

О.П. Васецька, А.А. Деміч, М.Г. Проданчук, П.Г. Жмінько

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОТОКСИЧНОСТІ ТА ОЦІНКА НЕБЕЗПЕЧНОСТІ ПЕСТИЦИДІВ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ

РЕЗЮМЕ. Дослідження екотоксикологічних властивостей нових препаративних форм пестицидів та оцінка небезпечності для нецільових об'єктів довкілля є надзвичайно важливим при вирішенні питання щодо впровадження їх у практику сільсько-го господарства за призначенням. Процедура оцінки потенційної небезпеки пестицидів для довкілля і вимоги щодо державної реєстрації їх в Україні регулюються відповідними Законами, Постановами та керівними документами.

Мета. Узагальнити основні вимоги щодо екотоксикологічних досліджень та оцінки небезпечності пестицидів для нецільових тест-об'єктів довкілля. Визначити класи небезпечності нових препаративних форм пестицидів для наземних і водних організмів.

Матеріали та методи. Науковий аналіз нормативно-правових документів ЄС і України з екотоксикологічних досліджень щодо обсягу токсикологічних досліджень залежно від призначення засобів захисту рослин. Оцінити гостру токсичність та потенційний ризик пестицидів для нецільових об'єктів довкілля. У роботі використані методи, рекомендовані ОЕСР, щодо визначення гострої екотоксичності пестицидів та інших хімічних речовин для об'єктів водного та наземного середовища.

Результати. Визначено основні вимоги до проведення екотоксикологічних досліджень, що рекомендовані ОЕСР, висвітлено критерії гострої та хронічної токсичності для нецільових об'єктів і основні підходи щодо оцінки потенційного ризику пестицидів з використанням кінцевих токсикологічних точок і коефіцієнтів, які поєднують експозицію та ефект. Досліджено гостру токсичність 9 нових препаративних форм пестицидів для ґрунтових мікроорганізмів, дощових хробаків, бджіл, птахів, дафній, водоростей та риб. Встановлено, що за гострою токсичністю для риб, дафній та бджіл препарати Торсіда, КЕ; Президент, КС; Готіка, КС і Боксер, КС є «дуже токсичними», що обумовлено наявністю в їхньому складі піретроїдів та неонікотиноїдів. Для водоростей найбільш небезпечним серед досліджених препаратів є десикант Скорпіон Максі, РК на основі дикват диброміду, що обумовлено його селективною дією на рослинний організм.

Висновки. 1. Узагальнено основні вимоги щодо екотоксикологічних досліджень та оцінки небезпечності пестицидів для нецільових тест-об'єктів довкілля. Обсяг екотоксикологічних досліджень для різних засобів захисту рослин обумовлений їхнім призначенням, умовами застосування, контактом з довкіллям. Вони повинні базуватись на єдиних рекомендованих методах ОЕСР, з дотриманням стандартів GLP, на нормах, правилах та вказівках щодо забезпечення узгодженості та достовірності результатів лабораторних досліджень. 2. Серед вивчених препаратів найтоксичнішими (1 клас небезпечності) є інсектициди Торсіда, КЕ; Президент, КС; Готіка, КС і Боксер, КС. Найбільш чутливими видами до них є риби, ракоподібні та бджоли. Це обумовлено наявністю в їхньому складі піретроїдів та неонікотиноїдів. 3. Для водоростей найбільш токсичним (1 клас небезпечності) є препарат на основі дикват диброміду Скорпіон Максі, РК, що обумовлено його цільовим призначенням. 4. Для птахів, ґрунтових мікроорганізмів і дощових хробаків всі досліджені препарати відносяться до 3 класу небезпечності або не класифікуються, за винятком препаратів Боксер, КС та Президент, КС, які за гострою токсичністю для дощових хробаків відносяться до 1 і 2 класу небезпечності відповідно.

Ключові слова: пестициди, нецільові тест-об'єкти, токсичність, небезпечність, потенційний ризик

О. Vasetska, A. Demich, M. Prodanchuk, P. Zhminko

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

ECOTOXICITY RESEARCH AND ENVIRONMENTAL HAZARD ASSESSMENT OF PESTICIDES

ABSTRACT. Investigating the ecotoxicological properties of new pesticide formulations and assessing their hazard to non-target environmental organisms is crucial when deciding whether to introduce them into agricultural practice. The procedure for assessing the potential environmental hazards of pesticides, as well as the requirements for their state registration in Ukraine, are regulated by relevant legislation, regulations and guidelines.

Aim. To summarize the basic requirements for ecotoxicological studies and the hazard assessment of pesticides for non-target environmental test organisms, and to determine the hazard classes of new pesticide formulations for terrestrial and aquatic organisms.

Materials and Methods. This study involves a scientific analysis of EU and Ukrainian regulatory documents on ecotoxicological studies, focusing on the scope of toxicological testing based on the purpose of plant protection products. It assesses the acute toxicity and potential risk of pesticides to non-target environmental organisms. The methodology is based on OECD-recommended procedures for determining the acute ecotoxicity of pesticides and other chemicals in both aquatic and terrestrial environments.

Results. The main OECD-recommended requirements for conducting ecotoxicological studies are outlined. Criteria for assessing

acute and chronic toxicity in non-target organisms are presented, along with key approaches for evaluating the potential risk of pesticides using toxicological endpoints and indices that combine exposure and effect. The acute toxicity of nine new pesticide formulations was assessed for soil microorganisms, earthworms, bees, birds, daphnia, algae, and fish. The preparations Torsida, EC; President, SC; Gotika, SC; and Boxer, SC were found to be highly toxic to fish, daphnia, and bees, primarily due to the presence of pyrethroids and neonicotinoids. Among the studied products, the desiccant Scorpion Maxi, SL—based on diquat dibromide—was the most toxic to algae, owing to its selective phytotoxic effects.

Conclusions. 1. The primary requirements for ecotoxicological studies and the assessment of pesticide hazards to non-target test organisms are summarized. The scope of ecotoxicological evaluation for plant protection products depends on their intended use, environmental exposure, and application conditions. To ensure consistency and reliability of test results, standardized OECD methods must be applied, along with adherence to GLP rules, regulations, and guidelines. 2. Among the tested products, the most toxic (hazard class Acute 1) are the insecticides Torsida, EC; President, SC; Gotika, SC; and Boxer, SC. The most sensitive species to these formulations are fish, crustaceans, and bees, which correlates with the presence of pyrethroids and neonicotinoids. 3. For algae, the most toxic product (hazard class Acute 1) is Scorpion Maxi, SL, based on diquat dibromide, consistent with its mode of action. 4. For birds, soil microorganisms, and earthworms, all tested formulations fall under hazard class 3 or are unclassified, except for Boxer, SC and President, SC, which are categorized as hazard classes 1 and 2 respectively based on their acute toxicity to earthworms.

Keywords: pesticides, non-target test objects, toxicity, hazard, potential risk

Серед забруднювачів довкілля нині найбільш небезпечними є хімічні речовини різного призначення, зокрема засоби захисту рослин, стічні води промислових і фармацевтичних підприємств, тваринницьких ферм, стоки комунальних господарств, промислові відходи, викиди транспортних засобів, військово-промислового комплексу, атомних електростанцій тощо. Вони тривалий час персистують у ґрунті, воді, повітрі та чинять негативний вплив на життєдіяльність різних представників агробіоценозу [1, 2].

Щодо пестицидів, формування резистентності популяцій шкідників до інсектицидів обумовлює збільшення норми витрат засобу захисту рослин або застосування комбінованих препаратів. Це відповідно збільшує хімічне навантаження на довкілля та може підвищувати токсичну дію на організм мешканців водяного та наземного середовища [3]. Крім того, як зазначено в роботі [4], збільшення в останні роки чисельності фітопатогенних мікроміцетів в агроценозах, які спричиняють спалахи хвороб рослин, потребує інтенсивного застосування пестицидів, що також посилює антропогенний тиск на біоту та може призвести до небажаних наслідків.

