти комах і гризунів. Окрім того, речовина використовується як проміжний продукт у синтезі органіфосфінів і органічних похідних фосфонію, а також як легуюча добавка для введення фосфору до кристалів кремнію у виробництві мікроелектронних пристроїв для напівпровідникової промисловості [13, 14].

Згідно з ППЗ в Україні перелік робіт та виробництв, на яких можливе виникнення професійної інтоксикації фосфором та його сполуками, містить «усі види робіт (включаючи лабораторні), пов'язані з одержанням, переробкою, застосуванням хімічної речовини у різних галузях промисловості, будівництві, сільському господарстві, на транспорті та у сфері обслуговування» [6].

Згідно з ППЗ МОП 2010 року до гострих професійних захворювань від впливу фосфору відносять: подразнюючу респіраторну дію (J68), гостре отруєння газоподібним фосфіном (J68), набряк легень (хімічний) (J68.1), опіки та роз'їдання зовнішньої поверхні тіла (T20-T25), подразнюючий контактний дерматит (L24), гострий токсичний гепатит (K71.2). До хронічних отруєнь (код +T57.1 +Z57) відносять: некроз верхньої та нижньої щелепи («фосфорна щелепа») (K10.2) та гепатотоксичне ураження з некрозом печінки (K71.1) [2].

До вітчизняного ППЗ внесено такі форми патології внаслідок впливу фосфору та його сполук: токсичний гепатит (K71.3), ураження печінки з розвитком фіброзу та цирозу (K71.7), ураження печінки з іншими порушеннями (K71.8), а також токсичні ураження кісток: остеопороз (M80, M81), остеосклероз (M34.2), некроз щелепи (M87.8). Як і для інших захворювань, у документі відсутнє описання властивостей фосфору, його токсикологічного профілю, мінімальної тривалості впливу, за якої може розвинути професійне захворювання, тривалості латентного періоду, а також заходів профілактики. Саме це ускладнює експертизу професійних захворювань та об'єктивізацію діагнозу [6].

Токсикологічний профіль фосфору та його сполук. Оскільки фосфор є жиророзчинним, він швидко засвоюється та розподіляється в організмі після вдихання, проковтування, контакту, викликає опіки шкіри. Білий фосфор провокує численні місцеві та системні токсичні ефекти, порушуючи синтез АТФ, білка та спричиняє некроз клітин. Пригнічення синтезу ліпопротеїдів дуже низької щільності призводить до накопичення тригліцеридів у печінці та її токсичного ураження [15].

Місцеві ефекти впливу фосфору та його сполук спричиняють сильні опіки шкіри та слизових оболонок при контакті, опіки верхніх дихальних шляхів і важке запалення легень після вдихання, а також опіки шлунково-кишкового тракту після проковтування [16, 17]. Системні ефекти характеризуються мультиорганною токсичністю (гепато- та нефротоксичність, вплив на шлунково-кишкову та серцево-

vators, as well as on ship boards as a pesticide for insects and rodents. Besides, the substance is used as an intermediate in the synthesis of organo-phosphines and organic phosphonium derivatives, and also as a dopant to introduce phosphorus into silicon crystals in the production of microelectronic devices for the semiconductor industry [13, 14].

According to the LOD in Ukraine, the list of works and manufactures, where professional intoxication with phosphorus and its compounds may occur, contains "all types of work (including laboratory) related to the production, processing, use of chemical substances in various industries, construction, agriculture, transport and service" [6].

According to the LOD ILO 2010, acute occupational diseases from exposure of phosphorus include: irritating respiratory action (J68), acute poisoning with phosphine gas (J68), pulmonary edema (chemical) (J68.1), burns and corroding of the outer surface of the body (T20-T25), irritating contact dermatitis (L24), acute toxic hepatitis (K71.2). Chronic poisoning (code + T57.1 + Z57) includes: necrosis of the upper and lower jaws ('phosphorous jaw') (K10.2) and hepatotoxic lesions with liver necrosis (K71.1) [2].

The following forms of pathology due to the phosphorus and its compounds exposure are introduced into Ukrainian LOD: toxic hepatitis (K71.3), liver damage with the development of fibrosis and cirrhosis (K71.7), hepatotoxicity with other disorders (K71.8), as well as toxic bone damage: osteoporosis (M80, M81), osteosclerosis (M34.2), jaw necrosis (M87.8). As for other diseases, the document does not describe the properties of phosphorus, its toxicological profile, the minimum duration of exposure at which an occupational disease can develop, the duration of the latent period, as well as preventive measures, which complicates the recognition of occupational diseases and objectification of the diagnosis [6].

Toxicological profile of phosphorus and its compounds. Because phosphorus is lipid-soluble, it is quickly absorbed and distributed in the body after inhalation, ingestion, contact, and contact causing skin burns. White phosphorus causes multiple local and systemic toxic effects, disrupting mitochondrial production, protein synthesis, and causing cell necrosis. The inhibition of very low-density lipoprotein synthesis leads to the accumulation of triglycerides in the liver and hepatotoxicity [15].

Local effects of exposure of phosphorus and its compounds include severe burns to the skin and mucosa upon contact, burns to the upper respiratory tract and severe pulmonary inflammation after inhalation, and burns to the gastrointestinal tract after ingestion [16, 17]. Systemic effects are characterized by multi-organ

судинну системи), яка може проявлятися із затримкою від одного до семи днів і супроводжується різними метаболічними ефектами [18-20]. Смертельне отруєння зазвичай виникає внаслідок гострої печінкової та серцево-судинної недостатності [21, 22]. Так звана «фосфорна щелепа» — це стан, спричинений хронічним вдиханням чи прийомом білого фосфору з наступним накопиченням його в тканині кістки. Історично хвороба діагностувалась у працівників сірнікового виробництва [23, 24].

Вплив фосфорного ангідриду (пентоокису фосфору) та фосфорної кислоти спричиняє опіки шкіри та слизових оболонок, особливо в концентрованій формі поліфосфорної кислоти, яка використовується в хімічних цілях. Галогенопохідні фосфорної кислоти (хлориди та оксихлориди фосфору) при контакті також спричиняють подразнення дихальних шляхів і опіки шкіри і слизових оболонок. Фосфін викликає метгемоглобінемію при вдиханні подібно до алкілфосфінів [25].

