

# COMPARATIVE TOXICOLOGICAL AND HYGIENIC ASSESSMENT OF SULFONYLUREA HERBICIDES WITH TRIAZIN HETEROCYCLIC (review and result of our research)

Korshun M.M., Bardov V.G., Korshun O.M., Karpenko V.V.

## ПОРІВНЯЛЬНА ТОКСИКОЛОГО-ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА СУЛЬФОНІЛСЕЧОВИННИХ ГЕРБИЦИДІВ З ТРИАЗИНОВИМ ГЕТЕРОЦИКЛОМ



**КОРШУН М.М.,  
БАРДОВ В.Г.,  
КОРШУН О.М.,  
КАРПЕНКО В.В.**

Інститут гігієни та екології  
Національного медичного  
університету  
ім. О.О. Богомольця,  
м. Київ  
УДК 632.954:613:615.91

**Ключові слова:**  
сульфонілсечовинні  
гербициди, токсиколого-  
гігієнічна оцінка, клас  
небезпечності, стабільність  
у ґрунті та рослинах,  
екотоксикологічний ризик.

держання високих врожаїв у землеробстві разом з агротехнічними та погодними чинниками багато у чому залежить від фітосанітарного стану кожного поля і передбачає регулювання ценозу бур'янів агрохімічними методами за рахунок використання гербицидів [1]. Тривалий час у світовій практиці найширше застосованими залишалися гербициди на основі 2,4-дихлорфеноксіоцтової кислоти та її аналогів. У подальшому знайшли застосування похідні заміщених сечовин, симтриазинів,  $\alpha$ -амінотрихлорпіколінової кислоти, поліхлорбензойних кислот, біпіридилів та урацилових структур [2]. Зазначені гербициди характеризувалися відносно високими нормами витрат для досягнення біологічного ефекту на бажаному рівні, що створювало небезпеку забруднення довкілля їхніми залишковими кількостями. Особливо це стосувалося ре-

човин з підвищеною персистентністю — похідних поліхлорпіколінової кислоти (піклорам), сим-триазинів (симазин, атразин), урацилів (бромацил, тербацил). Крім того, багаторічне застосування тих самих гербицидів на одному полі призвело до формування толерантних (резистентних) до цих препаратів біотипів бур'янів [3].

Суттєвого прогресу було досягнуто з появою нового за механізмом дії покоління гербицидів — інгібіторів біосинтезу амінокислот [4]. Їхній гербицидний ефект зумовлений пригніченням ферменту ацетолактатсинтетази, який є каталізатором першої стадії біосинтезу валіну, лейцину та ізолейцину [5]. Наявність цього ензиму лише у рослин пояснює низьку токсичність гербицидів цього класу для нерослинних організмів, включно з теплокровними тваринами.

Серед інгібіторів біосинтезу амінокислот, крім імідазолінових гербицидів, токсиколого-гігієнічну оцінку яких здійснено нами раніше [6], важливе місце посідають похідні сульфонілсечовини [7, 8], оскільки мають надзвичайно високу активність при досходовому та післясходовому використанні проти більшості широколистих бур'янів та однорічних і багаторічних трав [9, 10].

Сульфонілсечовинні гербициди (ССГ) були відкриті фірмою «Дюпон» наприкінці 70-х років ХХ століття. Нині у світі синтезовано 32 діючі речовини (д.р.) цього хімічного класу з вираженою гербицидною активністю [11]. У Росії зареєстровано понад 30 ССГ на основі 20 д.р. [12]. В Україні розширення асортименту та обсягів застосування ССГ відбувається швидкими темпами: середні щорічні темпи приросту асортименту та обсягів застосування

### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СУЛЬФОНИЛМОЧЕВИННЫХ ГЕРБИЦИДОВ С ТРИАЗИНОВЫМ ГЕТЕРОЦИКЛОМ

(обзор литературы и результаты собственных исследований)

**Коршун М.М., Бардов В.Г., Коршун О.М., Карпенко В.В.**

Установлено, что сульфонилмочевинные гербициды с триазиновым гетероциклом (метсульфурон-метил, просульфурон, триасульфурон, трибенурон-метил, тритосульфурон, трифлусульфурон-метил и хлорсульфурон) по токсикологическим критериям являются умеренно опасными (III класс), только йодсульфурон-метил натрия — опасным (II класс); по стабильности в почве и вегетирующим сельскохозяйственным культурам в почвенно-климатических условиях Украины являются умеренно стойкими (III класс опасности); потенциальный экотоксикологический риск использования препаратов на их основе ниже на 5-6 порядков по сравнению с ДДТ, на 3-4 порядка — с гербицидами, производными симм-триазина, на 2-3 порядка — с шестичленными гетероциклическими гербицидами и на 1-2 порядка — с имидазолиновыми гербицидами.

**Ключевые слова:** сульфонилмочевинные гербициды, токсиколого-гигиеническая оценка, класс опасности, стабильность в почве и растениях, экотоксикологический риск.

© Коршун М.М., Бардов В.Г., Коршун О.М., Карпенко В.В.  
СТАТТЯ, 2010.

ССГ становлять 37,2% і 25,3% відповідно та у 2,0 і 2,5 рази вищі порівняно з іншими гербіцидами [13]. На сьогодні в Україні зареєстровано 75 препаратів класу ССГ на основі 16 д.р., що становить 22% від усіх зареєстрованих гербіцидів [14].

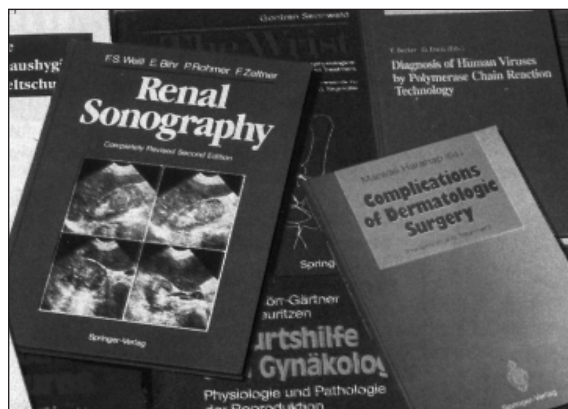
За хімічною структурою молекули сульфонілсечовин складаються з 3-х частин: арилу, сульфонілсечовинного містка та гетероциклу, є заміщеним триазином або піримидином [7, 15].

**Метою роботи** була порівняльна токсиколого-гігієнічна оцінка зареєстрованих в Україні сульфонілсечовинних гербіцидів з триазиновим гетероциклом на підставі аналізу даних літератури та результатів власних досліджень.

**Матеріали та методи досліджень.** Об'єктами дослідження були йодсульфурон-метил натрію, метсульфурон-метил, просульфурон, триасульфурон, трибенурон-метил, тритосульфурон, трифлуосульфурон-метил та хлорсульфурон. Ці 8 д.р. входять до складу 49 препаратів, зареєстрованих в Україні [14]. За хімічною структурою вони належать до ССГ з триазиновим гетероциклом і розрізняються заміщувачами у фенільному та триазиновому кільцях (схема).