Негативний вплив пестицидів різного покоління на біоту прісних водойм України, а саме зообентос, зоопланктон, фітопланктон, широко висвітлено в роботах [5, 6]. За наведеними даними [5], найбільш токсичними для дафній є трифлостробін ЛК₅₀ – 0,0009 мг/л, димоксистробін – ЛК₅₀ – 0,042мг/л, бета-цифлутрин ЛК₅₀ – 0,00002 мг/л, дельтаметрин ЛК₅₀ – 0,0126 мг/л, фоксим ЛК₅₀ – 0,000002 мг/л, малатіон ЛК₅₀ – 0,003 мг/л, тирам ЛК₅₀ – 0,013 мг/л та інші. Такий же вплив на фітопланктон справляють пестици-

Among the environmental pollutants, the most dangerous at present are chemical substances of various origin, in particular plant protection products, wastewater from industrial and pharmaceutical enterprises, livestock farms, municipal wastewater, industrial waste; emissions from vehicles, the agricultural and industrial complex, nuclear power plants, etc. They persist for a long time in soil, water, air and have a negative impact on the vital activity of various representatives of the agrobiocenosis [1, 2].

As for pesticides, the formation of resistance of pest populations to insecticides leads to an increase in the volume of consumption of plant protection products or the use of combined preparations. This accordingly increases the chemical load on the environment and can increase the toxic effect on the body of aquatic and terrestrial inhabitants [3]. In addition, as noted in [4], the increase in the number of phytopathogenic micromycetes in agrocenoses in recent years, which cause outbreaks of plant diseases, requires intensive use of pesticides, which also increases anthropogenic pressure on biota and can lead to undesirable consequences.

The negative impact of pesticides of different generations on the biota of freshwater reservoirs of Ukraine, namely zoobenthos, zooplankton, phytoplankton, is widely covered in works [5, 6]. According to the data provided [5], the most toxic for daphnia are trifloxystrobin LD₅₀ – 0.0009 mg/l, dimoxystrobin LD₅₀ – 0.042 mg/l, beta-cyfluthrin LD₅₀ – 0.00002 mg/l, deltamethrin LD₅₀ – 0.0126 mg/l, phoxim LD₅₀ – 0.000002 mg/l, malathion LD₅₀ – 0.003 mg/l, thiram LD₅₀ – 0.013 mg/l and others. The same effect on

ди, особливо в поєднанні з нафтопродуктами та поверхнево-активними речовинами – дерозал, похідні сечовини, триазини, хлорорганічні сполуки. На рибу більшість пестицидів діє як нервово-паралітичні отрути. Їхня токсичність для риби залежить від хімічної природи діючої речовини, рецептури та дози препарату, виду та віку риби, температури води та вмісту в ній кисню і солей. Молодь риби більш чутлива до пестицидів, ніж дорослі риби.

Серед досліджених фунгіцидів [6] надвисокий та високий ступінь токсичності для водних екосистем мають препарати Флінт Стар та Скор. Показана міжвидова чутливість у ракоподібних і риби, чутливість до інсектицидів знижувалась у ряді: Ostracoda sp. → Daphnia sp. → Danio sp.; коропові риби роду Danio Hamilton 1822 були більш чутливими до впливу фунгіцидів, ніж інсектицидів.

Виходячи з наведених даних, дослідження екоотоксикологічних властивостей та оцінки потенційної небезпечності хімічних речовин, зокрема діючих речовин пестицидів, їхніх препаративних форм, для нецільових об'єктів довкілля є надзвичайно важливим, для прогнозування небезпечності та оцінки ризику для живих організмів, розробки засобів і заходів запобігання шкідливому впливові на довкілля, а також для вирішення питань щодо державних випробувань та їхнього впровадження в практику сільського господарства за призначенням.

Мета. Узагальнити основні вимоги щодо екоотоксикологічних досліджень та оцінити небезпечність пестицидів для нецільових тест-об'єктів довкілля. Визначити класи небезпечності нових препаративних форм пестицидів для наземних і водних організмів.

Матеріали та методи. Проведено науковий аналіз нормативно-правових документів з екоотоксикологічних досліджень, зокрема вимог щодо обсягу токсикологічних досліджень залежно від призначення засобу захисту рослин, оцінено гостру токсичність та потенційний ризик пестицидів для нецільових об'єктів навколишнього середовища.

Експериментально досліджено гостру екоотоксичність 9 нових препаративних форм пестицидів, заявлених на реєстрацію в Україні ТОВ «Нертус ЛТД», Україна.

Для досліджень було отримано такі біологічні тест-об'єкти: водорості *Chlorella vul-*

phytoplankton is exerted by pesticides, especially in combination with petroleum products and surfactants – derosal, urea derivatives, triazines, organochlorine compounds. Most pesticides act on fish as nerve agents. Their toxicity to fish depends on the chemical nature of the active substance, the formulation and dose of the preparation, the type and age of the fish, the temperature of the water and the content of oxygen and salts in it. Young fish are more sensitive to pesticides than adult fish.

Among the fungicides studied [6] Flint Star and Skor preparations have high and very high toxicity for aquatic ecosystems. Cross-species sensitivity was shown in crustaceans and fish, sensitivity to insecticides decreased in the following: Ostracoda sp. → Daphnia sp. → Danio sp.; cyprinid fish of the genus Danio Hamilton 1822 were more sensitive to fungicides than insecticides.

Based on the above data, the study of ecotoxicological properties and assessment of the potential hazardousness of chemical substances, in particular the active ingredients of pesticides, their preparative forms, for non-target environmental objects is extremely important for predicting the hazardousness and assessing the risk for living organisms, developing means and measures to prevent harmful effects on the environment, as well as for resolving issues related to state tests and their implementation in agricultural practice for their intended purpose.

Aim. To summarize the basic requirements for ecotoxicological studies and the hazard assessment of pesticides for non-target environmental test organisms, and to determine the hazard classes of new pesticide formulations for terrestrial and aquatic organisms.

Materials and Methods. A scientific analysis of regulatory documents on ecotoxicological studies was conducted, in particular, of the requirements for the scope of toxicological studies depending on the purpose of the plant protection product, and the acute toxicity and potential risk of pesticides for non-target environmental objects were assessed.

Acute ecotoxicity of nine new preparative forms of pesticides applied for registration in Ukraine by «Nertus LLC», Ukraine, was experimentally investigated.

The following biological test objects were obtained for the research: *Chlorella algae vulgaris* – from the depository of the M.G.

garis – із депозитарію Інституту ботаніки ім. М.Г.Холодного НАН України, бджоли *Apis mellifera* – з пасіки кафедри бджільництва Національного університету біоресурсів та природокористування України, дощові хробаки *Eisenia fetida*, риби гуппі *Poecilia reticulata*, дафнії *Daphnia magna* придбані зі спеціалізованих магазинів, птахи (японські перепела *Coturnix Japonic*) – зі фермерського розплідника ПП «Далі 2001». Вони утримувались у рекомендованих ОЕСР (Організація економічного співробітництва і розвитку) умовах з суворим дотриманням мікрокліматичних параметрів.

Експериментальні дослідження проведені у відповідності з принципами біоетики та вимогами Комісії з питань етики медичних та біологічних досліджень Державного підприємства „Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І. Медведя Міністерства охорони здоров'я України”.

Гостру токсичність для представників водної екосистеми досліджували за валідованими в науковому центрі методами ОЕСР: ОЕСР 201 (тест на пригнічення росту прісноводних водоростей та ціанобактерій), ОЕСР 202 (тест на гостру іммобілізацію дафній), ОЕСР 203 (тест на гостру токсичність для риб). Гостру токсичність для представників наземної екосистеми досліджували за наступними валідованими методами - ОЕСР 207 (тест на гостру токсичність для земляних хробаків), ОЕСР 213 (тест на гостру токсичність для бджіл), ОЕСР 216 (грунтові мікроорганізми: випробування на азотну трансформацію), ОЕСР 217 (грунтові мікроорганізми: випробування на перетворення вуглецю), ОЕСР 223 (тест на гостру оральну токсичність для птахів).

Класифікацію препаратів за гострою токсичністю здійснювали відповідно до Глобальної гармонізованої класифікації (GHS) – для об'єктів водної [7] та наземної екосистем [8].

Результати. Вимоги щодо процедури оцінки потенційної небезпечності пестицидів для об'єктів довкілля та їхнього впровадження в практику сільського господарства регулюються відповідними керівними документами та законами.