Білий фосфор спонтанно спалахає в повітрі, утворюючи пари, подразнюючі шкіру, очі та дихальні шляхи з можливим наступним набряком легенів. Подібні ефекти викликають фосфорна кислота, пентаокис фосфору, пентахлорид фосфору, хлорид фосфору та оксихлорид фосфору [26].

Вдихання пентаоксиду фосфору, пентахлориду фосфору або газу фосфіну може спричинити уповільнений набряк легенів, що характеризується максимальним латентним періодом протягом 72 години. Хоча чистий фосфін не має запаху, часниковий або рибний запах може відчуватися при концентраціях порядку 0,3 ppm (particles per million – частин на мільйон) через домішки в комерційно виготовлених матеріалах. Твердий (білий) фосфор може спричинити опіки шкіри при прямому контакті, такі опіки слід якнайшвидше промити великою кількістю води та, якщо необхідно, очистити шкіру. Подібні опіки повільно заживають [27–29]. Вдихання або прийом білого фосфору також може призвести до пошкодження печінки. Латентний період інтоксикації, як правило, короткий, не більше кількох годин, але клінічні прояви можуть затягнутися від одного до семи днів [30, 31].

Клінічні прояви та діагностичні критерії ураження фосфором та його сполуками. Періодична експозиція низькими концентраціями газу фосфіну (зазвичай до 0,3 ppm) спричиняє лише легкий головний біль. Більш інтенсивна гостра експозиція фосфором та його сполуками викликає подразнення шкіри та слизових оболонок, призводить до утруднення дихання, кашлю та згодом до відтермінованого набряку легень. Найпоширенішими симптомами, спричиненими впливом газу фосфіну, є блювота, нудота, запаморочення та кашель, дихання отруєного часто віє часником [11]. Вплив на шкіру високих концентрацій фосфору викликає тяжкі опіки. При його вдиханні виникають опіки дихальних шляхів і набряк легенів, а проковтування спричиняє

toxicity (hepatotoxicity and nephrotoxicity, effects on the gastrointestinal and cardiovascular systems), which can manifest itself with a delay of one to seven days and is accompanied by various metabolic effects [18-20]. Fatal poisoning usually occurs as a result of acute hepatic failure and cardiovascular collapse [21, 22]. The so-called 'phosphy jaw' is a condition caused by chronic inhalation or ingestion of white phosphorus, and accumulation in bone tissue. Historically, the disease was diagnosed during examination of match-production workers [23, 24].

Exposure of phosphoric anhydride (phosphorus pentoxide) and phosphoric acid causes burns to the skin and mucosa, especially in the concentrated form of polyphosphoric acid used for chemical purposes. Phosphoric acid halogen derivatives (chlorides and phosphorus oxychloride) also cause respiratory tract irritation and burns to the skin and mucosa on contact. Phosphine causes methemoglobinemia when inhaled, similar to alkyl-phosphines [25].

White phosphorus spontaneously ignites in the air, forming vapors that cause irritation of the skin, eyes, and respiratory tract, with potential progression to pulmonary edema. Similar effects are caused by phosphoric acid, phosphorus pentoxide, phosphorus pentachloride, phosphorus chloride, and phosphorus oxychloride [26].

Inhalation of phosphorus pentoxide, phosphorus pentachloride, or phosphine gas can cause a delayed pulmonary edema, characterized by a maximum latency period of 72 hours. Although pure phosphine is odorless, a garlic or fish – like odors can be perceived at concentrations of about 0.3 ppm (particles per million) due to impurities in commercially produced materials. Solid (white) phosphorus can cause skin burns on direct contact, and such burns should be decontaminated with plenty of water as soon as possible and, if necessary, debridement. Such burns heal slowly [27-29]. Inhaling or ingesting white phosphorus can also cause liver injury. The latent period of intoxication is usually short, no more than a few hours, but clinical manifestations may be delayed from one to seven days [30, 31].

Clinical manifestations and diagnostic criteria for phosphorus and its compounds. Periodic exposure to low concentrations of phosphine gas (usually up to 0.3 ppm) causes only a mild headache. More intense acute exposure of phosphorus and its compounds causes irritation of the skin and mucous membranes, leads to difficulty breathing, coughing, and subsequently delayed pulmonary edema. The most common symptoms caused by exposure to phosphine gas are vomiting, nausea, dizziness, and coughing, and the poisoned person's breath often smells of garlic [11]. Exposure to high concentrations of phosphorus on

опіки шлунково-кишкового тракту та кровотечі [20]. Поступово з'являються ознаки мультиорганної токсичності та серйозні метаболічні порушення, включаючи гепатотоксичність, гостре ураження нирок (наприклад, гострий тубулярний некроз), серцеві аритмії, серцево-судинний колапс, ураження центральної нервової системи та ДВЗ синдром (дисеміноване внутрішньосудинне згортання крові). У постраждалих виникає біль у животі, тахікардія, гіпотензія, млявість, судоми та кома [32, 33].

При ураженнях шкіри джерело ультрафіолетового світла, наприклад, лампа Вуда, може допомогти визначити забруднені ділянки, оскільки фосфор флуоресцує під ультрафіолетовим випромінюванням. Подразнювальний контактний дерматит може мати гостру чи хронічну форму. Зазвичай визначаються типові ознаки дерматиту: почервоніння, сухість, лущення, тріщини, везикули або пухирі з мочучістю, що супроводжуються свербінням. За відсутності тривалого подразнення пошкодження шкіри може загоїтись за кілька тижнів, однак при повторних подразненнях хвороба зазвичай набуває хронічного перебігу, часто ускладнюється вторинною інфекцією. Хронічний подразнювальний дерматит може супроводжуватись ліхеніфікацією в результаті тертя або подряпин через свербіж. Пошкодження шкірного бар'єру призводить до збільшення трансепідермальної втрати води. Саме це порушення пов'язане з підвищеною імунною активацією та запаленням. Втрата цілісності шкіри призводить до подальшого проникнення подразників, провокуючи хронічне запалення. Але експериментальні дані показали, що конкретна запальна реакція може бути специфічною для подразника, що визначається різними профілями цитокінів. Як правило, реакція на подразнення розвивається протягом кількох хвилин або годин після контакту та є найбільш вираженою приблизно через 24 години після експозиції [27–29].