Оцінку токсичності для теплокровних лабораторних тварин та небезпечності для людини досліджуваних ССГ здійснювали за даними літератури і матеріалами Інтернет-сайтів згідно з чинною в Україні гігієнічною класифікацією пестицидів [16]. Вивчення поведінки в об'єктах довкілля метсульфурону, триасульфурону, трибенурон-метилу та тритосульфурону проводили методом натурального гігієнічного експерименту протягом 5 вегетаційних сезонів у різних кліматичних зонах України (табл. 1) згідно з [17]. Визначали динаміку залишкових кількостей д.р. ССГ у ґрунті, зеленій масі рослин та зерні пшениці, ячменю, кукурудзи при їх штанговому та авіаційному застосуванні за максимальних норм витрат.

**Результати та їх обговорення.** Дані літературних та електронних джерел свідчать (табл. 2), що досліджувані ССГ є малотоксичними за перо-



## ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ВЛАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

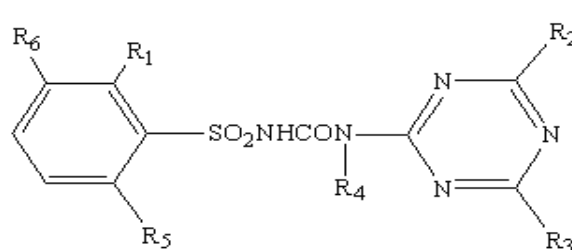
рального та перкутанного надходження, помірно токсичними — за інгаляційного надходження (за виключенням йодсульфурон-метил натрію), не подразнюють або слабо подразнюють шкіру та слизові оболонки, не справляють сенсибілізуючої дії або є слабкими алергенами, малокумулятивні (коефіцієнт кумуляції за критерієм «летальність» понад 5) [18-24]. У тварин не виявлено видової та статевій чутливості до ССГ: коефіцієнт видової резистентності <3, коефіцієнт статевої резистентності <2 [25].

Доведено, що параметри гострої токсичності ССГ визначаються наявністю у молекулі незаміщеного сульфонілсечовинного містка, тоді як хімічна структура арилу та гетероциклу, а також замісників у них практично не впливає на величини середніх смертельних доз та коефіцієнтів кумуляції [24].

Згідно з сучасними гігієнічними класифікаціями пестицидів досліджувані ССГ віднесені до III або IV класу небезпечності,

що свідчить про малу ймовірність гострих отруєнь. Так, за класифікацією пестицидів, розробленою експертами ВООЗ, яка враховує лише 2 критерії (DL<sub>50</sub> за одноразового перорального та перкутанного надходження до організму), просульфурон віднесено до III класу небезпечності, метсульфурон-метил, триасульфурон, трибенурон-метил, трифлуосульфурон-метил та хлорсульфурон віднесені до речовин, які у разі звичайного застосування не являють небезпеки гострого отруєння [18]. За класифікацією US EPA (Агенція з охорони навколишнього середовища, США), яка враховує 5 критеріїв (DL<sub>50</sub> (CL<sub>50</sub>) у гострому експерименті за перорального, перкутанного та інгаляційного надходження, подразнюючу дію на шкіру та слизові оболонки) просульфурон та трибенурон-метил віднесені до III класу, метсульфурон-метил, триасульфурон та хлорсульфурон — до IV класу небезпечності [18]. Згідно з чинною в Україні гігієнічною

Схема  
Хімічна  
структура  
досліджуваних  
ССГ



Речовина	Радикал					
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>
Трифлуосульфурон-метил	CO <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> -	N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> O-	H-	CH <sub>3</sub> -	H-
Тритосульфурон	H-	CH <sub>3</sub> O-	CF <sub>3</sub> -		CF <sub>3</sub> -	
Просульфурон			CH <sub>3</sub> -		CF <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -	
Триасульфурон					Cl(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O-	
Хлорсульфурон					Cl-	
Метсульфурон-метил					CO <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> -	
Трибенурон-метил				CH <sub>3</sub> -		
Йодсульфурон-метил				H-		I-

класифікацією пестицидів [16] йодсульфурон-метил натрію належить до небезпечних (II клас небезпечності), решта досліджуваних сполук — до помірно небезпечних (III клас небезпечності); лімітуючий показник — «інгалаційна токсичність», а також «сенсibiliзуюча дія» для тритосульфурону та трибенурон-метилу.

ССГ за перорального надходження до організму теплокровних тварин швидко адсорбуються, виводяться переважно з сечею та не накопичуються в органах та тканинах. Так, при вивченні токсикокінетики метсульфурон-метилу встановлено, що протягом перших 96 годин елімінується 91% вихідної радіоактивності [19]; екскреція відбувається переважно нирками 78-96%; період напіввиведення ( $T_{50}$ ) становить від 13-16 до 23-29 годин залежно від вве-

деної дози [26]. При введенні щурам  $^{14}\text{C}$ -міченого просульфурону за перші 48 годин виводиться 88% радіоактивності, з яких 2/3 — з сечею, 1/3 — з фекаліями [27];  $T_{50}$  у крові, органах та скелеті становить приблизно 10 годин. При введенні  $^{14}\text{C}$ -міченого тритосульфурону 72-86% вихідної радіоактивності виводиться з сечею, майже 12% — з екскрементами.

В організмі лабораторних тварин ССГ швидко метаболізуються з утворенням значної кількості метаболітів. Так, основними шляхами метаболізму просульфурону є гідроксилювання у бокових ланцюгах і фенільному кільці, О-деметилування триазинової метоксигрупи та утворення подвійного зв'язку у триптофановій групі, внаслідок чого утворюються 14 токсикологічно незначущих метаболітів [28].

Тритосульфурон в організмі щурів метаболізується шляхом гідроксилювання та кон'югації з глюкуроною кислотою з утворенням 20 метаболітів. Серед них у токсикологічному відношенні має значення 2-аміно-4-метокси-6-(трифторметил)-1,3,5-триазин (АМТТ), оскільки у високих дозах індукує пухлини молочної залози у щурів. Доведено, що при біотрансформації тритосульфурону в організмі щурів АМТТ утворюється у кількостях, значно менших за підпорогову дозу, яка становить приблизно 0,3 мг/кг маси тіла.

ССГ притаманна функціональна кумуляція: ширина зони хронічної дії більша за 10 (від 11,7 до 1000), а зона біологічної дії більша за 200 (від 243,4 до 5000) [24]. Це свідчить про можливість хронічного отруєння речовинами цієї хімічної групи у разі тривалого надходження до організму у малих дозах.

У випадку багаторазового надходження до організму теплокровних тварин ССГ спричиняють політропну дію. Так, превалюючими ефектами дії просульфурону у субхронічних (тривалістю 28 та 90 днів) дослідах на щурах та собаках були зниження маси тіла та приросту маси тіла, зміни у печінці (гепатоцелюлярна гіпертрофія) та серці (міокардіодістрофія), порушення гемопоезу (еритропенія) [20]. У хронічних дослідах на собаках (тривалістю 12 місяців), мишах (18 місяців) та щурах (24 місяці) спостерігали зниження маси тіла, приросту маси тіла та вживання корму, еритропенію, порушення функції печінки та нирок, збільшення маси печінки та частоти центральнобулярної гіпертрофії гепатоцитів (миші), накопичення ліпофусцину у печінці (собаки), зниження рівня тригліцеридів, маси печінки, нирок та наднирників (щури) [27, 29, 30].