Основні керівні документи ЄС:

- REGULATION (EC) № 1107/2009 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 October 2009 concerning

Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, *Apis bees mellifera* – from the apiary of the Department of Beekeeping of the National University of Life and Environmental Studies of Ukraine, earthworms *Eisenia fetida*, guppy fish *Poecilia reticulata*, *Daphnia magna* purchased from specialty stores, birds (Japanese quail *Coturnix Japonic*) – from the farm nursery of PE Dali 2001. They were kept in conditions recommended by the OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) with strict adherence to microclimatic parameters.

Experimental studies were conducted in accordance with the principles of bioethics and the requirements of the Commission on Ethics of Medical and Biological Research of the State Enterprise Research Centre of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety named after L.I. Medved, Ministry of Healthcare of Ukraine.

Acute toxicity to aquatic ecosystem representatives was studied using OECD methods validated at the scientific center: OECD 201 (freshwater algae and cyanobacteria growth inhibition test), OECD 202 (daphnia acute immobilization test), OECD 203 (fish acute toxicity test). Acute toxicity to terrestrial ecosystem representatives was studied using the following validated methods – OECD 207 (earthworm acute toxicity test), OECD 213 (bee acute toxicity test), OECD 216 (soil microorganisms: nitrogen transformation test), OECD 217 (soil microorganisms: carbon transformation test), OECD 223 (bird acute oral toxicity test).

Classification of preparations by acute toxicity was carried out in accordance with the Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS) for aquatic [7] and terrestrial ecosystems [8].

Results. Requirements for the procedure of assessing the potential hazardousness of pesticides to environmental objects and their implementation in agricultural practice are regulated by relevant guidance documents and laws.

Main EU guiding documents:

- REGULATION (EC) No. 1107/2009 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 October 2009 concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC;

the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC;

- Commission Regulation (EU) № 284/2013 of 1 March 2013 setting out the data requirements for plant protection products, in accordance with Regulation (EC) № 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market;
- Commission Regulation (EU) № 283/2013 of 1 March 2013 setting out the data requirements for active substances, in accordance with Regulation (EC) № 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market.

В Україні оцінка небезпечності та реєстрація пестицидів регулюються:

- Законами України «Про оцінку впливу на довкілля» та «Про пестициди і агрохімікати»;
- Постановами Кабінету Міністрів України № 295 від 04.03.1996 “Про затвердження Порядку проведення державних випробувань, державної реєстрації та перереєстрації пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні”; № 312 від 18.04.2018 “Про затвердження Порядку проведення еколого-експертної оцінки матеріалів, поданих для реєстрації пестицидів і агрохімікатів»; № 996 від 08.09.2023 “Про затвердження Порядку уповноваження підприємств, установ, організацій на проведення державних випробувань з метою біологічної, екологічної та токсиколого-гігієнічної оцінки для цілей державної реєстрації пестицидів і агрохімікатів та внесення змін до Постанови Кабінету Міністрів України від 4 березня 1996 р. № 295”.

Згідно з цими документами керівництво реєстрацією засобів захисту рослин покладено на Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, яке уповноважує профільні установи на проведення досліджень та експертизи реєстраційних матеріалів на відповідність вимогам щодо біологічної ефективності препарату, його безпечності для навколишнього природного середовища, зокрема впливу препарату певної групи на нецільові об'єкти природної екосистеми згідно з переліком Постанови КМУ №312, який наданий у табл.1.

- Commission Regulation (EU) No. 284/2013 of 1 March 2013 setting out the data requirements for plant protection products, in accordance with Regulation (EC) No. 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market;
- Commission Regulation (EU) No. 283/2013 of 1 March 2013 setting out the data requirements for active substances, in accordance with Regulation (EC) No. 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market. In Ukraine, the hazard assessment and registration of pesticides are regulated by:

- The Laws of Ukraine On Environmental Impact Assessment and On Pesticides and Agrochemicals;
- Resolutions of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 295 of 04.03.1996 On Approval of the Procedure for Conducting State Tests, State Registration and Re-registration of Pesticides and Agrochemicals Permitted for Use in Ukraine; No. 312 of 18.04.2018 On Approval of the Procedure for Conducting Ecological and Expert Assessment of Materials Submitted for Registration of Pesticides and Agrochemicals; No. 996 of 08.09.2023 On Approval of the Procedure for Authorizing Enterprises, Institutions, Organizations to Conduct State Tests for the Purpose of Biological, Ecological and Toxicological and Hygienic Assessment for the Purposes of State Registration of Pesticides and Agrochemicals and Amending the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of March 4, 1996 No. 295.

According to these documents, the management of the registration of plant protection products is entrusted to the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine, which authorizes specialized institutions to conduct research and examination of registration materials for compliance with the requirements for the biological effectiveness of the preparation, its safety for the environment, in particular the impact of a preparation of a certain group on non-target objects of the natural ecosystem according to the list of Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 312, which is provided in Table 1.

**Перелік нецільових об'єктів для оцінки безпечності препарату певної групи
(згідно з Постановою КМУ № 312 від 18.04.2018) / List of non-target objects for assessing
the safety of a preparation of a certain group (in accordance with the Resolution of the Cabinet
of Ministers of Ukraine No. 312 of 18.04.2018)**

Група препаратів / Group of preparations	Нецільові об'єкти впливу препаратів / Non-targeted targets of preparation effects						
	Риби / Fish	Дафнії / Daphnia	Водорості / Algae	Хробаки грунтові / Earth- worms	Мікро-організми ґрун- тові /Soil micro- organisms	Птахи / Birds	Бджоли / Bees
Гербициди / Herbicides	+	+	+	+	+	+	+
Фунгіциди / Fungicides	+	+	+	+	+	+	+
Інсектициди, акарациди / Insecticides, acaricides	+	+	+	+	+	+	+
Протруйники для посів- ного і садивного матеріа- лу / Disinfectants for seeds and planting material				+	+	+	
Дефоліанти, десиканти / Defoliant, desiccant	+	+	+	+	+	+	+
Регулятори росту (обробка насіння) / Growth regulators (seed treatment)				+	+		
Регулятори росту (обробка рослин) / Growth regulators (plant treatment)				+	+		+
Родентициди / Rodenticides				+	+	+	
Фуміганти / Fumigants							
Феромони / Pheromones							+
Біологічні препарати, у тому числі бактеріальні (обробка насіння) / Biological preparations, including bacterial (seed treatment)				+			
Біологічні препарати, у тому числі бактеріальні (обробка рослин) / Biological preparations, including bacterial ones (plant treatment)				+	+		+
Добрива / Fertilizers				+	+		

Як видно з табл. 1, для препаратів, що за призначенням належать до гербіцидів, фунгіцидів, інсектицидів і акарицидів, дефоліантів і десикантів обов'язковою вимогою є проведення досліджень на всіх рекомендованих нецільових тест-об'єктах.

- Для інших засобів захисту рослин, зокрема:
- протруйників (посівного і садівного матеріалу) та родентицидів дослідження проводять на дощових хробаках, ґрунтових мікроорганізмах і птахам;
 - регуляторів росту рослин (обробка насіння) – на дощових хробаках і ґрунтових мікроорганізмах; біопрепаратів, у тому числі бактеріальні (обробка насіння) – на дощових хробаках;
 - регуляторів росту рослин і біопрепаратів, у тому числі бактеріальні (обробка рослин) – на дощових хробаках, ґрунтових мікроорганізмах і бджолах;
 - добрив – на дощових хробаках і ґрунтових мікроорганізмах;
 - феромонів – тільки на бджолах;
 - фумігантів – дослідження екотоксичності не передбачено.

Вибір обов'язкових тест-об'єктів для різних засобів захисту рослин обумовлений їхнім призначенням, умовами застосування, контактом з навколишнім середовищем. Наприклад, для груп пестицидів, що застосовуються методом обприскування рослин, де можливий контакт з різними середовищами – ґрунтом, повітрям, водою, токсичність визначається для основних об'єктів всіх середовищ довкілля. Для фумігантів – дослідження екотоксичності не потрібне, оскільки фумігація проводиться в закритому просторі, що унеможливує контакт пестициду з об'єктами водної та ґрунтової екосистем.

Згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 295 та № 966 щодо Порядку уповноваження установ на проведення державних випробувань з метою біологічної, екологічної та токсиколого-гігієнічної оцінки з метою державної реєстрації пестицидів і агрохімікатів необхідна добре організована науково-дослідницька база з використанням сучасних, інформативних і валідованих методів досліджень екотоксичності та віддалених ефектів впливу.

В уповноважених установах має бути необхідна кількість кваліфікованих спеціалістів, відповідних приміщень, обладнання і

As indicated in Table 1, it is mandatory for substances classified as herbicides, fungicides, insecticides and acaricides, defoliant and desiccants to conduct trials on all recommended non-target test objects.

For other plant protection products, in particular:

- disinfectants (sowing and gardening material) and rodenticides, studies are conducted on earthworms, soil microorganisms and birds;
- plant growth regulators (seed treatment) – on earthworms and soil microorganisms; biological preparations, including bacterial (seed treatment) – on earthworms;
- plant growth regulators and biological products, including bacterial (plant treatment) – on earthworms, soil microorganisms and bees;
- fertilizers – on earthworms and soil microorganisms;
- pheromones – only on bees;
- fumigants – ecotoxicity studies are not required.

The choice of mandatory test objects for various plant protection products is determined by their purpose, conditions of application, and contact with the environment. For example, for groups of pesticides applied by spraying plants, where contact with various environments is possible – soil, air, water, toxicity is determined for the main objects of all environmental environments. For fumigants, ecotoxicity studies are not required, since fumigation is carried out in a closed space, which prevents contact of the pesticide with objects of the aquatic and soil ecosystems.

According to the Resolutions of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 295 and No. 966 On the Procedure for Authorizing Institutions to Conduct State Tests for the Purpose of Biological, Ecological, and Toxicological and Hygienic Assessment for the Purpose of State Registration of Pesticides and Agrochemicals, a well-organized scientific and research base using modern, informative, and validated methods of ecotoxicity and long-term effects studies is necessary.

Authorized institutions must have the sufficient number of qualified specialists, appropriate premises, equipment and

приладів, умови утримання біологічних тест-систем, приміщення для проведення екотоксикологічних досліджень. Експерти повинні мати відповідну кваліфікацію, глибокі знання і практичні навички щодо проблеми.

Згідно з вище переліченими керівними документами можна зазначити основні вимоги до проведення екотоксикологічних досліджень:

1. Дослідження мають здійснювати тільки акредитовані та уповноважені установи, в яких на високому рівні організовані контроль, а також система якості досліджень.

2. Дослідження мають проводитися за єдиними рекомендованими методами ОЕСР, для порівняння і адекватної оцінки результатів.

3. Використовувати тільки стандартизовані та сертифіковані тест-об'єкти:

- щодо досліджень на ґрунтових мікроорганізмах, у протоколах і звітах має бути описаний тип ґрунту, вказане місце відбору, ґрунт має бути без хімічної та пестицидної обробки мінімум 2 роки;
- у дослідженнях на хробаках перевага надається дощовим каліфорнійським особинам;
- водорості мають бути з відомих міжнародних або національних колекцій, визначені конкретні види для екотоксикологічних досліджень;
- залежно від поставлених задач, дослідження на птахів можуть бути виконані на різних видах. Однак при визначенні гострої токсичності перевага може бути надана японським перепелам або найпоширенішому виду пернатих;
- для ракоподібних дослідження проводяться переважно на дафніях, обов'язково самках віком 24 години.

4. Пошукачі мають дотримуватися сезонності досліджень і часу експозиції:

- що стосується сезонності, то дослідження на бджолах повинні проводитися в період їхньої природної активності – з травня по жовтень;
- час експозиції для кожного тест-об'єкту різний (24-96 годин) і визначений у відповідних рекомендаціях ОЕСР.

5. Використання стандартних (токсичних для досліджуваного тест-об'єкту) референс-речовин, що необхідно для визначення валідності тесту.

6. Важливою вимогою є дотримання мікроклімату як у приміщеннях утримання тварин, так і в процесі дослідження токсичності.

devices, conditions for maintaining biological test systems, and premises for conducting ecotoxicological studies. Experts must have appropriate qualifications, in-depth knowledge and practical skills in the field.

According to the above-listed guidance documents, the following basic requirements for conducting ecotoxicological studies can be noted:

1. Research should be carried out only by accredited and authorized institutions that have a high level of control and research quality system.

2. Research should be conducted using the same OECD recommended methods for comparison and adequate assessment of results.

3. Use only standardized and certified test objects:

- regarding research on soil microorganisms, the protocols and reports must describe the type of soil, indicate the location of sampling, and the soil must be free of chemical and pesticide treatment for at least 2 years;
- in studies on worms, preference is given to Californian Red Worm;
- algae must be from known international or national collections, specific species identified for ecotoxicological studies;
- depending on the objectives, studies on birds can be performed on different species. However, when determining acute toxicity, preference may be given to Japanese quail or the most common species of birds;
- for crustaceans, studies are conducted mainly on daphnia, necessarily females aged 24 hours.

4. Researchers must adhere to the seasonality of research and exposure time:

- regarding seasonality, research on bees should be conducted during their natural activity period – from May to October;
- the exposure time for each test object is different (24–96 hours) and is specified in the relevant OECD recommendations.

5. Use of standard (toxic to the test object under study) reference substances, which is necessary to determine the validity of the test.

6. An important requirement is to maintain the microclimate both in the animal housing and during toxicity testing.

7. Обов'язкове проведення хіміко-аналітичних досліджень вмісту діючих речовин препаратів у водних середовищах досліджуваних тест-об'єктів для підтвердження тестових концентрацій препарату.

8. Обов'язковою умовою належних досліджень екотоксичності поллютантів для біологічних тест-систем є суворе дотримання стандартів GLP («Good Laboratory Practice»), Належна лабораторна практика), які включають систему норм, правил та вказівок, спрямованих на забезпечення узгодженості та достовірності результатів лабораторних досліджень [9].

Екотоксикологічна оцінка діючих речовин пестицидів та їхніх препаративних форм включає дослідження гострої та хронічної токсичності для різних груп організмів, таких як водні організми (риби, ракоподібні, водорості), ґрунтові (дощові хробаки та мікроорганізми), наземні (птахи, бджоли, ссавці).

Критеріями гострої токсичності для нецільових об'єктів є LC_{50} або EC_{50} (відповідно до летальної або ефективної концентрації, що призводить до смерті/ефекту 50 % організмів). Це дозволяє встановити клас небезпеки препарату та межю, при перетині якої пестицид може бути небезпечним для живих організмів. Слід зауважити, що в дослідженнях токсичності на дощових хробаках на даний час в ЄС перевагу віддають тесту ОЕСР 222 репродуктивна токсичність, замість гострої токсичності (тест ОЕСР 207). Тест ОЕСР 222 дає можливість оцінити як гостру токсичність, так і хронічний вплив, а також репродуктивну функцію хробака.

Критеріями хронічної токсичності для нецільових об'єктів є експериментально встановлені нешкідливі дози/концентрації – NOEL/NOEC (No observed effect level/concentration).

Одержані параметри гострої та хронічної токсичності в подальшому використовуються для оцінки потенційного ризику шкідливого впливу пестициду на довкілля.

Для оцінки ризику впливу хімічних речовин у світовій екотоксикологічній практиці керуються наступними настановами:

- Настанова з наземної екотоксикології – Guidance Document on Terrestrial Ecotoxicology Under Council Directive 91/414/EEC, SANCO/10329/2002;
- Настанова з оцінки ризику для птахів та ссавців – Guidance Document on Risk

7. Chemical-analytical studies of the content of active substances of preparations in the aqueous environments of the studied test objects are mandatory to confirm the test concentrations of the preparation.

8. A prerequisite for proper ecotoxicity studies pollutants for biological test systems is strict adherence to GLP (Good Laboratory Practice) standards, which include a system of norms, rules and guidelines aimed at ensuring the consistency and reliability of laboratory research results [9].