Слід зазначити, що показники функціонального дослідження легень можуть бути нормальними на початкових етапах інгаляційної інтоксикації, але зазвичай в подальшому погіршуються. Після проковтування, дослідивши кал, можна виявити фосфоресценцію, до того ж інколи спостерігається «димлення» блювотних мас і калу. При ураженні печінки підвищуються рівні печінкових ферментів АСТ (аспартатамінотрансферази), АЛТ (аланінамінотрансферази), а також білірубіну. УЗД черевної порожнини та КТ можуть підтвердити ураження печінки. Гістологічні зміни печінки включають мікроевезикулярний стеатоз і некроз, в довгостроковій перспективі можливий розвиток фіброзу [19, 30].

При тяжких інтоксикаціях фосфором у пацієнтів розвиваються глибокі метаболічні порушення у вигляді гіпоглікемії, гіпокальціємії, серцевої аритмії. Гостре ураження нирок супроводжується підвищенням рівня креатиніну в сироватці крові та електролітними порушеннями (наприклад, гіперкаліємією).

the skin causes severe burns. When inhaled, burns of the respiratory tract and pulmonary edema occur, and ingestion causes burns of the gastrointestinal tract and bleeding [20]. Gradually, signs of multi-organ toxicity and serious metabolic disorders appear, including hepatotoxicity, acute kidney injury (e.g., acute tubular necrosis), cardiac arrhythmias, cardiovascular collapse, central nervous system effects, and DIC syndrome (disseminated intravascular coagulation). Victims experience abdominal pain, tachycardia, hypotension, lethargy, convulsions, and coma [32, 33].

For skin lesions, an ultraviolet light source such as Wood's lamp can help identify contaminated areas because phosphorus fluoresces under ultraviolet radiation. Irritating contact dermatitis can have an acute or chronic form. Usually, typical signs of dermatitis are identified: redness, dryness, scaling, cracking, vesicles or blisters with weeping, accompanied by itching. In the absence of prolonged irritation, skin damage can heal in a few weeks, however, with repeated irritations, the disease usually becomes chronic, often complicated by a secondary infection. Chronic irritating dermatitis can be accompanied by lichenification as a result of friction or scratching due to itching. Injury to the skin barrier leads to increased transepidermal water loss, and this disruption itself is associated with increased immune activation and inflammation. The loss of skin integrity contributes to the further penetration of irritants, thereby provoking chronic inflammation. However, experimental data have shown that a particular inflammatory response may be specific to the irritant as identified by different cytokine profiles. Typically, the reaction to irritation develops within a few minutes or hours after contact and is most pronounced approximately 24 hours after exposure [27, 28, 29].

It should be noted that the lung function tests may be normal at the initial stages of inhalation intoxication, but usually worsen in the future. After ingestion, a stool examination can detect phosphorescence, and there may be also 'smoking' vomitus and stools. When hepatotoxicity, the level of hepatic enzymes AST (aspartate aminotransferase), ALT (alanine aminotransferase), and bilirubin levels increase. Abdominal ultrasound and CT scans can confirm liver damage. Histological changes in the liver include microvesicular steatosis and necrosis, and fibrosis may develop in the long term [19, 30].

With severe phosphorus intoxication, patients develop deep metabolic disorders in the form of hypoglycemia, hypocalcemia, and cardiac arrhythmia. Acute kidney injury is accompanied by increased serum creatinine levels and electrolyte disturbances (for example, hyperkalemia). A urine test can reveal signs of acute tubular necrosis: hematuria and casts.

Аналіз сечі може виявити ознаки гострого тубулярного некрозу: гематурію, а також так звані «зліпки». Можливі відхилення показників загального аналізу крові та протромбінового профілю. Внутрішньосудинний гемолиз з визначенням тілець Гейнца та метгемоглобінемія є рідкими ускладненнями такої інтоксикації [11, 22].

Для встановлення професійного ґенезу захворювання важливо підтвердити професійну експозицію високими концентраціями білого фосфору та його сполук, включаючи фосфін. Слід зауважити, що максимальна концентрація газу фосфіну, яку можна витримати протягом кількох годин без серйозних наслідків, становить близько 7 ppm, а протягом 30–60 хвилин — 100–200 ppm. За результатами досліджень рівень впливу речовини в концентрації 2000 ppm швидко спричиняє смерть постраждалого. Мінімальна тривалість впливу: для виникнення симптомів подразнення, набряку легень, опіків і подразливого контактного дерматиту – кілька секунд експозиції. При гострому отруєнні фосфінним газом смертельні випадки можливі при впливі протягом 30–60 хвилин за умови концентрації вище 290 ppm. При експозиції зазначеною концентрацією протягом кількох хвилин можливий розвиток токсичного гепатиту. За рекомендаціями МОП максимальний латентний період при інтоксикації становить: кілька хвилин для гострого отруєння газом фосфінним, 1–2 години для місцевого подразнення та до 72 годин – для набряку легень [5, 8].

Некроз верхньої та нижньої щелепи («фосфорна щелепа») (K10.2) – це добре відомий ефект хронічної експозиції високими концентраціями білого фосфору, що характеризується некрозом верхньої та нижньої щелеп. Випадки захворювання траплялися у виробництві сірників, поки використання білого фосфору не було заборонено [15]. До ери антибіотиків смерть пацієнтів зазвичай була спричинена септицемією. Ознаками захворювання є: рясне слиновиділення, розхитування зубів, ураження слизової оболонки порожнини рота, утворення синусів і секвестрацій кістки. Зміни в щелепі виявляються відповідними візуалізаційними дослідженнями: рентгенографією та КТ [24]. При вирішенні експертного питання зв'язку захворювання з умовами праці враховується професійний маршрут, тривалість та інтенсивність експозиції в умовах виробництва. В інструкції до ППЗ МОП визначається, що мінімальна тривалість експозиції для визнання професійного захворювання становить близько одного року, а максимальний постекспозиційний період – 12 місяців [2].

Експозиція білим фосфором спричиняє токсичне ураження печінки з проявами некрозу (K71.1), що гістологічно характеризується мікроевезикулярним стеатозом і некрозом. Хронічний вплив речовини може викликати також перипортальний фіброз [2]. Клінічні прояви захворювання характеризуються анорексією, нудотою, блювотою, нездужанням, від-

There may be deviations in full blood count and in prothrombin profile. Intravascular hemolysis (with Heinz bodies) and methemoglobinemia are rare complications of intoxication [11, 22].