Основним органом-мішенню тритосульфурону у випадку його багаторазового надходження до організму щурів, мишей та собак були нирки. Спостерігали запальні процеси, папілярні некрози, мультифокальну дегенерацію у щурів; дегенеративні зміни в епітелії каналців та реактивні запальні процеси у кортикальному шарі у собак. Гепатотоксична дія три-

Таблиця 1

## Умови застосування досліджуваних гербіцидів

Назва препарату (д.р.)	Регіон застосування	Вид обробки	Норма витрати препарату (д.р.)	Культура
Серто Плюс (тритосульфурон)	Київська обл., Миронівський р-н (Лісостеп)	Наземна	200 г/га (50 г/га)	Пшениця Ячмінь Кукурудза
			280 г/га (70 г/га)	Пшениця
Пік 75 WG (просульфурон)	Київська обл., Миронівський р-н (Лісостеп)	Наземна	20 г/га (15 г/га)	Пшениця Ячмінь Кукурудза
	Харківська обл., Велико-Бурлуцький р-н (Степ)	Авіаційна		Пшениця
Аккурат 600 (метсульфурон-метил)	Київська обл., Баришівський р-н (Лісостеп)	Наземна	10 г/га (6 г/га)	Пшениця
	Чернігівська обл., Чернігівський р-н (Полісся)	Авіаційна		
Гренч 60 (метсульфурон-метил)	Київська обл., Баришівський р-н (Лісостеп)	Наземна	10 г/га (6 г/га)	Пшениця
Лінтур 70 WG (триа-сульфурон)	Київська обл., Васильківський р-н (Лісостеп)	Наземна	150 г/га (6,15 г/га)	Пшениця
	Вінницька обл., Калинівський р-н (Лісостеп)			
	Полтавська обл., Семенівський р-н (Лісостеп)			
	Київська обл., Миронівський р-н (Лісостеп)		180 г/га (7,38 г/га)	
Хелмстар (трибенурон-метил)	Київська обл., Києво-Святошинський р-н (Полісся)	Наземна	25 г/га (18,75 г/га)	Пшениця
	Черкаська обл., Золотоноський р-н (Лісостеп)	Авіаційна		



**COMPARATIVE TOXICOLOGICAL AND HYGIENIC ASSESSMENT OF SULFONYLUREA HERBICIDES WITH TRIAZIN HETEROCYCLIC**

(review and result of our research)

**Korshun M.M., Bardov V.G., Korshun O.M., Karpenko V.V.**

We have determined the following triazinylsulfonyleurea herbicides such as metsul-furon-methyl, prosulfuron, triasulfuron, tribenuron-methyl, tritosulfuron, triflusulfuron-methyl and chlorsulfuron are moderately hazardous (III class) and only iodosulfuron-methyl-sodium is hazardous (II class) according to toxicological criteria. According to stability in soil and vegetation agricultural plants in

different soil and climate condition in Ukraine these active ingredients are moderately hazardous (III class); Potential ecotoxicological risk of formulation, which contain these active ingredients is in 5-6 times cover comparing to DDT, in 3-4 times comparing to derivatives of sim-triazin herbicides, in 2-4 times comparing heterocyclic with a six membered aromatic ring, and in 1-2 times comparing to imidazolinone herbicides.

**Key words: sulfonyleurea herbicides, toxicological assessment, class of hazardous, stability in a soil and in a plants, ecotoxicological risk.**

тосульфурону проявлялась у щурів та собак центролобулярною гіпертрофією гепатоцитів. Зміни з боку гематологічних показників у собак полягали у збільшенні кількості лейкоцитів, поліморфноядерних нейтрофілів і лімфоцитів. У щурів спостерігали зменшення вмісту гемоглобіну та кількості еритроцитів, поліхромазію, анізоцитоз та макроцитоз.

Превалюючими ефектами дії метсульфурон-метилу у випадку багаторазового надходження до організму тварин у субхронічних та хронічних експериментах були зниження маси тіла та приросту маси тіла, зменшення вживання корму та зміни відносної маси внутрішніх органів [26]. За даними [31], метсульфурон-метил у динаміці 30-денного перорального введення щурам у дозі 7,0 мг/кг, в якій він не впливав на активність АЛТ, АСТ, лужної фосфатази та функціональний стан щитоподібної залози, викликав активацію вільноради-

кального переокисного окислення ліпідів, окислювальну модифікацію білків, порушення прооксидантно-антиоксидантних співвідношень, пригнічення неспецифічної резистентності організму.

ССГ, що досліджуються, не виявляють мутагенної активності у широкому наборі тестів *in vitro* та *in vivo* [18, 19, 26, 27, 32]. Так, просульфурон, триосульфурон та метсульфурон-метил не є мутагенами у тесті Еймса з метаболічною активацією мікросомальною фракцією печінки (S9+) та без неї (S9-), тесті на індукцію генних мутацій у культурі клітин ссавців (V79) (S9+ та S9-), тесті на індукцію позапланового синтезу ДНК у первинних гепатоцитах щурів та у мікроядерному тесті *in vivo* у мишей [26, 27]. Просульфурон не справляє мутагенної дії також і у тесті на індукцію хромосомних аберацій у культурі оваріальних клітин китайського хом'ячка (CHO) (S9+ та S9-) [27]. Трибенурон-

метил не виявляє мутагенної активності у тесті Еймса на *S. typhimurium*, не індукуює хромосомних аберацій у культурі оваріальних клітин китайського хом'ячка (CHO), не порушує репарацію ДНК у первинних гепатоцитах щурів, не призводить до виникнення домінуючих летальних мутацій та не спричиняє цитогенетичних ефектів у мікроядерному тесті *in vivo* у мишей [32].

Метсульфурон-метил та триасульфурон не справляли канцерогенної дії в експериментах на щурах та мишах [19, 26, 33]. Хлорсульфурон у дозах, наближених до максимально переносних, викликав збільшення частоти доброякісних пухлин яєчок у щурів, трибенурон-метил — аденокарцином молочної залози у щурів та мишей, трифлусульфурон-метил — аденом печінки у мишей та лейдигом яєчок у щурів [25]. Просульфурон не справляв канцерогенної дії в експериментах на мишах, проте у мак-

Таблиця 2

**Показники токсикологічної оцінки досліджуваних речовин [18-23, 34]**

Речовина	Показники первинної токсикологічної оцінки						Клас небезпечності	ADI, мг/кг	ДДД, мг/кг
	DL <sub>50</sub> per os, мг/кг	DL <sub>50</sub> на шкіру, мг/кг	CL <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Подразнююча дія		Сенсибілізуюча дія			
				шкіра	слизові оболонки очей				
Йодсульфурон-метил натрію	2678	> 2000	> 2810	Відсутня	Відсутня	Відсутня	II	0,03	0,03
Метсульфурон-метил	> 5000	> 2000	> 5000	Слабка	Слабка	Відсутня	III	0,22	0,015
Просульфурон	986	>2000 (кролі)	>5476	Відсутня	Слабка	Відсутня	III	0,019	0,02
Триасульфурон	> 5000	> 2000	> 5000	Слабка	Відсутня	Відсутня	III	0,012	0,005
Трибенурон-метил	> 5000	> 2000	> 5200	Слабка	Слабка	Слабка	III	0,01	0,005
Тритосульфурон	4700	>2000	5400	Відсутня	Відсутня	Слабка	III	0,06	0,005
Трифлусульфурон-метил	> 5000	>2000 (кролі)	> 5100	Відсутня	Відсутня	Відсутня	III	0,05	0,05
Хлорсульфурон	5545 (♂) 6293 (♀)	3400 (кролі)	> 5900	Відсутня	Слабка	Відсутня	III	0,05	0,001

Примітка: Пероральну, перкутанну та інгаляційну токсичність вивчали на щурах, подразнюючу дію — на кролях, сенсибілізуючу — на мурчаках.