Ecotoxicological assessment of pesticide active ingredients and their formulations includes studies of acute and chronic toxicity to various groups of organisms, such as aquatic organisms (fish, crustaceans, algae), soil organisms (earthworms and microorganisms), and terrestrial organisms (birds, bees, mammals).

The criteria for acute toxicity to non-target organisms are LD_{50} or EC_{50} (respectively the lethal or effective concentration that causes death/effect in 50% of organisms). This allows establishing the hazard class of the preparation and the limit, when crossed, which the pesticide may be dangerous for living organisms. It should be noted that in toxicity studies on earthworms, the OECD 222 reproductive toxicity test is currently preferred in the EU, instead of acute toxicity (OECD 207 test). The OECD 222 test allows assessing acute toxicity and chronic effects, as well as the reproductive function of the worm.

The criteria for chronic toxicity for non-target objects are experimentally established no-harmful doses/concentrations – NOEL/NOEC (No observed effect level/concentration).

The obtained acute and chronic toxicity parameters are subsequently used to assess the potential risk of harmful effects of the pesticide on the environment.

To assess the risk of exposure to chemicals, global ecotoxicological practice is guided by the following guidelines:

- Terrestrial Ecotoxicology Guidance – Guidance Document on Terrestrial Ecotoxicology Under Council Directive 91/414/EEC, SANCO/10329/2002;
- Guidance on risk assessment for birds and mammals – Guidance Document on Risk Assessment for Birds & Mammals on

Assessment for Birds & Mammals on request from EFSA (EFSA Journal 2009; 7(12):1438), яка створена на основі переглянутої на вимогу EFSA настанови Guidance Document on Risk Assessment for Birds and Mammals Under Council Directive 91/414/EEC, SANCO/4145/2000;

- Настанова оцінки ризику для бджіл – Guidance on the risk assessment of plant protection products on bees (*Apis Mellifer*, *Bombus* spp. and solitary bees) (EFSA Journal 2013; 11(7):3295);
- Настанова з оцінки ризику для водних організмів – Guidance on tiered risk assessment for plant protection products for aquatic organisms in edge of-field surface waters (EFSA Journal 2013; 11(7):3290), яка створена на основі переглянутої на вимогу EFSA настанови Guidance Document on Aquatic Ecotoxicology in the context of the Directive 91/414/EEC, SANCO/3268/2001.

Ризик оцінюється з використанням кінцевих токсикологічних точок, а саме для гострого ризику це величини LD_{50}/EC_{50} , а для хронічного ризику – NOEL/NOEC та запропонованої норми витрат препарату за призначенням.

Для оцінки потенційного ризику зазвичай використовують коефіцієнти, які поєднують експозицію та ефект. Так, для наземних хребетних та дощових хробаків використовується коефіцієнт TER (Toxicity to Exposure Ratio) – співвідношення токсичності до експозиції. У такому випадку чим більший показник TER, тим більша безпека, тобто нижчий ризик. Тригерні значення TER для гострого ризику понад 10, для довготривалого – понад 5.

Для бджіл та інших членистоногих використовується коефіцієнт HQ (Hazard Quotients) – співвідношення експозиції до токсичності, у цьому випадку чим вище значення HQ, тим більший ризик. Тригерне значення HQ, за яким приймається рішення, ризик для бджіл прийнятний менше 50.

Для водних об'єктів попередній ризик також оцінюється за коефіцієнтами TER з критичними значеннями для гострого ризику понад 100, для довготривалого – понад 10.

Якщо встановлені значення TER нижче тригерних значень, то проводиться уточнююча оцінка ризику, та оцінка вищого рівня (багаторівнева оцінка ризику) для кожного виду тест-об'єктів. Наприклад, для пта-

request from EFSA (EFSA Journal 2009; 7(12):1438), which is based on the revised Guidance document requested by EFSA Document on Risk Assessment for Birds and Mammals Under Council Directive 91/414/EEC, SANCO/4145/2000;

- Bee Risk Assessment Guidance – Guidance on the risk assessment of plant protection products on bees (*Apis Mellifer*, *Bombus* spp. and solitary bees) (EFSA Journal 2013; 11(7):3295);
- Guidance on risk assessment for aquatic organisms – Guidance on tiered risk assessment for plant protection products for aquatic organisms in edge off-field surface waters (EFSA Journal 2013; 11(7):3290), which is based on the revised guidance document requested by EFSA Guidance Document on Aquatic Ecotoxicology in the context of the Directive 91/414/EEC, SANCO/3268/2001. Risk is assessed using toxicological endpoints, namely for acute risk these are LD_{50}/EC_{50} values, and for chronic risk – NOEL/NOEC and the proposed rate of consumption of the preparation according to the intended purpose.

To assess potential risk, factors that combine exposure and effect are commonly used. For example, for terrestrial vertebrates and earthworms, the TER (Toxicity to Exposure Ratio) factor is used – the ratio of toxicity to exposure. In this particular instance, an elevated TER is indicative of enhanced safety, that is to say, a diminished risk. Trigger values of TER for acute risk are above 10, for long-term risk – above 5.

For bees and other arthropods, the HQ (Hazard Quotients) coefficient is used – the ratio of exposure to toxicity, in this case the higher the HQ value, the greater the risk. The trigger value of HQ, at which the decision is made, the risk to bees acceptable is less than 50.

For water bodies, the preliminary risk is also assessed using TER coefficients with critical values for acute risk exceeding 100, and for long-term risk exceeding 10.

If the set TER values are below the trigger values, a refined risk assessment is carried out, and a higher-level assessment (multi-level risk assessment) is carried out for each

хів та ссавців – оцінка ризику при надходженні речовини з продуктами харчування та питною водою; для водних об'єктів розраховується ризик за різними покроковими сценаріями (1-2-3-4 рівня), виходячи з прогнозованої концентрації в поверхневих або ґрунтових водах (PEC – predicted environmental concentration) та нормативно прийнятої концентрації (RAC – regulatory acceptable concentrations).

Слід відзначити, що оцінка ризику визначається для всіх діючих речовин препарату, їхніх важливих метаболітів та самої препаративної форми.

Оцінка ризику для водних об'єктів проводиться відповідно до покровових сценаріїв FOCUS (FOrum for the Co-ordination of pesticide fate models and their USE) – Форум для координації моделей долі пестицидів і їхнього використання. Це набір стандартизованих сценаріїв моделювання дрейфу, який включає шляхи дренажу та стоку в поверхневій воді. Сценарії FOCUS базуються на багаторівневій послідовності етапів оцінки впливу, а саме:

- КРОК 1 (Focus step 1): одноразове застосування, фіксований сценарій (найгірші навантаження);
- КРОК 2 (Focus step 2): багаторазове застосування, враховуючи регіональні відмінності в Європі;
- КРОК 3 (Focus step 3): розширене моделювання, конкретних європейських сценаріїв (з використанням реалістичних найгірших ґрунтів, топографії, водойм, клімату, агрономії);
- КРОК 4 (Focus step 4): локалізована оцінка ризику, включаючи потенційні заходи пом'якшення.

Ризик оцінюється за співвідношенням прогнозованої концентрації в поверхневих водах і нормативно прийнятої концентрації, ризик вважається прийнятним, якщо отримане значення менше 1 (співвідношення $PEC/RAC < 1$, $RAC \geq PEC_{SW}$). Для інших нецільових об'єктів навколишнього середовища оцінку ризику проводять за аналогічною процедурою.

Нами проведена екотоксикологічна оцінка нових препаративних форм пестицидів, що заявлені на реєстрацію в Україні на різних тест-об'єктах: ґрунтові мікроорганізми, дощові хробаки, бджоли, птахи, дафнії, водорості та риби (див. табл. 2).

type of test object. For example, for birds and mammals – a risk assessment for the intake of the substance with food and drinking water; for aquatic objects, the risk is calculated according to different step-by-step scenarios (levels 1-2-3-4), based on the predicted concentration in surface or groundwater (PEC – predicted environmental concentration) and regulatory accepted concentration (RAC).

It should be noted that the risk assessment is determined for all active ingredients of the preparation, their important metabolites, and the formulation itself.