To establish the occupational genesis of the disease, it is important to confirm occupational exposure to high concentrations of white phosphorus and its compounds, including phosphine. It should be noted that the maximum concentration of phosphine gas, that can be tolerated for several hours without serious consequences, is about 7 ppm, and for 30–60 minutes – 100–200 ppm. According to the results of studies, the level of exposure to the substance at a concentration of 2000 ppm quickly leads to the death of the victim. Minimum duration of exposure: for symptoms of irritation, pulmonary edema, burns and irritating contact dermatitis – a few seconds of exposure. In acute phosphine gas poisoning, fatalities are possible with exposure of 30–60 minutes at concentrations above 290 ppm. If exposed to this concentration for a few minutes acute, toxic hepatitis may develop. According to the ILO recommendations, the maximum latent period for intoxication is: a few minutes for acute phosphine gas poisoning, 1–2 hours for local irritation, and up to 72 hours for pulmonary edema and for up to 7 days for acute toxic hepatitis and other systemic effects [5, 8].

Maxilla and mandible necrosis ('phosphorous jaw') (K10.2) this is a well-known effect of chronic exposure to high concentrations of white phosphorus, characterized by necrosis of the maxilla and mandible. Cases of the disease occurred in the production of matches, until the use of white phosphorus was banned [15]. Before the era of antibiotics, patient deaths were usually caused by septicemia. Signs of the disease are: excessive salivation, loosening of teeth, damage to the oral mucosa, sinus formation and bone sequestration. Changes in the jaw are detected by appropriate imaging studies: X-rays and CT-scans [24]. When solving the expert issue of the connection of the disease with working conditions, the occupational route, confirmed duration and intensity of exposure are taken into account. The ILO manual defines that the minimum duration of exposure for recognition of an occupational disease is about one year, and the maximum post-exposure period is 12 months [2].

Exposure to white phosphorus causes chronic hepatic injury with manifestations of necrosis (K71.1), which is histologically characterized by microvesicular steatosis and necrosis. Chronic exposure to the substance can also cause periportal fibrosis [2]. Clinical manifestations of the disease are characterized by anorexia, nausea, vomiting, malaise, aversion to smoking, fever, enlarged and painful liver, jaundice. One of the hallmarks of hepatocellular necrosis due to phosphorus poisoning is an increase in the level of amino-

разом до куріння, лихоманкою, збільшенням та відчуттям болю в печінці, жовтяницею. Однією з характерних ознак гепатоцелюлярного некрозу внаслідок отруєння фосфором є підвищення рівня амінотрансфераз і білірубину в крові та сечі. Також виявляються зміни загального аналізу крові та протромбінового профілю. За даними УЗД черевної порожнини та КТ зазвичай діагностуються характерні ознаки ураження печінки. При морфологічному дослідженні біопатів виявляються такі гістологічні зміни як мікроевезикулярний стеатоз, некроз і перипортальний фіброз [19, 30]. Для вирішення експертного питання щодо визнання професійного захворювання оцінюється професійний маршрут та інтенсивність виробничої експозиції фосфором та його сполуками, зокрема враховується мінімальна тривалість експозиції для визнання відповідного ураження печінки згідно з рекомендаціями МОП від кількох місяців до максимально латентного періоду – 2 роки [2].

Основні заходи профілактики отруєння фосфором та його сполуками на виробництві. Захистити працівників від впливу фосфору та його сполук на робочому місці можна за допомогою ієрархії засобів контролю: усунення безпосереднього впливу етіологічного чинника, заміни речовини на більш небезпечну, інженерного контролю та застосування засобів індивідуального захисту.

Прикладом первинної профілактики в історії кінця 19-го і початку 20-го сторіччя була заміна білого фосфору червоним при виготовленні сірників, а пізніше його усунення шляхом використання безфосфорних матеріалів. Використання білого фосфору у виробництві сірників заборонено Бернською конвенцією 1906 року (Міжнародна конвенція про заборону використання білого (жовтого) фосфору у виробництві сірників). У наступні десятиріччя більшість європейських країн на національному рівні заборонила використання білого фосфору для працівників та споживачів. Ця Конвенція вважається попередницею статуту МОП [2].

Слід зазначити, що легкий доступ до фосфорорганічних пестицидів робить їх поширеним засобом для навмисного самоотруєння сільськогосподарських працівників. Разом з тим, в сучасному сільському господарстві гостротоксичні фосфорорганічні пестициди витісняються менш небезпечними класами хімікатів. Особливу обережність слід приділяти використанню фосфідів металів для фумігаційних заходів [11].

Одним з інженерних заходів профілактики є герметизація джерела потрапляння фосфору в повітря: наприклад, легування напівпровідників фосфіном рекомендується проводити в закритих установках для захисту реагентів і продуктів від дії повітря та вологи, а також захисту працівників від експозиції.

Використання масок, респіраторів та захисного одягу як засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) є найменш ефективним заходом в ієрархії профілак-

transferases and bilirubin in the blood and urine. Alterations full blood count and prothrombin profile are usually detected. Abdominal ultrasound and CT scans usually diagnose the characteristic signs of liver damage. Morphological examination of biopsies reveals such histological changes as microvesicular steatosis, necrosis, and periportal fibrosis [19, 30]. To solve the expert question on the recognition of occupational disease, the occupational route and intensity of work exposure to phosphorus and its compounds are evaluated. The minimum duration of exposure for the recognition of occupational liver damage is defined by the ILO recommendations for few months, the maximum latent period is 2 years [2].

Basic measures to prevent poisoning with phosphorus and its compounds in production. Protection of employees from workplace exposure of phosphorus and its compounds can be achieved through a hierarchy of controls: elimination of the direct influence of the etiological factor, replacement of the substance with a more dangerous one, engineering control and the use of personal protective equipment.

An example of primary prevention in the history of the late 19th and early 20th centuries was the substitution of white phosphorus with the red one in the manufacture of matches, and later its elimination by using phosphorous-free materials. The use of white phosphorus in the production of matches was banned by the Berne Convention of 1906 (International Convention prohibiting the use of white (yellow) phosphorus in the production of matches). In the following decades, most European countries issued national bans on the use of white phosphorus for workers and consumers. This convention is considered to be a forerunner of the constitution of the ILO [2].