симально переносних дозах (4000, 2000 ppm) призводив до недостовірного підвищення частоти гіперплазій ендометрію матки, аденокарцином молочної залози, інтерстиціальноклітинних пухлин яєчок у щурів [29, 30]. У зв'язку з відсутністю у досліджуваних ССГ генотоксичних ефектів припускають епігеномний гормонально-залежний механізм розвитку виявлених пухлин.

Канцерогенні властивості тритосульфурону пов'язані з наявністю у технічному продукті домішки АМТТ. Тритосульфурон з вмістом АМТТ не більше 0,02% не справляв онкогенної дії на щурів, мишей та собак. Тритосульфурон, що містить АМТТ у кількості 2,45%, не виявляв канцерогенної активності у дослідгах на мишах, але індукував онкогенез у щурів лінії Вістар у випадку надходження з кормом у концентраціях 1000 і 3500 ppm.

В експериментах з вивчення ембріотоксичності на щурах і кролях досліджувані ССГ у випробуваному діапазоні доз не справляли тератогенної дії, ембріотоксичні ефекти або не справляли (метсульфурон-ме-

тил), або справляли за високих рівнів доз (просульфурон, триасульфурон, трибенурон-метил, тритосульфурон) [18, 19, 26, 27, 29, 30, 32, 33].

У спеціальних дослідженнях (тест двох поколінь на щурах) ССГ не виявляли вибіркової репродуктивної токсичності. Так, підпорогову дозу метсульфурон-метилу за впливом на репродуктивні параметри встановлено на рівні найбільшій з випробуваних концентрацій речовини у кормі — 5000 ppm, що відповідає дозі 342 мг/кг для самців та 475 мг/кг для самок [19, 26, 33]. Водночас підпорогову дозу за загальнотоксичними ефектами у цьому експерименті встановлено на рівні, що на один порядок нижчий. Просульфурон у концентраціях 4000 і 2000 ppm справляв загальнотоксичну дію та не впливав на репродуктивні параметри щурів [27, 29, 30]. Тритосульфурон з вмістом АМТТ не більше 0,02% не впливав на репродуктивні параметри щурів. Водночас при вивченні репродуктивної токсичності тритосульфурону, що містить АМТТ у кількості 2,45%, визначено NOAEL 2,6 мг/кг.

В Україні для речовин, що розглядаються, науково обґрунтовано та офіційно затверджено у чинному порядку допустиму добову дозу (ДДД) та гігієнічні нормативи у продуктах харчування та об'єктах довкілля [34]. Серед них за нашої участі розроблено ДДД та гігієнічні нормативи просульфурону та тритосульфурону.

Оскільки ДДД є найбільш інтегральним критерієм небезпечності пестицидів у випадку

їх тривалого надходження до організму з урахуванням можливих віддалених наслідків і видової та індивідуальної резистентності [35-37], разом з оцінкою небезпечності досліджуваних ССГ у відповідності до гігієнічної класифікації з метою порівняння їхнього потенційного ризику для населення нами використано величину ДДД. Проведений аналіз дозволив зробити висновок, що за цим критерієм йод-сульфурон-метил натрію та трифлуорсульфурон-метил є мало-небезпечними, метсульфурон-метил, просульфурон, триасульфурон, трибенурон-метил та тритосульфурон — помірно небезпечними і лише хлорсульфурон — небезпечним.

Слід зазначити, що затвержені в Україні величини ДДД метсульфурон-метилу, триасульфурону, трибенурон-метилу, тритосульфурону та хлорсульфурону нижчі (жорсткіші) за аналогічні регламенти (ADI), прийняті у світовій практиці (табл. 2). Це може бути зумовленим дещо різними підходами до їх встановлення. Зокрема, у нашій країні при обґрунтуванні ДДД спираються, переважно, на NOEL (No Observed Effect Level) — підпорогову дозу, яка не справляє жодного ефекту, тоді як за кордоном — на NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) — підпорогову дозу, яка не справляє шкідливої дії [38]. Саме тому у 62% випадків наші регламенти виявляються жорсткішими за закордонні [38].

Потенційна небезпечність застосування ССГ зумовлена не лише їхніми токсичними властивостями, а й тісно пов'язана з особливостями їхньої поведінки у довкіллі.

З одного боку, препарати цього класу у зв'язку з надзвичайно високою біологічною ефективністю застосовуються у дуже малих нормах витрат — на рівні десятків грамів д.р. на гектар. Саме тому визначені нами у натурних експериментах початкові концентрації досліджуваних ССГ у ґрунті та зеленій масі рослин були дуже низькими — на рівні 0,012-0,1 мг/кг та 0,028-0,180 мг/кг відповідно. У подальшому залишкові кількості усіх речовин стрімко знижувались і вже на 14-30 добу у ґрунті та 7-20 добу у рослинах були або на рівні,

**Таблиця 3**  
**Усереднені показники деградації досліджуваних гербіцидів в об'єктах агроценозу**

Речовина	Об'єкт	Показники швидкості руйнації (M±m)		
		k, доба <sup>-1</sup>	τ <sub>50</sub> , доба	τ <sub>95</sub> , доба
Метсульфурон-метил	Ґрунт	0,051±0,006	13,7±1,5	59,5±6,6
	Зелена маса рослин	0,101±0,016	7,1±1,0	30,9±4,3
Просульфурон	Ґрунт	0,057±0,007	12,5±1,5	54,2±6,4
	Зелена маса рослин	0,109±0,008	6,4±0,5	27,9±2,3
Триасульфурон	Ґрунт	0,098±0,007	7,1±0,6	30,9±2,4
	Зелена маса рослин	0,081±0,010	9,1±1,4	39,2±5,9
Трибенурон-метил	Ґрунт	0,083±0,015	8,6±1,5	37,1±6,7
	Зелена маса рослин	0,100±0,021	7,2±1,5	31,4±6,5
Тритосульфурон	Ґрунт	0,064±0,004	10,8±0,6	46,9±2,8
	Зелена маса рослин	0,084±0,003	8,2±0,3	35,6±1,2

або нижчими за межу кількісного визначення аналітичних методів. На момент збору врожаю тритосульфурон, просульфурон, метсульфурон-метил, триасульфурон і трибенурон-метил не визначалися у зерні хлібних злаків, а тритосульфурон та просульфурон — також і у зерні кукурудзи та кукурудзяній олії.

Водночас ССГ за певних умов можуть бути доволі стійкими у ґрунті та інших об'єктах довкілля. За рахунок залишкових кількостей ССГ у ґрунті їхній біологічний ефект інколи зберігається протягом кількох років після обробки. При цьому вони здатні справляти фітотоксичну дію на деякі культурні рослини (буряк, гречиху, ріпак, конюшину тощо) [7, 39, 40], внаслідок чого чутливі культури можуть недобирати 15-20% врожаю, якщо їх вирощують після застосування ССГ, зокрема хлорсульфурону, триасульфурону, метсульфурон-метилу [12].