The risk assessment for water bodies is carried out according to the step-by-step FOCUS scenarios (FOrum for the Coordination of pesticide fate models and their USE). This is a set of standardized drift modeling scenarios that include drainage and runoff pathways to surface waters. The FOCUS scenarios are based on a multi-level sequence of exposure assessment steps, namely:

- STEP 1 (Focus step 1): one-time application, fixed scenario (worst case loads);
- STEP 2 (Focus step 2): multiple applications, taking into account regional differences in Europe;
- STEP 3 (Focus step 3): advanced modeling, specific European scenarios (using realistic worst-case soils, topography, water bodies, climate, and agronomy);
- STEP 4 (Focus step 4): localized risk assessment, including potential mitigation measures.

The risk is assessed by the ratio of the predicted concentration in surface waters to the normatively accepted concentration, the risk is considered acceptable if the resulting value is less than 1 ($PEC/RAC \text{ ratio} < 1$, $RAC \geq PEC_{SW}$). For other non-target environmental objects, the risk assessment is carried out using a similar procedure.

We conducted an ecotoxicological assessment of new preparative forms of pesticides that are applied for registration in Ukraine on various test objects: soil microorganisms, earthworms, bees, birds, daphnia, algae, and fish (See Table 2).

Параметри токсичності та класи небезпечності нових препаративних форм пестицидів
для нецільових об'єктів / Toxicity parameters and hazard classes
of new pesticide formulations for non-target objects

Назва препара- ту та його призначення / Name of the preparation and its purpose	Діючі речови- ни препаратів / Active ingre- dients of the preparation	LD ₅₀ , EC ₅₀ * / (клас небезпечності**)						
		Риби гуппі <i>Poecilia reticulata</i> / Guppy fish <i>Poecilia reticulata</i>	Дафнії <i>Daphnia magna</i> / <i>Daphnia Daphnia magna</i>	Водорості <i>Chlorella vulgaris</i> / Algae <i>Chlorella common</i>	Бджоли <i>Apis mel- lifera</i> / Bees <i>Apis honey bee</i>	Дощові хробаки <i>Eisenia fetida</i> / Earth- worms <i>Eisenia fetida</i>	Ґрунтові мікроорга- нізми# / Soil micro- organisms#	Птахи <i>Coturnix Japonica</i> / Birds <i>Coturnix Japonica</i>
Сабер, ВГ – гербіцид / Saber, WG – herbicide	трибенурон- метил + фло- расулам + флуметсулам / tribenuron- methyl+ florasulam+ flumetsulam	> 100 (н/к) / > 100 (n/c)	> 100 (н/к) / > 100 (n/c)	64,4 (3)	> 120 (н/к) / > 120 (n/c)	> 1000 (н/к) / > 1000 (n/c)	< 25 % при 0,073 і 0,73 (3) / < 25 % at 0.073 and 0.73 (3)	> 2000 (н/к) / > 2000 (n/c)
Скорпіон Максі, РК – десикант / Scorpion Maxi, SL – desiccant	дикват дибромід / diquat dibromide	> 100 (н/к) / > 100 (n/c)	2.61 (2)	0.026 (1)	106.14 (3)	> 1000 (н/к) / > 1000 (n/c)	< 25% при 2.3 і 23.0 (3) / < 25 % at 2.3 and 23.0 (3)	685.4 (3)
Торсида, КЕ – інсектицид / Torsida, EC – insecticide	λ-цигалотрин / λ-cyhalothrin	0.01 (1)	0.003 (1)	> 400 (н/к) / > 400 (n/c)	0.63 (1)	406 (3)	< 25 % при 0.13 і 1.3 (3) / < 25 % at 0.13 and 1.3 (3)	464 (3)
Президент, КС – інсекти- цид / President, SC - insecticide	імідаклопрід + λ-цигалотрин + ацетаміпрід / imidacloprid+ λ-cyhalothrin+ acetamiprid	0.25 (1)	0.051 (1)	> 640 (н/к) / >640 (n/c)	0.84 (1)	59 (2)	< 25 % при 0.53 і 5.3 (3) / < 25 % at 0.53 and 5.3 (3)	97.2 (3)
Готика, КС – інсектицид / Gotica, SC – insecticide	λ-цигалотрин + тіаметоксам / λ-cyhalothrin +thiamethoxam	0.12 (1)	0.036 (1)	>640 (н/к) / >640 (n/c)	0.162 (1)	427 (3)	< 25 % при 0.53 і 5.3 (3) / < 25 % at 0.53 and 5.3 (3)	1415.4 (н/к) / > 1415.4 (n/c)
Боксер, КС – інсектицид / Boxer, SC – insecticide	λ-цигалотрин+ ацетаміпрід / λ-cyhalothrin+ acetamiprid	0.052 (1)	0.036 (1)	8.9 (2)	0.76 (1)	4.81 (1)	< 25 % при 0.26 і 2.6 (3) / < 25 % at 0.26 and 2.6 (3)	227.3 (3)
Беркут форте, КС – фунгіцид / Berkut forte, SC – fungicide	Тебуконазол / tebuconazole	5.0 (2)	3.5 (2)	> 320 (н/к) / > 320 (n/c)	26.4 (3)	>1000 (н/к) / >1000 (n/c)	< 25 % при 1.3 і 13.0 (3) / < 25 % at 1.3 and 13.0 (3)	> 2000 (н/к) / > 2000 (n/c)

Параметри токсичності та класи небезпечності нових препаративних форм пестицидів
для нецільових об'єктів / Toxicity parameters and hazard classes
of new pesticide formulations for non-target objects

Назва препара- ту та його призначення / Name of the preparation and its purpose	Діючі речови- ни препаратів / Active ingre- dients of the preparation	LD ₅₀ , EC ₅₀ * / (клас небезпечності**)						
		Рибі гуппі <i>Poecilia reticulata</i> / Guppy fish <i>Poecilia reticulata</i>	Дарнії <i>Daphnia magna</i> / <i>Daphnia magna</i>	Водорості <i>Chlorella vulgaris</i> / Algae <i>Chlorella common</i>	Бджоли <i>Apis mel- lifera</i> / Bees <i>Apis honey bee</i>	Дощові хробаки <i>Eisenia fetida</i> / Earth- worms <i>Eisenia fetida</i>	Ґрунтові мікроорга- нізми# / Soil micro- organisms#	Птахи <i>Coturnix Japonica</i> / Birds <i>Coturnix Japonica</i>
Тумен, ТН – протруйник насіння / Tumen, FS – seed treat- ment agent	дифенокона- зол, + азоксистробін / difenocona- zole, +azoxystrobin	н.п. / n.r.	н.п. / n.r.	н.п. / n.r.	н.п. / n.r.	429.4 (3)	< 25 % при 0.04 і 0.4 (3) / < 25% at 0.04 and 0.4 (3)	> 2000 (н/к) / > 2000 (n/c)
Бакаш, ТН – протруйник насіння / Bakash, FS - seed treat- ment agent	Тіаметоксам + дифенокона- зол + азокси- стробін + іма- заліл / Thiamethoxam +difenocona- zole+azoxys- trobin+ imazalil	н.п. / n.r.	н.п. / n.r.	н.п. / n.r.	н.п. / n.r.	> 1000 (н/к) / 1000 (n/c)	< 25 % при 0.32 і 3.2 (3) / < 25% at 0.32 and 3.2 (3)	485.3 (3)

Примітка: н/к – не класифікується, н.п. – дослідження не потребуються, * - мг/л для водних об'єктів, мкг/бджолу, мг/кг штучного сухого ґрунту, мг/кг маси тіла, # - максимальна норма витрат мкг/кг ґрунту, ** - класифікація для об'єктів водної [7] та наземної [8] екосистем.

Note: n/c – not classified, n.r. – studies not required, * – mg/l for aquatic objects, µg/bee, mg/kg of artificial dry soil, mg/kg of body weight, # – maximum rate of consumption, mg/kg soil, ** – classification for objects in aquatic [7] and terrestrial [8] ecosystems

Як видно з табл. 2, досліджені препарати Сабер, ВГ; Готика, КС; Беркут форте, КС, Тумен, ТН для птахів та Сабер, ВГ; Скорпіон Максі, РК; Беркут форте, КС; Бакаш, ТН для дощових хробаків, згідно з Глобальною гармонізованою класифікацією (GHS) [8] не класифікуються (тобто малотоксичні), інші препарати для птахів і дощових хробаків є «шкідливими» речовинами (3 клас небезпечності), за винятком препаратів Боксер, КС та Президент, КС, які є «дуже токсичні» та «токсичні» для дощових хробаків і відносяться до 1 та 2 класу небезпечності, відповідно.