It should be noted that easy access to organophosphate pesticides makes them a common choice for deliberate self-poisoning of agricultural workers. At the same time, in modern agriculture, acute toxic organophosphate pesticides are being replaced by less dangerous classes of chemicals. Special care should be taken to use metal phosphides for fumigation measures [11].

One of the engineering preventive measures is to seal the source of phosphorus ingress into the air: for example, doping of semiconductors with phosphine is recommended in closed installations to protect reagents and products from air and moisture, as well as workers from exposure.

The use of masks, respirators and protective clothing as personal protective equipment (PPE) is the least effective measure in the hierarchy of poisoning prevention. PPE is all widely used for workers engaged in crop protection, grain storage, etc., when using toxic chemicals such as phosphine, metal phosphides, and

тики отруєнь. ЗІЗ все ще широко використовуються працівниками, зайнятими захистом сільськогосподарських культур, зберіганням зерна тощо, при роботі з токсичними хімікатами: фосфін, фосфіди металів і органофосфатні пестициди. Працівники екстрених служб та охорони здоров'я повинні бути обізнані та навчені розпізнавати симптоми отруєння фосфором та вживати відповідних заходів щодо дезактивації та контролю впливу.

Експерти МОП вважають, що наступні обмеження концентрацій у повітрі на робочих місцях забезпечують ефективний рівень захисту здоров'я працівників і застосовуються в ряді країн: для білого фосфору ГДК при 8-годинній робочій зміні становить 0,1 ppm (0,13 мг/м³); для фосфіну – 0,3 ppm (0,42 мг/м³). Слід зауважити, що для фосфіну ГДК при 8-годинному робочому дні в різних країнах коливається від 0,023 (0,029 мг/м³) до 0,3 ppm (0,42 мг/м³), а значення короточасного ліміту впливу (STEL- short-term exposure limit) становлять від 0,1 до 1 ppm [2]. Згідно з Наказом МОЗ України від 14.07.2020 № 1596 «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони» в Україні затверджені більш жорсткі обмеження: ГДК жовтого фосфору становить 0,03 мг/м³, фосфіну – 0,1 мг/м³ [34].

Висновки

Незважаючи на загальні принципи визнання професійних захворювань в Україні та Європі, система визнання професійних захворювань і, зокрема отруєнь фосфором, в Україні має певні розбіжності з Європейською, рекомендованою до застосування МОП у 2022 році. Насамперед це стосується переліку професійних захворювань та інструкції щодо його застосування. В українських документах не зазначена важлива інформація щодо властивостей різних форм хімічних сполук, їх токсикологічний профіль, мінімальна тривалість експозиції, що викликає професійне захворювання, тривалість латентного періоду, а також заходи профілактики. Відсутність можливості посилання на зазначені законодавчо визначені показники впливає на об'єктивність діагностики, уніфікацію встановлених діагнозів, що призводить до викривлення статистичних показників професійної захворюваності в Україні.

Слід зазначити, що разом з тим, вимоги до гігієнічних умов праці щодо експозиції працівників фосфором і його сполуками в Україні є більш жорсткими порівняно з рекомендаціями МОП.

У зв'язку з реінтеграційними процесами вступу України до Європейського Союзу система визнання, реєстрації, обліку професійних захворювань та пов'язана з нею законодавча і методична база мають бути адаптовані до міжнародних вимог і рекомендацій.

Конфлікт інтересів. Автори зазначають про відсутність конфлікту інтересів.

organophosphate pesticides. Emergency and health workers should be properly trained to recognize the symptoms of phosphorus poisoning and take appropriate decontamination and exposure control measures.

ILO experts considered that the following limits in workplace air concentrations provide an effective level of protection for workers' health and are applied in a number of countries: for white phosphorus, the maximum permissible concentration during an 8-hour work shift is 0.1 ppm (0.13 mg/m³); for phosphine, it is 0.3 ppm (0.42 mg/m³). It should be noted that for phosphine, the maximum permissible concentration during an 8-hour working day in different countries ranges from 0.023 (0.029 mg/m³) to 0.3 ppm (0.42 mg/m³), and the values of the short-term exposure limit (STEL) range from 0.1 to 1 ppm [2]. According to the order of the Ministry of health of Ukraine dated 14.07.2020 No. 1596 "On approval of hygienic regulations for the permissible content of chemical and biological substances in the air of the working area", more stringent limits have been approved in Ukraine: the maximum permissible concentration of yellow phosphorus is 0.03 mg/m³, phosphine – 0.1 mg/m³ [34].

Conclusions

Despite the general recognition principles of occupational diseases in Ukraine and Europe, the recognition system of occupational diseases and, in particular, phosphorus poisoning in Ukraine has certain differences with the European one recommended for use by the ILO in 2022. First of all, this applies to the list of occupational diseases and instructions for its use. The Ukrainian documents do not contain important information about the properties of various forms of chemical compounds, their toxicological profile, the minimum duration of exposure that causes occupational disease, the duration of the latent period, as well as preventive measures. The lack of the possibility of referring to these legally defined indicators affects the objectivity of diagnostics, unification of established diagnoses, which leads to a distortion of statistical indicators of occupational morbidity in Ukraine.

It should be noted that at the same time, the requirements for hygienic working conditions regarding the exposure of employees to phosphorus and its compounds in Ukraine are more stringent compared to the recommendations of the ILO.

In connection with the reintegration processes of Ukraine's accession to the European Union, the system of recognition, registration and monitoring of occupational diseases and the associated legislative and methodological framework should be adapted to international requirements and recommendations.