ССГ активно поглинаються кореннями та листям (листя можуть абсорбувати 20-40%, а інколи навіть 75-98% гербіциду) і швидко поширюються у рослині, пересуваючись в акропетальному і базипетальному напрямках [7]. ССГ доволі швидко й за низьких концентрацій ( $2,8 \cdot 10^{-9}$ - $2,8 \cdot 10^{-6}$  M) пригнічують поділ клітин, особливо у точках росту, майже не впливаючи на інші процеси метаболізму: фотосинтез, дихання, синтез ліпідів, РНК [7, 8].

Вибірковість гербіцидної дії ССГ визначається швидкістю їхньої метаболічної інактивації у стійких культурах [7]. Так, у лабораторних умовах період напіврозпаду ( $\tau_{50}$ ) ССГ у стійких рослинах становить 1-5 годин, а у чутливих — понад 20 годин [8]. Стійкими культурами щодо ССГ визначені пшениця та ячмінь, чутливими — горох,

соя, ріпак, редис, буряк, сояняшник [39]. За добу у рослинах пшениці та ячменю метаболізувалося понад 90% хлорсульфурону, а у бавовнику, гречиці, сої та цукровому буряку було визначено 80-97% незміненої речовини [7]. Деградація ССГ у стійких культурах відбувається шляхом арильного та аліфатичного гідроксильовання з подальшою кон'югацією з глюкозою, гідролітичного розщеплення сульфонілсечовинного містка між триазиновим та фенільним кільцями у двох різних позиціях, зокрема сульфамідного зв'язку, окислювального O-деметилування та прямої кон'югації з глутатіоном [7, 8, 41].

За даними власних досліджень, у ґрунтово-кліматичних умовах Полісся, Лісостепу та Степу України період напіврозпаду досліджуваних ССГ у зеленій масі рослин пшениці, ячменю та кукурудзи коливався у межах від ( $6,4 \pm 0,5$ ) до ( $9,1 \pm 1,4$ ) діб (табл. 3). Тобто за критерієм стабільності у вегетуючих сільськогосподарських культурах вони є помірно стійкими (III клас небезпечності) згідно з гігієнічною класифікацією пестицидів [16].

Ґрунт є основною та найбільш небезпечною ланкою циркуляції ССГ у довкіллі. За даними [12], похідні сульфонілсечовини розташовуються за швидкістю детоксикації у ґрунті у такому порядку: хлорсульфурон  $\leq$  метсульфурон-метил  $<$  просульфурон. Детоксикація у ґрунті цих речовин має двохфазний характер: у перший період — до 30 діб після обробки відбувається руйнація 50% речовини, тоді як 50% залишків зберігають активність у 5-10 разів довше [12, 42].

Метаболізм ССГ у ґрунті відбувається внаслідок гідролітичного розпаду з подальшою

ферментативно-каталітичною деструкцією під впливом ґрунтових мікроорганізмів [7, 8, 43, 44]. Гідроліз, який є одним з основних шляхів деградації ССГ, має найбільш ефективний перебіг у кислому середовищі та полягає у розщепленні сульфонілсечовинного зв'язку з утворенням відповідно сульфонаміда та гетероциклічного аміну. Саме тому у ґрунтах з  $\text{pH} > 7$  деградація ССГ гальмується [9] переважно завдяки мікробіологічній деструкції. Зокрема, це доведено для трифлусульфурон-метилу, хлорсульфурону, метсульфурон-метилу та трибенурон-метилу [18]. Фотоліз на поверхні ґрунту не є значущим у процесах деградації ССГ, зокрема метсульфурон-метилу [45] та просульфурону [20].

На швидкість руйнації ССГ впливають тип ґрунту та його гранулометричний склад. Так, період напіврозпаду метсульфурон-метилу у глинистому, супіщаному та суглинному ґрунті становив 178, 102 та 70 діб відповідно [45]. ССГ швидше втрачають активність у дерново-підзолистому ґрунті порівняно з чорноземом, особливо з темно-каштановим ґрунтом. Так, у чорноземі та темно-каштановому ґрунті  $\tau_{50}$  хлорсульфурону становив понад 90 діб, у дерново-підзолистому та сірому лісовому ґрунті коливався від 6 до 30 діб [9].

У натурних умовах ССГ руйнуються у ґрунті швидше, ніж у лабораторних експериментах (табл. 4). До того ж результати, отримані нами при проведенні натурних досліджень у різних ґрунтово-кліматичних умовах України, цілком задовільно збігаються з даними інших авторів.

Доведено, що швидкість руйнації ССГ у ґрунті збільшується з підвищенням температури та

Таблиця 4

#### Швидкість руйнації досліджуваних гербіцидів у ґрунті у лабораторних та натурних умовах

Речовина	Період напівруйнації (мінімальний-максимальний), доба			
	за даними літературних джерел			власні результати натурних експериментів
	лабораторні умови	натурні умови	джерело інформації	
Метсульфурон-метил	14-180	4-15	[45, 46]	10,7-15,5
Просульфурон	25-198	4-36	[20, 48]	9,8-14,8
Триасульфурон	33-76	3-48	[47]	6,4-8,2
Трибенурон-метил	70-198	4-36	[32]	7,0-10,1
Тритосульфурон	-	11-21	[49]	9,6-26,6



вологості ґрунту і зниженням рН ґрунтового розчину [7, 12]. Так, у разі підвищення температури на 10°C або збільшенні вологості ґрунту з 37,7% до 75% від повної вологоємності  $\tau_{50}$  хлорсульфурону скорочувався з 56 до 32 днів [7]. У натурних дослідженнях у штаті Іллінойс (США)  $\tau_{50}$  трибенурон-метилу, коли рН 8,3 становить 9 діб, а рН 7,3 — 5 діб [32]. Встановлено, що зниження величини рН внаслідок внесення до ґрунту соломи прискорює руйнацію метсульфурон-метилу та триасульфурону [50]. Навпаки, вапнування кислих ґрунтів збільшує персистентність ССГ, зокрема хлорсульфурону та метсульфурон-метилу у 2-3 рази, а на дерново-підзолистих ґрунтах — у 4 рази і більше [9].

Одним з домінуючих чинників, які визначають швидкість детоксикації та інтенсивність міграції ССГ, є сорбційно-десорбційна рівновага у системі гербіцид-ґрунт. ССГ відносно слабо сорбуються ґрунтом: коефіцієнт сорбції у перерахунку на органічний вуглець ( $K_{oc}$ ) коливається у межах від 0,6 до 114. Так, залежно від ти-пу ґрунту  $K_{oc}$  триасульфурону перебуває у межах від 7 до 25 (у середньому — 16) [21], трибенурон-метилу — від 9,8 до 74 (у середньому — 31) [22], просульфурону — від 4 до 41 [20], хлорсульфурону — 40, коли рН 7 [18], що свідчить

про доволі високу мобільність ССГ у ґрунтах.

Сорбція ССГ залежить від рН середовища і є вищою у кислих ґрунтах [9]. Так, у разі зменшення рН мулового суглинку від 7,1 до 6,5 Кос просульфурону збільшився з 8 до 19 [20]; при зменшенні рН з 7,8 до 4,2 сорбція хлорсульфурону підвищилась у 30 разів [7]. Саме тому рухливість ССГ у кислих ґрунтах нижча, ніж у лужних. Загалом ССГ є помірно рухомими у ґрунті [7]. Глибина міграції їхніх залишкових кількостей залежно від речовини та погодних умов коливається у кислих ґрунтах від 5 см до 15 см, у лужних — до 30 см.