Вивчення впливу наданих препаративних форм пестицидів на життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів у тестах на трансформацію азоту та вуглецю в ґрунті показало, що

As can be seen from Table 2, the studied preparations Saber, WG; Gotika, SC; Berkut forte, SC, Tumen, FS for birds and Saber, WG; Scorpion Maxi, SL; Berkut forte, SC; Bakash, FS for earthworms, according to the Globally Harmonized Classification (GHS) [8] are not classified (i.e., low-toxic), other preparations for birds and earthworms are harmful substances (hazard class 3), with the exception of the preparations Boxer, SC and President, SC, which are highly toxic and toxic for earthworms and belong to hazard classes 1 and 2, respectively.

The study of the effect of the provided preparative forms of pesticides on the vital activity of soil microorganisms in tests for the transformation of nitrogen and carbon in

концентрації нітратного азоту та вуглецю в досліджуваних зразках ґрунту не відрізнялись від контролю більше ніж на 25 %, що свідчить про відсутність істотного впливу на ґрунтові мікроорганізми. Відповідно до Глобальної гармонізованої класифікації (GHS) [8] для ґрунтових мікроорганізмів досліджені препарати відносяться до 3 класу небезпечності за хронічною токсичністю та описуються як «шкідливі з довготривалими наслідками».

Серед наземних тест-систем найбільш вразливі до впливу пестицидів були бджоли. За гострою токсичністю для бджіл препарати: Торсида, КЕ; Президент, КС; Готика, КС та Боксер, КС відносяться до 1 класу небезпечності. За призначенням вони є інсектицидами та їхня токсичність обумовлена діючими речовинами, що за хімічною будовою відносяться до піретроїдів (лямбда-цигалотрин і біфентрин) і неонікотиноїдів (імідаклоприд, ацетаміприд і тіаметоксам), які є високотоксичними для бджіл через нейропаралітичну дію [10]. Гербіцид Сабер, ВГ; десикант Скорпіон Максі, РК та фунгіцид Беркут форте, КС є малонебезпечними для бджіл.

Для водних тест-систем (риби і дафнії) інсектициди Торсида, КЕ; Президент, КС; Готика, КС і Боксер, КС за гострою токсичністю відносяться до 1 класу небезпечності, фунгіцид Беркут форте, КС та десикант Скорпіон Максі, РК (для дафній) – до 2 класу небезпечності [7]. Препарат Сабер, ВГ для риб і дафній та препарат Скорпіон Максі, РК для риб – не класифікуються, оскільки величини EC_{50} виходять за рамки 3 класу небезпечності. Найбільш токсичну дію на риб і дафній справляли інсектициди, у складі яких містилися піретроїди та неонікотиноїди.

Для водоростей найбільш небезпечним серед досліджених препаратів є десикант на основі дикват диброміду – Скорпіон Максі, РК, що пов'язане з його цільовим призначенням. Завдяки контактній селективній дії на рослинний організм, дикват дибромід порушує цілісність мембран, руйнує тканини через перекисну трансформацію насичених жирних кислот, що входять до їхнього складу, та швидко викликає загибель водоростей або рослин [11]. Інші досліджені препарати є малотоксичними для водоростей, за винятком препарату Боксер, КС (2 клас небезпечності).

the soil showed that the concentrations of nitrate nitrogen and carbon in the studied soil samples did not differ from the control by more than 25%, which indicates the absence of a significant effect on soil microorganisms. According to the Globally Harmonized Classification (GHS) [8] for soil microorganisms, the studied preparations belong to the 3rd hazard class for chronic toxicity and are described as harmful with long-term effects.

In the ground test systems, bees were the most vulnerable to the effects of pesticides. In terms of acute toxicity to bees, the preparations Torsida, EC; President, SC, Gotika, SC and Boxer, SC belong to the 1st hazard class. By purpose, they are insecticides and their toxicity is due to active substances, which by chemical structure belong to pyrethroids (lambda-cyhalothrin and bifenthrin) and neonicotinoids (imidacloprid, acetamiprid and thiamethoxam), which are highly toxic to bees due to neuroparalytic action [10]. Herbicide Saber, WG; desiccant Scorpion Maxi, SL and fungicide Berkut forte, SC are of low hazardousness to bees.

For aquatic test systems (fish and daphnia), the insecticides Torsida, EC; President, SC; Gotika, SC and Boxer, SC are classified as Acute Toxicity Category 1 based on their acute toxicity; the fungicide Berkut forte, SC and the desiccant Scorpion Maxi, SL (for daphnia) are classified as Acute Toxicity Category 2 [7]. The preparation Saber, WG for fish and daphnia and the preparation Scorpion Maxi, SL for fish are not classified, as their EC values exceed the threshold for Acute Toxicity Category 3. The most toxic effect on fish and daphnia was exerted by insecticides containing pyrethroids and neonicotinoids.

The most harmful of the tested preparations for algae is a desiccant based on diquat dibromide Scorpion Maxi, SL, which is associated with its intended purpose. Due to the contact selective action on the plant organism, diquat dibromide disrupts the integrity of membranes, destroys tissues through the peroxidative transformation of saturated fatty acids that are part of them, and quickly causes the death of algae or plants [11]. Other tested preparations are of low toxicity to algae, with the exception of the preparation Boxer, SC (hazard class 2).

Як видно з результатів досліджень, найбільш чутливими до впливу є представники водної екосистеми та бджоли. Отже, при застосуванні цих препаратів ми рекомендуємо заходи щодо захисту від їхнього прямого попадання у водойми поблизу ділянок, що обробляються, через можливе знесення з повітрям та поверхневими водами (зокрема, встановлення буферної зони).

Грунтуючись на результатах досліджень ми надали рекомендації щодо можливості використання нових препаративних форм пестицидів у сільському господарстві України за призначенням із суворим дотриманням гігієнічних регламентів.

Висновки

1. Узагальнено основні вимоги щодо екотоксикологічних досліджень та оцінено небезпечність пестицидів для нецільових тест-об'єктів довкілля. Обсяг екотоксикологічних досліджень для різних засобів захисту рослин обумовлений їхнім призначенням, умовами застосування, контактом з навколишнім середовищем. Проведення екотоксикологічних досліджень повинно базуватись на єдиних рекомендованих методах ОЕСР, з дотриманням стандартів GLP, які включають систему норм, правил та вказівок, спрямованих на забезпечення узгодженості та достовірності результатів лабораторних досліджень.

2. Серед вивчених препаратів найбільш токсичними (1 клас небезпечності) є інсектициди: Торсида, КЕ; Президент, КС; Готика, КС і Боксер, КС. Найчутливішими видами до цих препаратів є риби, ракоподібні та бджоли, що обумовлено наявністю в їхньому складі піретроїдів та неонікотиноїдів.

3. Для водоростей найбільш токсичним (1 клас небезпечності) є препарат на основі дикват диброміду – Скорпіон Максї, РК, що обумовлено його цільовим призначенням.

4. Для птахів, ґрунтових мікроорганізмів і дощових хробаків всі досліджені препарати відносяться до 3 класу небезпечності або не класифікуються, за винятком препаратів Боксер, КС та Президент, КС, які за гострою токсичністю для дощових хробаків відносяться до 1 і 2 класу небезпечності, відповідно.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

As can be seen from the research results, the most sensitive to the effects are representatives of the aquatic ecosystem and bees. Therefore, when using these preparations, we recommend measures to protect them from direct contact with water bodies near the treated areas due to possible drift with air and surface waters (in particular, the establishment of a buffer zone).

Based on the research results, we provided recommendations on the possibility of using new preparative forms of pesticides in Ukrainian agriculture for their intended purpose with strict adherence to hygiene regulations.