Conflict of interest. The authors note that there is no conflict of interest.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Нагорна АМ. Професійна захворюваність в Україні в період пандемії COVID-19: епідеміологічний аналіз. Український журнал з проблем медицини праці. 2022;18(1):12–21. doi:10.33573/ujoh.
2. Diagnostic and exposure criteria for occupational diseases - Guidance notes for diagnosis and prevention of the diseases in the ILO List of Occupational Diseases (revised 2010). <https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/resources-library/>.
3. Boedeker W, Watts M, Clausing P, Marquez E. The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning: estimations based on a systematic review. *BMC Public Health* (2020) 20:1875. doi.org/10.1186/s12889-020-09939-0.
4. Convention on the Prohibition or Restriction of the Use of Specific Types of Conventional Weapons Which May Be Considered to Cause Excessive Injury or to Have an Indiscriminate Effect as Amended on December 21, 2001). [https://unmas.org/en/resources/convention-certain-conventional-weapons-ccw#:~:text.](https://unmas.org/en/resources/convention-certain-conventional-weapons-ccw#:~:text=)
5. Bigley AN, Raushel FM. The evolution of phosphotriesterase for decontamination and detoxification of organophosphorus chemical warfare agents. *Chem Biol Interact.* 2019;1(308):80-88. doi: 10.1016/j.cbi.2019.05.023.
6. Постанова від 8 листопада 2000 р. № 1662 «Про затвердження переліку професійних захворювань (Із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 294 від 26.04.2017 № 394 від 13.05.2020». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1662-2000>.
7. Наказ МОЗ України №. 374/68/338 of 29.12.2000 «Про затвердження Інструкції про застосування переліку професійних захворювань (Із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я № 2911/99/738 (0202-22) від 29.12.2021» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0068-01>.
8. ILO Encyclopaedia of occupational health and safety, 4th edition. <http://iloencyclopaedia.org/>.
9. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. White Phosphorus Toxicological Profile ATSDR, 1997. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=285&tid=52>.
10. Proudfoot AT. Aluminium and zinc phosphide poisoning *Clin. Toxicol.* 2009;47:89–100. doi: 10.1080/15563650802520675
11. Gopalakrishnan S, Kandasamy S, Iyyadurai R. Rodenticide Poisoning: Critical Appraisal of Patients at a Tertiary Care Center. *Indian J Crit Care Med.* 2020;24(5): 95-298. doi: 10.5005/jp-journals-10071-23426.
12. Baselt R. Disposition of Toxic Drugs and Chemicals in Man, 10th edition. Seal Beach CA: Biomedical Publications, 2020.
13. Rumble J (ed). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 101st ed.; CRC Press: Boca Raton, FL. 2021.
1. Nahorna A.M. Occupational morbidity in Ukraine during the COVID-19 pandemic: an epidemiological analysis]. *Ukrainskyi zhurnal z problem medytsyny pratsi.* 2022;18(1):12–21. doi:10.33573/ujoh.
2. Diagnostic and exposure criteria for occupational diseases - Guidance notes for diagnosis and prevention of the diseases in the ILO List of Occupational Diseases (revised 2010). <https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/resources-library/>.
3. Boedeker W, Watts M, Clausing P, Marquez E. The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning: estimations based on a systematic review. *BMC Public Health* (2020) 20:1875. doi.org/10.1186/s12889-020-09939-0.
4. Convention on the Prohibition or Restriction of the Use of Specific Types of Conventional Weapons Which May Be Considered to Cause Excessive Injury or to Have an Indiscriminate Effect as Amended on December 21, 2001). [https://unmas.org/en/resources/convention-certain-conventional-weapons-ccw#:~:text.](https://unmas.org/en/resources/convention-certain-conventional-weapons-ccw#:~:text=)
5. Bigley AN, Raushel FM. The evolution of phosphotriesterase for decontamination and detoxification of organophosphorus chemical warfare agents. *Chem Biol Interact.* 2019;1(308):80-88. doi: 10.1016/j.cbi.2019.05.023.
6. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1662 dated 08.11.2000 "On approval of the list of occupational diseases". <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1662-2000>.
7. Order of the Ministry of Health of Ukraine №. 374/68/338 of 29.12.2000 "On Approval of the Instruction on the use of the list of occupational diseases (as amended by the order of the Ministry of Health № 2911/99/738 of 29.12.2021)". <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0068-01>.
8. ILO Encyclopaedia of occupational health and safety, 4th edition. <http://iloencyclopaedia.org/>.
9. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. White Phosphorus | Toxicological Profile | ATSDR, 1997. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=285&tid=52>.
10. Proudfoot AT. Aluminium and zinc phosphide poisoning *Clin. Toxicol.* 2009;47:89–100. doi: 10.1080/15563650802520675.
11. Gopalakrishnan S, Kandasamy S, Iyyadurai R. Rodenticide Poisoning: Critical Appraisal of Patients at a Tertiary Care Center. *Indian J Crit Care Med.* 2020;24(5):295-298. doi: 10.5005/jp-journals-10071-23426.
12. Baselt R. Disposition of Toxic Drugs and Chemicals in Man, 10th edition. Seal Beach CA: Biomedical Publications, 2020.
13. Rumble J (ed). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 101st ed.; CRC Press: Boca Raton, FL. 2021.