Оскільки у випадку кислого рН (рН<7) ґрунтового розчину прискорюється швидкість руйнації ССГ, підвищується сорбція та зменшується мобільність їхніх залишків, використання цих гербіцидів на кислих ґрунтах екологічно безпечніше, ніж на нейтральних, особливо лужних.

Для оцінки потенційного ризику використання досліджуваних ССГ для наземних екосистем нами за результатами власних досліджень було проведено розрахунок їхньої екотоксикологічної небезпечності (екотоксу) за методикою, запропонованою М.М. Мельниковим [51]. Екотокс дозволяє порівнювати екотоксичність досліджуваної речовини з екотоксичністю стійкого хлороорганічного інсектициду ДДТ, яку прийнято за 1, та відповідно оцінювати відносну небезпеку забруднення довкілля цією речовиною.

Встановлено, що величина екотоксу гербіцидів — похідних сульфонілсечовини в агрокліматичних умовах України коливається у межах від  $1,24 \times 10^{-6}$  до  $3,04 \times 10^{-5}$  (табл. 5). Тобто екотоксикологічна небезпечність досліджуваних ССГ для біоценозів на 5-6 порядків нижча, ніж ДДТ.

Порівняно з пестицидами інших хімічних класів та поколінь екотоксичність ССГ нижча: на 3-4 порядки відносно більшості хлороорганічних сполук [51] та похідних карбамінової кислоти [52], на 2-4 порядки — відносно похідних сим-триазину (симазину, атразину, пропазину) та шестичленних гетероциклічних сполук (бентазону, метрибузину, хлоридазону) [53], на 2-3 порядки відносно фосфорорганічних речовин, на 1-2 порядки відносно більшості синтетичних піретроїдів [52], неонікотиніодів, бензоїлсечовин, стробілуринів [54] та імідазолінонових гербіцидів (імазетапір, імазапір, імазамокс) [55], що, як і ССГ, належать до інгібіторів біосинтезу амінокислот (рис.).

### Висновки

1. Сульфонілсечовинні гербіциди з триазиним гетероциклом: метсульфурон-метил, просульфурон, триасульфурон, трибенурон-метил, тритосульфурон, трифлуорсульфурон-метил та хлорсульфурон за параметрами гострої токсичності у разі різних шляхів надходження до організму лабораторних тварин, за подразнюючою та сенсибілізуючою дією є помірно небезпечними (III клас), лише йодсульфурон-метил натрію — небезпечним (II клас) згідно з гігієнічною класифікацією пестицидів. Лімітуючими показниками при гігієнічній оцінці усіх досліджуваних речовин є «інгалаційна токсичність», а також «сенсибілізуюча дія» для тритосульфурону та трибенурон-метилу.

2. За умов багаторазового надходження до організму досліджувані речовини не виявляють кумулятивних властивостей за критерієм «загибель тварин», справляють політропну дію, проявами якої є зниження маси тіла, зміни з боку системи крові, структурно-функ-

Таблиця 5

### Екотоксикологічна небезпечність досліджуваних похідних сульфонілсечовини для екосистем України

Речовина	Персистентність (P), тижні	Норма витрати (N), кг/га	DL <sub>50</sub> , мг/кг	Екотоксикологічна небезпека (E), відносні одиниці
Просульфурон	2,0	0,0150	986	$3,04 \times 10^{-5}$
Тритосульфурон	1,5	0,0500	4700	$1,60 \times 10^{-5}$
Трибенурон-метил	1,0	0,0188	5000	$3,76 \times 10^{-6}$
Метсульфурон-метил	2,0	0,0060	4773	$2,51 \times 10^{-6}$
Триасульфурон	1,0	0,0062	5000	$1,24 \times 10^{-6}$

ціональні порушення печінки та нирок. Досліджувані сполуки не мають мутагенної активності, за канцерогенними властивостями, ембріотоксичністю, тератогенністю та репродуктивною токсичністю є помірно або мало небезпечними (III або IV клас небезпечності).

3. Досліджувані сульфонілсечовинні гербіциди за стабільністю у ґрунті та у вегетуючих сільськогосподарських культурах у ґрунтово-кліматичних умовах Поліської, Лісостепової та Степової зон України є помірно стійкими і за величинами періодів напіврозпаду можуть бути віднесені до III класу небезпечності згідно з гігієнічною класифікацією пестицидів.

4. Доведено, що потенційний екотоксикологічний ризик використання сульфонілсечовинних гербіцидів з триазиновим гетероциклом у молекулі є нижчим на 5-6 порядків порівняно з ДДТ, на 3-4 порядки — відносно гербіцидів похідних сим-триазину, на 2-3 порядки — відносно шестичленних гетероциклічних гербіцидів та на 1-2 порядки — відносно імідазолінових гербіцидів.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Скур'ят А.Ф., Кивачицкая М.М., Молчан А.Л. Влияние интенсивной защиты ярового ячменя и пшеницы от вредителей, болезней и сорных растений на урожай, качество зерна и микробиоту почвы // Интегрований захист рослин на початку XXI століття: Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. — К., 2004. — С. 259-264.

2. История развития и проблемы защиты растений / Под ред. Ченкина А.Ф. — М.: РАСХН, 1997. — 331 с.

3. Захаренко В.А. Резистентность сорняков к гербицидам // Защита и карантин растений. — 2006. — № 4. — С. 28-30.

4. Угрюмов Е.П., Савва А.П. Гербициды последнего поколения: изыскание, применение, проблемы агроэкологической безопасности // Актуальные вопросы биологии защиты растений. — Пушино, 2000. — С. 139-152.

5. Levitt G. Sulfanilureas: new high potency herbicides // Pesticides Chemistry: Human Welfare and the Environmental. — Oxford, 1983. — V. 1. — P. 243-250.

6. Коршун М.М., Омельчук С.Т., Гаркавий С.І. та ін. Порівняльна токсиколого-гігієніч-

на оцінка гербіцидів — похідних імідазолінону (огляд літератури та результати власних досліджень) // Гігієна населених місць. — 2006. — № 47. — С. 159-171.

7. Макеева-Гурьянова Л.Т., Спиридонов Ю.А., Шестаков В.Г. Сульфонилмочевинны — новые перспективные гербициды // Агрехимия. — 1987. — № 2. — С. 115-128.

8. Жемчужин С.Г. Сульфонилмочевинные гербициды и новые методы их анализа // Агрехимия. — 2003. — № 3. — С. 65-76.

9. Ларина Г.Е., Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Экологические аспекты сельскохозяйственного применения сульфонилмочевинных гербицидов // Агрехимия. — 2002. — № 1. — С. 53-67.

10. Навальнев В.В., Романов Н.М., Шаповалов Н.К. Эффективность сульфонилмочевинных гербицидов // Защита и карантин растений. — 2006. — № 6. — С. 29.

11. Herbicide resistant weeds [Электронный ресурс] / Weed Science — режим доступа: <http://www.weedresearch.com/summary/ ChemFamilySum.asp?IstActive=297&IstHRAC=herbicide>.

12. Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г., Ларина Г.Е. и др. Как ослабить остаточное действие сульфонилмочевинных

гербицидов // Защита и карантин растений. — 2006. — № 2. — С. 59-61.