Conclusions

1. The main requirements for ecotoxicological studies are summarized and the hazardousness of pesticides to non-target environmental test objects is assessed. The scope of ecotoxicological studies for various plant protection products is determined by their purpose, conditions of use, and contact with the environment. Conducting ecotoxicological studies should be based on the single recommended OECD methods, in compliance with GLP standards, which include a system of norms, rules, and guidelines aimed at ensuring the consistency and reliability of laboratory research results.

2. Among the studied preparations, the most toxic (hazard class Acute 1) are the insecticides Torsida, EC; President, SC; Gotica, SC and Boxer, SC. The most sensitive species to these preparations are fish, crustaceans and bees, which is due to the presence of pyrethroids and neonicotinoids in their composition.

3. For algae, the most toxic preparation (hazard class Acute 1), due to its intended use, is the diquat dibromide based preparation Scorpion Maxi, SL.

4. For birds, soil microorganisms and earthworms, all tested preparations either belong to hazard class 3 or are not classified, with the exception of the preparations Boxer, SC and President, SC, which, in terms of acute toxicity for earthworms, belong to hazard classes Acute 1 and Acute 2, respectively.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ/REFERENCES

1. Челядин ЛІ, Григорчук ЛІ, Челядин ВЛ. Чинники і ризики забруднення довкілля та їх вплив на показник екологічної безпеки об'єкта. Науковий вісник ІФНТУНГ. 2009;1(19):45–50. [Chelyadyn L, Hryhorchuk L, Chelyadyn V. Factors and risks of environmental pollution and their impact on the environmental safety indicator of the object. IFNTUNG scientific bulletin. 2009;1(19):45–50].
2. Дудник СВ, Євтушенко МЮ. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування [Монографія] К.: Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. – 297 с. ISBN 978-966-306-176-3. [Dudnyk S, Yevtushenko M. Water toxicology: basic theoretical provisions and their practical application [Monograph] K.: Publication of the Ukrainian phytosociological center, 2013. – 297 p. ISBN 978-966-306-176-3].
3. Власова ОГ, Секун МП, Зацеркляна МД. Токсикологія інсектицидів – теорія, втілена в практику. Захист і карантин рослин. 2021;(67):98–114. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2021.67.98-114>. [Vlasova O, Sekun M, Zatserkliana M. Toxicology of insecticides — theory, implemented in practice. Interdepartmental Thematic Scientific Collection of Phytosanitary Safety, 2021;(67):98-114. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2021.67.98-114>].
4. Екологічна та біологічна безпека України: колективна монографія. За науковою редакцією ОІ. Дребот, АІ. Парфенюк. Київ:Видавництво НУБІП України, 2022. 322 с. ISBN 978-617-8102-95-1. [Ecological and biological security of Ukraine: collective monograph. According to the scientific editorship of O.I. Drebot, A.I. Parthenyuk. Kyiv: NUBIP Publishing House of Ukraine, 2022. 322 p. ISBN 978-617-8102-95-1].
5. Колесник НЛ. Токсичний вплив пестицидів на біоту прісних водойм України (огляд). Рибогосподарська наука України. 2015;4(34):31–53. DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/fsu2015.04.031>. [Kolesnyk N. Toxic effect of pesticides on the biota of freshwater reservoirs of Ukraine (review). Fisheries science of Ukraine. 2015;4(34):31–53. DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/fsu2015.04.031>].
6. Филичук ТВ, Ситнікова ІО. Оцінка екоотоксичності пестицидів з використанням тваринних тест-організмів. Biological systems. 2019;11(1):71–80. DOI: <https://doi.org/10.31861/biosystems2019.01.071>. [Fylypchuk T, Sytnikova I. The estimation of pesticides toxicity with the help of zoostest method. Biological systems. 2019;11(1):71–80. DOI: <https://doi.org/10.31861/biosystems2019.01.071>].
7. Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals. Part 4-Environmental Hazards. Hazardous to the aquatic environment. GHS Rev. 10, 2023. P.245-266.
8. Environmental Hazards, Classification criteria for the terrestrial environment. Sub-Committee of Experts on the Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals, Twelfth session, 12 (p.m)-14 July 2006 Item 2 (c) of the provisional agenda. UN (United Nations - Committee of Experts on TDG and GHS), UN/SCEGHS/12/INF/5, 2006. DOI: <https://doi.org/10.18356/011c14a3-en>
9. Handbook: good laboratory practice (GLP): quality practices for regulated non-clinical research and development – 2nd ed.. World Health Organization, Geneva. 2009. 328 pp.
10. Liu Q, He Q, Zhang S, Chai Y, Gao Q, Xiao J, et al. Toxic effects of detected pyrethroid pesticides on honeybee (*Apis mellifera ligustica* Spin and *Apis cerana cerana* Fabricius). Sci Rep. 2022;12(1):16695. DOI: 10.1038/s41598-022-20925-x.
11. Diquat dibromide. Risk characterization document. California Environmental Protection Agency, Department of Pesticide Regulation. 1994.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Васецька Олеся Петрівна – кандидат біологічних наук, завідувачка відділу «Інститут екоотоксикологічних досліджень» Державного підприємства «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І. Медведя Міністерства охорони здоров'я України». Адреса: вул. Героїв Оборони, 6, 03127, м. Київ, Україна. Email: o.vasetska.medved@gmail.com. ORCID 0000-0002-1919-8593.

Деміч Анна Анатоліївна – наукова співробітниця завідувачка відділу «Інститут екоотоксикологічних досліджень» Державного підприємства «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І. Медведя Міністерства охорони здоров'я України». Адреса: вул. Героїв Оборони, 6, 03127, м. Київ, Україна. Email: anna.demich.medved@gmail.com. ORCID 0000-0003-3728-7407.

Проданчук Микола Георгійович – доктор медичних наук, професор, член-кореспондент НАМН України, директор Державного підприємства «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І. Медведя Міністерства охорони здоров'я України». Адреса: вул. Героїв Оборони, 6, 03127, м. Київ, Україна. ORCID: 0000-0002-9229-9761.

Жмінько Петро Григорович – доктор біологічних наук, завідувач відділу «Інститут експериментальної токсикології та медико-біологічних досліджень», Державного підприємства «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І. Медведя Міністерства охорони здоров'я України».

Адреса: вул. Героїв Оборони, 6, 03127, м. Київ, Україна.

ORCID: 0000-0001-7314-9947.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВНЕСОК КОЖНОГО АВТОРА /
INFORMATION ON CONTRIBUTION OF EACH AUTHOR

О.П. Васецька / O. Vasetska ^{A, B, C, D}

А.А. Деміч / A. Demich ^B

М.Г. Проданчук / M. Prodanchuk ^G

П.Г. Жмінько / P. Zhminko ^{A, D, F}

Стаття надійшла до редакції 16.07.2024 р.

Дата рецензування 03.04.2025 та 13.04.2025 р.

Дата публікації (оприлюднення) 01.07.2025 р.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Olesia Vasetska – Candidate of Biological Sciences, Head of the Department of the Institute of Ecotoxicological Research, of the L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety, Ministry of Health, Ukraine (State Enterprise).

Address: 6 Heroiv Oborony St., 03127, Kyiv, Ukraine. Email: o.vasetska.medved@gmail.com.

ORCID 0000-0002-1919-8593.

Anna Demich – Researcher, Head of the Department of the Institute of Ecotoxicological Research, of the L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety, Ministry of Health, Ukraine (State Enterprise). Address: 6 Heroiv Oborony St., 03127, Kyiv, Ukraine.

Email: anna.demich.medved@gmail.com.

ORCID 0000-0003-3728-7407.

Mykola Prodanchuk – Doctor Medical Sciences, 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, Ukraine (State Enterprise).

Address: 6 Heroiv Oborony St., 03127, Kyiv, Ukraine.

ORCID: 0000-0002-9229-9761.

Petro Zhminko – Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of the Institute of Experimental Toxicology and Medical-Biological Research of the L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology, Food and Chemical Safety, Ministry of Health, Ukraine (State Enterprise).

Address: 6 Heroiv Oborony St., 03127, Kyiv, Ukraine.

ORCID: 0000-0001-7314-9947.

The article was received by the editorial office on July 16, 2024

Review date April, 03 and 13, 2025

Publication date July, 01, 2025