14. UK National Poisons Information Service. Phosphorus White/Yellow. Edinburgh: NPIS, 2020.
15. American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH). TLVs and BEIs. Cincinnati: ACGIH. 2021.
https://www.acgih.org/news_articles/acgih-board-ratifies-2021-tlvs-and-beis/
16. Okazaki A, Takeda Y, Matsuda Y, Shibata K, Kasahara K. Chemical Pneumonitis Caused by Inhalation of White Phosphorus Fumes. *Am J Respir Crit Care Med.* 2020;201(4):e12. doi: 10.1164/rccm.201904-0734IM.
17. Lauterbach M. Epidemiology of Hydrogen Phosphide Exposures in Humans Reported to the Poison Center in Mainz, Germany, 1983–2003. *Clin. Toxicol.* 2005;43:575–581. doi: 10.1081/clt-200068847.
18. National Institute for Occupational Health and Safety. NIOSH Alert. Preventing phosphine poisoning and explosions during fumigation. Atlanta GA: NIOSH, 1999. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/99-126/default.html>.
19. Mohanka R, Rao P, Shah M, Gupte A, Nikam V, Vohra M et al. Acute liver failure secondary to yellow phosphorus rodenticide poisoning: Outcomes at a center with dedicated liver intensive care and transplant unit. *J Clin Exp Hepatol.* 2020;11(4):424-434. doi: 10.1016/j.jceh.2020.09.010.
20. Mishra AK, Samson N, Devakiruba NS, Jasmine S, Sathyendra S, Zachariah A, Iyadurai R. Clinical spectrum of yellow phosphorous poisoning in a tertiary care centre in South India: a case series. *Trop Doct.* 2017;47(3):245-249. doi: 10.1177/0049475516668986.
21. Арустамян О.М., Ткачишин В.С., Кондратюк В.Є., Алексійчук О.Ю., Думка І.В. Отруєння фосфором. Медицина невідкладних станів. 2020;16(4):56-63. doi: 10.22141/2224-0586.16.4.2020.207932.
22. Ляхович Р.М., Джус М.Я., Кіцак Я.М., Нецюк О.Г. Отруєння фосфорорганічними сполуками: варіанти перебігу, діагностична та лікувальна тактика бригади екстреної (швидкої) медичної допомоги. Медична та клінічна хімія. 2017;199(1):87-94. doi: 10.11603/mcch.2410-681X.2017.v0.i1.7683.
23. Marx RE. Uncovering the Cause of “Phossy Jaw” Circa 1858 to 1906: Oral and Maxillofacial Surgery Closed Case Files—Case Closed. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008;66:2356-2363. doi:<https://doi.org/10.1016/j.joms.2007.11.006>.
24. Jacobsen C, Zemann W, Obwegeser JA, Grätz KW, Metzler P. The phosphorous necrosis of the jaws and what can we learn from the past: a comparison of “phossy” and “bisphossy” jaw. *Oral Maxillofac Surg.* 2014;18:31–7. doi 10.1007/s10006-012-0376-z.
25. Toxicity of Military Smokes and Obscurants: Volume 2. National Research Council (US) Subcommittee on Military Smokes and Obscurants. Washington (DC): National Academies Press (US); 1999. <http://www.nap.edu/catalog/9621.html>.
14. UK National Poisons Information Service. Phosphorus White/Yellow. Edinburgh: NPIS, 2020.
15. American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH). TLVs and BEIs. Cincinnati: ACGIH. 2021.
https://www.acgih.org/news_articles/acgih-board-ratifies-2021-tlvs-and-beis/.
16. Okazaki A, Takeda Y, Matsuda Y, Shibata K, Kasahara K. Chemical Pneumonitis Caused by Inhalation of White Phosphorus Fumes. *Am J Respir Crit Care Med.* 2020;201(4):e12. doi: 10.1164/rccm.201904-0734IM.
17. Lauterbach M. Epidemiology of Hydrogen Phosphide Exposures in Humans Reported to the Poison Center in Mainz, Germany, 1983–2003. *Clin. Toxicol.* 2005;43:575–581. doi: 10.1081/clt-200068847.
18. National Institute for Occupational Health and Safety. NIOSH Alert. Preventing phosphine poisoning and explosions during fumigation. Atlanta GA: NIOSH, 1999. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/99-126/default.html>.
19. Mohanka R, Rao P, Shah M, Gupte A, Nikam V, Vohra M et al. Acute liver failure secondary to yellow phosphorus rodenticide poisoning: Outcomes at a center with dedicated liver intensive care and transplant unit. *J Clin Exp Hepatol.* 2020;11(4):424-434. doi: 10.1016/j.jceh.2020.09.010.
20. Mishra AK, Samson N, Devakiruba NS, Jasmine S, Sathyendra S, Zachariah A, Iyadurai R. Clinical spectrum of yellow phosphorous poisoning in a tertiary care centre in South India: a case series. *Trop Doct.* 2017;47(3):245-249. doi: 10.1177/0049475516668986.
21. Arustamian OM, Tkachyshyn VS, Kondratyuk VE, Aleksiychuk OYu, Dumka IV. Phosphorus poisoning. *Emergency medicine.* 2020;16(4):56-63. doi: 10.22141/2224-0586.16.4.2020.207932.
22. Lyakhovich RM, Zhus MYa, Kitsak YM, Netsyuk OG. Poisoning by organophosphorus compounds: options for the course, diagnostic and treatment tactics of the emergency (ambulance) medical team. *Medical and clinical chemistry.* 2017;199(1):87-94. doi: 10.11603/mcch.2410-681X.2017.v0.i1.7683.
23. Marx RE. Uncovering the Cause of “Phossy Jaw” Circa 1858 to 1906: Oral and Maxillofacial Surgery Closed Case Files—Case Closed. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008;66:2356-2363. doi:<https://doi.org/10.1016/j.joms.2007.11.006>.
24. Jacobsen C, Zemann W, Obwegeser JA, Grätz KW, Metzler P. The phosphorous necrosis of the jaws and what can we learn from the past: a comparison of “phossy” and “bisphossy” jaw. *Oral Maxillofac Surg.* 2014;18:31–7. doi 10.1007/s10006-012-0376-z.
25. Toxicity of Military Smokes and Obscurants: Volume 2. National Research Council (US) Subcommittee on Military Smokes and Obscurants. Washington (DC): National Academies Press (US); 1999. <http://www.nap.edu/catalog/9621.html>.