13. Карпенко В.В. Гігієнічна оцінка асортименту та обсягів застосування гербіцидів у сільському господарстві України / В.В. Карпенко, М.М. Коршун // Гігієна населених місць. — К., 2007. — Вип. 49. — С. 133-139.

14. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. — Офіційне видання. — К.: Юнівест Медіа, 2008. — 448 с.

15. Громов А.Ф. Современные подходы к созданию новых пестицидов / А.Ф. Громов, В.А. Козлов // Агрехимия. — 2003. — № 11. — С. 4-13.

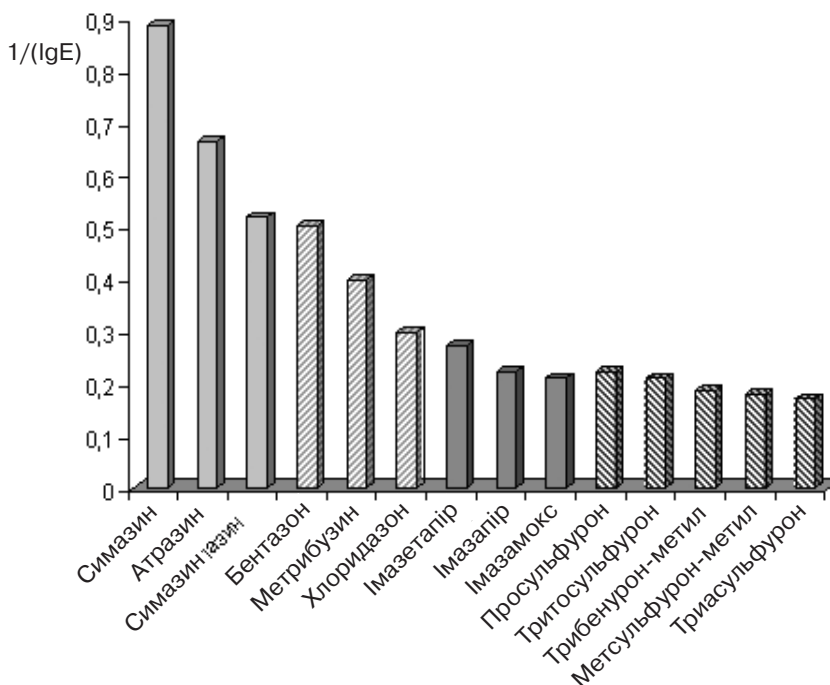
16. Пестициды. Класифікація за ступенем небезпечності: ДСанПін 8.8.1.002-98 — [Затв. 28.08.98] // Зб. важливих офіційних матеріалів з санітарних і протиепідемічних питань. — К., 2000. — Т. 9, ч. 1. — С. 249-266.

17. Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов: МУ № 4263-87. — [Утв. 13.03.1987]. — К.: М-во здравоохранения СССР, 1988. — 210 с.

18. The e-Pesticide Manual [Электронный ресурс]: A World Compendium The e-Pesticide Manual / Version 3.2 2005-06. — Thirteenth Edition: CD-вид-во CDS Tomlin, 2005. — 1 электрон. опт. диск (CD); 12 см. —

*Рисунок*

**Порівняльна оцінка екотоксикологічної небезпечності гербіцидів різних хімічних класів**





Систем. вимоги: Pentium; 32 Мб RAM; CD-ROM Windows 95/98/2000/NT/XP.

19. Metsulfuron-methyl [Електронний ресурс] / EXTOXNET — режим доступу: <http://extoxnet.orst.edu/pips/metsulfu.htm>.

20. Review report for the active substance prosulfuron [Електронний ресурс] / European Commission — режим доступу: [http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/newactive/list1-09\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/newactive/list1-09_en.pdf).

21. Triasulfuron [Електронний ресурс] / eu-footprint — режим доступу: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/Reports/651.htm>.

22. Tribenuron-methyl [Електронний ресурс] / eu-footprint — режим доступу: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/Reports/655.htm>.

23. Tritosulfuron [Електронний ресурс] / Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit — режим доступу: [www.bvl.bund.de/DE/04\\_Pflanzenschutzmittel/00\\_doks\\_download/01\\_neue\\_wirkst/neue\\_wirkst\\_tritosulfuron\\_templatedId=raw,property=publicationFile.pdf/neue\\_wirkst\\_tritosulfuron.pdf](http://www.bvl.bund.de/DE/04_Pflanzenschutzmittel/00_doks_download/01_neue_wirkst/neue_wirkst_tritosulfuron_templatedId=raw,property=publicationFile.pdf/neue_wirkst_tritosulfuron.pdf).

24. Любинская Л.А. Токсикологическая характеристика производных сульфонилмочевины / Л.А. Любинская, Л.И. Пьякель // Современные проблемы токсикологии. — 2000. — № 2. — С. 28-32.

25. Ракитский В.Н., Белоедова Н.С. Токсичность и опасность гербицидов — производных сульфонилмочевины // Токсикологический вестник. — 2009. — № 4. — С. 25-29.

26. Metsulfuron methyl; Pesticide Tolerances Emergency Exemptions [Електронний ресурс] / Environment protection agency — режим доступу: <http://www.epa.gov/EPA-PEST/1999/December/Day-16/p32652.htm>.

27. Prosulfuron; Notice of Filing Pesticide Petitions to Establish Tolerances for a Certain Pesticide Chemical in or on Food [Електронний ресурс] / U.S. Environmental Protection Agency — режим доступу: [www.epa.gov/EPA-PEST/2002/December/Day-31/p32988.htm](http://www.epa.gov/EPA-PEST/2002/December/Day-31/p32988.htm).

28. Review report for the active substance prosulfuron [Електронний ресурс] / European Commission — режим доступу: [http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/newactive/list1-09\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/newactive/list1-09_en.pdf).

29. Prosulfuron; Pesticide Tolerance [Електронний ресурс] / U.S. Environmental Protection Agency — режим доступу: <http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-PEST/1996/April/Day-17/pr-650.html>.

30. Adverse Effects Prosulfuron [Електронний ресурс] / Fluoride action network pesticide project Agency — режим доступу: <http://www.fluoridealert.org/pesticides/epage.prosulfuron.htm>

31. Леоненко Н.С. Обґрунтування допустимих рівнів впливу похідних сульфонилсечовини на працюючих за показниками біохімічного та імунного гомеостазу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 14.02.01 «гігієна» / Інститут медицини праці АМН України. — К., 2006. — 20 с.

32. Tribenuron methyl (Express) herbicide profile [Електронний ресурс] / Pesticide Safety Education Program — режим доступу: <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/herb-growthreg/sethoxydim-vernolate/tribenuron-methyl/herb-prof-tribenuron-meth.html>.

33. Metsulfuron Methyl (Escort) Herbicide Profile 3/86 [Електронний ресурс] / PMPE — режим доступу: <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/herb-growthreg/fatty-alcohol-monuron/metsulfuron-methyl/herb-prof-metsulf-meth.html>.

34. Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті: ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001. — [Затв. 20.09.01]. — К.: М-во охорони здоров'я України, 2001. — 245 с.

35. Проданчук Н.Г., Подрушняк А.Е., Чмиль В.Д. К проблеме использования величин допустимой суточной дозы при установлении гигиенических нормативов пестицидов в продуктах питания и объектах окружающей среды // Совр. проблемы токсикологии. — 2002. — № 2. — С. 51-55.