26. Kara IH, Güloğlu C, Karabulut A, Orak M. Sociodemographic, clinical, and laboratory features of cases of organic phosphorus intoxication who attended the Emergency Department in the Southeast Anatolian Region of Turkey. *Environ Res.* 2002;88(2):82-8. doi: 10.1006/enrs.2001.4320.
27. Canadian Centre for Occupational Health and Safety. OSH Answers Facts Sheets: Dermatitis, Irritant Contact. <https://www.ccohs.ca/oshanswers/diseases/dermatitis.html>.
28. Ontario Agency for Health Protection and Promotion (Public Health Ontario). Recommendations for the prevention, detection and management of occupational dermatitis in health care settings. Toronto, ON: Queen's Printer for Ontario; 2019. <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/G/2019/guide-occupational-dermatitis.pdf>.
29. English J, Williams J. Occupational diseases of the skin. Chapter 84 in Hunter's Diseases of Occupations. Editors Baxter PJ, Aw T-C, Cockcroft A, Durrington P, Harrington JM. Tenth Edition, London: Hodder Arnold, 2010;1061-71.
30. Kayaalp C, Ersan V, Yılmaz S. Acute liver failure in Turkey: a systematic review. *Turk J Gastroenterol.* 2014;25(1):35-40. doi: 10.5152/tjg.2014.4231.
31. Türkmen ŞE, Çakir E, Şahin N, Elmali C, Sayin S. Clinical and Pathological Findings on Intoxication by Yellow Phosphorus After Ingesting Firework Cracker: A Rare Case of Autopsy. *Turk Patoloji Derg.* 2016;32(1):51-3. doi: 10.5146/tjpath.2013.01196. doi: 10.5146/tjpath.2013.01196.
32. Soni JP, Ghormade PS, Akhade S, Chavali K, Sarma B. A fatal case of multi-organ failure in acute yellow phosphorus poisoning. *Autops Case Rep.* 2020;30;10(1):e2020146. doi: 10.4322/acr.2020.146.
33. Ravikanth R, Sandeep S, Philip B. Acute Yellow Phosphorus Poisoning Causing Fulminant Hepatic Failure with Parenchymal Hemorrhages and Contained Duodenal Perforation. *Indian J Crit Care Med.* 2017;21(4):238-242. doi: 10.4103/ijccm.IJCCM_410_16.
34. Наказ МОЗ України від 14.07.2020 № 1596 зі змінами, внесеними згідно з Наказами Міністерства охорони здоров'я № 881 від 06.05.2021, № 1715 від 10.08.2021 «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0741-20>.
26. Kara IH, Güloğlu C, Karabulut A, Orak M. Sociodemographic, clinical, and laboratory features of cases of organic phosphorus intoxication who attended the Emergency Department in the Southeast Anatolian Region of Turkey. *Environ Res.* 2002;88(2):82-8. doi: 10.1006/enrs.2001.4320.
27. Canadian Centre for Occupational Health and Safety. OSH Answers Facts Sheets: Dermatitis, Irritant Contact. <https://www.ccohs.ca/oshanswers/diseases/dermatitis.html>.
28. Ontario Agency for Health Protection and Promotion (Public Health Ontario). Recommendations for the prevention, detection and management of occupational dermatitis in health care settings. Toronto, ON: Queen's Printer for Ontario; 2019. <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/G/2019/guide-occupational-dermatitis.pdf>.
29. English J, Williams J. Occupational diseases of the skin. Chapter 84 in Hunter's Diseases of Occupations. Editors Baxter PJ, Aw T-C, Cockcroft A, Durrington P, Harrington JM. Tenth Edition, London: Hodder Arnold, 2010;1061-71.
30. Kayaalp C, Ersan V, Yılmaz S. Acute liver failure in Turkey: a systematic review. *Turk J Gastroenterol.* 2014;25(1):35-40. doi: 10.5152/tjg.2014.4231.
31. Türkmen ŞE, Çakir E, Şahin N, Elmali C, Sayin S. Clinical and Pathological Findings on Intoxication by Yellow Phosphorus After Ingesting Firework Cracker: A Rare Case of Autopsy. *Turk Patoloji Derg.* 2016;32(1):51-3. doi: 10.5146/tjpath.2013.01196. doi: 10.5146/tjpath.2013.01196.
32. Soni JP, Ghormade PS, Akhade S, Chavali K, Sarma B. A fatal case of multi-organ failure in acute yellow phosphorus poisoning. *Autops Case Rep.* 2020;30;10(1):e2020146. doi: 10.4322/acr.2020.146.
33. Ravikanth R, Sandeep S, Philip B. Acute Yellow Phosphorus Poisoning Causing Fulminant Hepatic Failure with Parenchymal Hemorrhages and Contained Duodenal Perforation. *Indian J Crit Care Med.* 2017;21(4):238-242. doi: 10.4103/ijccm.IJCCM_410_16.
34. Order of the Ministry of Health of Ukraine dated 14.07.2020 №. 1596 with changes introduced in accordance with Orders of the Ministry of Health №. 881 dated 06.05.2021, №. 1715 dated 10.08.2021 "On the approval of hygienic regulations for the permissible content of chemical and biological substances in the air of the working area". <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0741-20>.

Інформація про внесок кожного автора / Information on contribution of each author

Проданчук М.Г. / M. Prodanchuk ^{A,F,G}

Басанець А.В. / A. Basanets ^{A,B,E,F,G}

Кравчук О.П. / O. Kravchuk ^{B,D,E}

Яструб Т.О. / T. Yastrub ^{B,C,E}

Відомості про авторів

Проданчук Микола Георгійович – доктор медичних наук, професор, член-кореспондент НАМН України, директор, Державне підприємство "Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І. Медведя Міністерства охорони здоров'я України", вул. Героїв Оборони, 6, м. Київ, 03127, Україна. <https://orcid.org/0000-0002-9229-9761>.

Басанець Анжела Володимирівна – доктор медичних наук, професор, член-кореспондент НАМН України, головний науковий співробітник, Державне підприємство "Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І. Медведя Міністерства охорони здоров'я України", вул. Героїв Оборони, 6, м. Київ, 03127, Україна. <https://orcid.org/0000-0001-8236-4251>.

Кравчук Олександр Павлович – кандидат медичних наук, перший заступник директора, Державне підприємство "Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І. Медведя Міністерства охорони здоров'я України", вул. Героїв Оборони, 6, м. Київ, 03127, Україна. <https://orcid.org/0000-0003-3608-5555>.

Яструб Тетяна Олександрівна – кандидат медичних наук, провідний науковий співробітник, Державне підприємство "Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І. Медведя Міністерства охорони здоров'я України", вул. Героїв Оборони, 6, м. Київ, 03127, Україна. <https://orcid.org/0000-0002-5084-3773>.

Стаття надійшла до редакції 10.01.2024 р.

Information about authors

Mykola Prodanchuk – Doctor, MD, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Director of the "L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety, Ministry of Health of Ukraine (State Enterprise)", 6 Heroiv Oborony st., 03127, Kyiv, Ukraine. <https://orcid.org/0000-0002-9229-9761>.

Anzhela Basanets – Doctor, MD, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, chief researcher, "L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety, Ministry of Health of Ukraine (State Enterprise)", 6 Heroiv Oborony st., 03127, Kyiv, Ukraine. <https://orcid.org/0000-0001-8236-4251>.

Oleksandr Kravchuk – Candidate of medical sciences, first deputy director of the "L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety, Ministry of Health of Ukraine (State Enterprise)", 6 Heroiv Oborony st., 03127, Kyiv, Ukraine. <https://orcid.org/0000-0003-3608-5555>.

Tetyana Yastrub – Candidate of medical sciences, leading researcher, "L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety, Ministry of Health of Ukraine (State Enterprise)", 6 Heroiv Oborony st., 03127, Kyiv, Ukraine. <https://orcid.org/0000-0001-8236-4251>.

Received January, 10, 2024