36. Клисенко М.А., Демченко В.Ф., Макачук Т.Л. Современные подходы к экологотоксикологической оценке экспозиции пестицидами (По материалам 9-го Международного Конгресса по химии пестицидов ИЮПАК и Международ. «Здоровье, окружающая

и производственная среда, безопасность труда в сельском хозяйстве на рубеже двух тысячелетий») // Совр. проблемы токсикологии. — 1999. — № 4. — С. 45-49.

37. Кавецкий В.М., Макаренко Н.А. Экоотоксикология та критерії якості навколишнього середовища // Агроєкологія і біотехнологія. — К., 1998. — Вип. 2. — С. 65-69.

38. Проданчук Н.Г., Спыну Е.И. Современные проблемы комплексного токсикологического регламентирования // Совр. проблемы токсикологии. — 2000. — № 1. — С. 3-5.

39. Ларина Г.Е., Спиридонов Ю.А., Захаров С.А. и др. Оценка и прогноз фитотоксичности сульфонилмочевинных и имидазолиноновых гербицидов // Агрохимия. — 2004. — № 4. — С. 22-31.

40. Herbicide resistant weeds [Електронний ресурс] / Weed Science — режим доступу: <http://www.weedresearch.com/summary/ChemFamilySum.asp?IstActive=297&IstHRAC=herbicide>.

41. Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire Decision Document E95-03 [Електронний ресурс] / Pest Management Regulatory Agency — режим доступу: [http://pmra-arla.gc.ca/english/pdf/rdd/rdd\\_e9503-e.pdf](http://pmra-arla.gc.ca/english/pdf/rdd/rdd_e9503-e.pdf).

42. Колупаева В.Н. Некоторые подходы к описанию разложения гербицидов в почве (на примере хлорсульфурина) / В.Н. Колупаева, В.С. Горбатов // Агрохимия. — 2000. — № 8. — С. 59-64.

43. Жемчужин С.Г. Биодegradация пестицидов и родственных контаминантов окружающей среды / С.Г. Жемчужин // Агрохимия. — 2002. — № 9. — С. 76-91.

44. Бондарев В.С., Спиридонов Ю.А., Шестаков В.Г. и др. Математическое моделирование деструкции хлорсульфурина в почве // Агрохимия. — 1990. — № 1. — С. 108-114.

45. James T. Degradation of rimsulfuron-methyl and metsulfuron-methyl in soil / T. James, P. Klaffenbach, P. Holland // Weed Res. — 1995. — V. 35, № 2. — P. 113-120.

46. Reports 470 [Електронний ресурс] / Footprint pesticides database — режим доступу: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/Reports/470.htm>.

47. Reports 651 [Електронний ресурс] / Footprint pesticides database — режим доступу: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/Reports/651.htm>.

48. Prosulfuron [Електронний ресурс] / Footprint pesticides database — режим доступу: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/Reports/558.htm>.

49. Орлов В.Н. Гербицид серто плюс поможет решить проблемы борьбы с нежелательной растительностью / В.Н. Орлов, С.Г. Лукашина, Н.И. Свириденко // Защита и карантин растений. — 2005. — № 3. — 40 с.

50. Menne H., Berger B. Influence of straw management, nitrogen fertilization and dosage rates on the dissipation of the sulfonilureas in soil // Weed Res. — 2001. — V. 41, № 3. — P. 229-244.

51. Мельников Н.Н. К вопросу о загрязнении почвы хлорорганическими соединениями / Н.Н. Мельников. — Агрохимия. — 1996. — № 10. — С. 72-74.

52. Мельников Н.Н. Сравнительная экотоксикологическая опасность некоторых инсектицидов — производных фосфорных кислот, карбаминовой кислоты и синтетических пиретроидов / Н.Н. Мельников, С.Р. Белан // Агрохимия. — 1997. — № 1. — С. 70-72.

53. Мельников Н.Н. Сравнительная опасность загрязнения почвы гербицидами — производными симм-триазинов и некоторых других шестичленных гетероциклических соединений / Н.Н. Мельников, С.Р. Белан // Агрохимия. — 1997. — № 2. — С. 66-67.

54. Коршун О.М. Еколого-гігієнічне обґрунтування регламентів безпечного застосування сучасних хімічних засобів захисту яблуневих садів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 14.02.01 «гігієна та професійна патологія» / О.М. Коршун. — К., 2008. — 20 с.

55. Дема О.В. Гігієнічне обґрунтування регламентів використання у сільському господарстві гербицидів на основі імазетапіру: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук: спец. 14.02.01 «гігієна та професійна патологія» / О.В. Дема — К., 2007. — 21 с.  
Надійшла до редакції 16.03.2010.

## HYGIENIC ESTIMATION OF CONDITION OF ATMOSPHERIC AIR OF IN CHERNIHIV REGION

Donets M.P., Valovenko A.G., Petrusenko L.M., Bezrodna O.G., Movchan L.G.

### ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ У ЧЕРНІГІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Ч

ернігівська область розташована на півночі України у поліській та лісостеповій зоні Придніпровської низовини площею 31,9 тис. км<sup>2</sup>.

На державний облік взято 495 промислових підприємств, організацій, установ. З них 188 (45%) становлять об'єкти агропромислового комплексу. Поліфункціональна промислова структура з домінуванням теплоенергетики, будівельної, машинобудівної, легкої, харчової та переробної промисловості характеризується відносно стабільним складом забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.

Динаміка викидів забруднювачів загалом по області продовжує збільшуватися: 2006 р. — 85,6 тис. т, 2007 р. — 91,6 тис. т (збільшення на 6,9%), 2008 р. — 98,1 тис. т (збільшення на 7,2%). Це становить менше 1%

**ДОНЕЦЬ М.П.,  
ВАЛОВЕНКО А.Г.,  
ПЕТРУСЕНКО Л.М.,  
БЕЗРОДНА О.Г.,  
МОВЧАН Л.Г.**

Чернігівська обласна санітарно-епідеміологічна станція

УДК 614.71(477.54)

#### ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА В ЧЕРНИГОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Донец Н.П., Валовенко А.Г., Петрусенко Л.Н.,  
Безродная Е.Г., Мовчан Л.Г.**

Проведена гигиеническая оценка загрязнений атмосферного воздуха стационарными и передвижными источниками в населенных пунктах Черниговской области за 2006-2008 гг. Установлено, что уровни загрязнения воздушного бассейна в городских и сельских поселениях области слабоопасные и определяются преимущественно за счет автотранспортных средств. Выделены основные мероприятия по оздоровлению воздушного бассейна области.

#### HYGIENIC ESTIMATION OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION BY STATIONARY AND MOBILE SOURCES IN THE SETTLEMENTS OF THE CHERNIGOV AREA

**Donets M.P., Valovenko A.G., Petrusenko L.M.,  
Bezrodna O.G., Movchan L.G.**

The hygienic estimation of the atmospheric air pollution by stationary and mobile sources in the settlements of the Chernigov region for 2006-2008 has been carried out. It was established that levels of air pollution in city and rural settlements of the region had a low degree of danger and were defined mainly at the expense of vehicles. The basic measures for the improvement of air quality in the region were defined.

© **Донец М.П., Валовенко А.Г., Петрусенко Л.М.,  
Безродна О.Г., Мовчан Л.Г. СТАТТЯ, 2010.**