

теоретичні та прикладні аспекти», 13-16 травня 2013 р. – м. Київ: Всеукраїнська асоціація геоінформатики., 1 електрон. опт. диск (CD-ROM), 12 см.

4. Касіянчук Д. В. Статистичний аналіз факторів природної та техногенної складової розвитку зсувів [Текст] / Д. В. Касіянчук // Збірник матеріалів доповідей 3-го Міжнародного конгресу «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування», 17-19 вересня 2014 р. – м. Львів : Національний університет «Львівська політехніка». – С. 30.
5. Крив'юк І. В. Статистичний аналіз геолого-геофізичних параметрів, узгоджених із зсувонебезпекою локального рівня [Текст] / І. В. Крив'юк // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – Івано-Франківськ, 2009 – №1(19). – С.62-67.
6. Кузьменко Е. Д. Прогноз розвитку зсувних процесів як фактор забезпечення надійності експлуатації трубопроводів [Текст] / Е. Д. Кузьменко, С. І. Крижанівський, О. М. Карпенко, О. М. Журавель // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2005. – № 4(17). – С. 24-35.
7. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2012 році [Текст] / Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Міністерство екології та природних ресурсів України, Національна академія наук України. – Київ, 2013. – 384 с.
8. Смирнов Н. В. Краткий курс математической статистики для технических приложений [Текст] / Н. В. Смирнов, И. В. Дунин-Барковский. – М. : Физматгиз, 1959. – 436 с.

УДК: 556.332.2:632.154

Г.Є. Потапенко, інженер,
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

ФАКТОРИ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТА НАКОПИЧЕННЯ ПЕСТИЦИДІВ У ҐРУНТАХ І ҐРУНТОВИХ ВОДАХ КАЙНОЗОЙСЬКИХ ВІДКЛАДІВ

Розглянуто розповсюдження та накопичення пестицидів у ґрунтах та ґрунтових водах четвертинних відкладів на прикладі Донецької дослідної станції садівництва (Артемівський дослідний полігон). Встановлено, що вміст пестицидів у геологічному середовищі напряму залежить від кількості їх використання на сільгоспугіддях. Визначено основні кліматичні, геологічні, гідрогеологічні та геохімічні фактори їх розповсюдження. Висвітлено результати дослідно-методичних робіт з розповсюдження та накопичення пестицидів у четвертинних ґрунтах та ґрунтових водах. Встановлено кореляційну залежність залишкової кількості пестицидів від їх фізико-хімічної стійкості (внутрішні фактори) та середовища їх знаходження (зовнішні фактори).

Ключові слова: пестициди, ґрунти, ґрунтові води, сорбційні процеси, колоїди, суглинки.

А.Е. Потапенко. ФАКТОРЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И НАКОПЛЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ В ҐРУНТАХ И ҐРУНТОВЫХ ВОДАХ КАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ. Рассмотрено распространение и накопление пестицидов в ґрунтах и ґрунтовых водах четвертинных отложений на примере Донецкой опытной станции садоводства (Артемовский исследовательский полигон). Установлено, что содержание пестицидов в геологической среде напрямую зависит от количества их использования на сельхозугодьях. Определены основные климатические, геологические, гидрогеологические и геохимические факторы их распространения. Представлены результаты опытно - методических работ по распространению и накоплению пестицидов в четвертинных ґрунтах и ґрунтовых водах. Установлена корреляционная зависимость остаточного количества пестицидов от их физико - химической устойчивости (внутренние факторы) и среды их нахождения (внешние факторы).

Ключевые слова: пестициды, почвы, ґрунтовые воды, сорбционные процессы, коллоиды, суглинки.

Вступ. Пестициди-препарати, що застосовуються для хімічного захисту сільськогосподарських культур від шкідників та хвороб. Їх вносять в ґрунт у великих кількостях і це призводить до забруднення як геологічного, так і природного середовища, оскільки пестициди належать до найнебезпечніших речовин. Слід зазначити, що із 170 видів пестицидів, які застосовуються в Україні, 49 належать до I класу небезпеки. Вони характеризуються великою біологічною активністю та здатністю акумулюватися в організмі, зберігаючи токсичні властивості. Через це дослідження процесів їх розповсюдження та накопичення у ґрунтах і ґрунтових водах Донецької дослідної станції садівництва є актуальною проблемою.

Історія досліджень та мета статті. Дослідження геохімічної поведінки пестицидів у че-

твертинних відкладах та ґрунтових водах проводилися різними геологами, гідрогеологами та геоекологами ВГО «Донбасгеологія» (1982 – 1995 рр.). З 1989 по 1995 роки було проведено режимні спостереження за динамікою розповсюдження забруднення пестицидами на території Донецької дослідної станції садівництва (Т.Ф. Овчаренко, І.М. Глаголева, І.М. Ткаченко). Автор долучалася до збору фактичного матеріалу спостережень під час проходження студентських геологічних практик, а після закінчення університету - продовжувала до 2013 року включно збирати фактичний матеріал досліджень, що проводилися як на станції садівництва, так і в інших місцях.

Метою статті є висвітлення результатів дослідно-методичних робіт з розповсюдження та накопичення пестицидів у четвертинних ґрун-

тах та ґрунтових водах. Це дає можливість прогнозувати як динаміку пестицидного забруднення, так і його вплив на людський організм.

Методи досліджень. В процесі вивчення геохімічних особливостей пестицидів проводилися різні лабораторні дослідження. Так, метеорологічні фактори розповсюдження пестицидів визначалися на метеостанції «Артемівськ». Залишкова кількість пестицидів у підземних водах, відібраних зі свердловин діючих водозаборів та ґрунтів на прилеглих ділянках, а також проби води з поверхневих водотоків визначались газохроматографічним методом – у хімічній лабораторії «Донецьк-ДГРП». Серед них: ДДТ та його метаболіт ДДЕ, ГХЦГ та його ізомери (α , β , γ), трефлан, фозалон, прометрин, атразин, симазин, карбофос[7]. Параметри ґрунтів визначались у агрономічній лабораторії Донецької дослідної станції садівництва. Все це дозволило теоретично обґрунтувати результати проведених досліджень.

Викладення основного матеріалу. Пестициди - в основному органічні сполуки з малою молекулярною вагою і різною розчинністю у воді, що обумовлюється їх молекулярною будовою, полярністю іонів, хімічним складом та іншими внутрішніми якостями, які впливають на сорбцію пестицидів ґрунтовими колоїдами.

Пестициди розповсюджуються у пароподібному, розчиненому та суспензійному стані. Суспензійна форма міграції є найважливішою як у ґрунтах, так і у ґрунтових водах. Важливу роль при цьому відіграє органічна речовина і мул, які складають «суспензійний комплекс» ґрунту.

Процес міграції пестицидів та тип і швидкість перетворень у системі «ґрунт – вода», а також їх залишкова кількість є результатом взаємодії факторів, які можна розподілити на чотири основні групи: властивості самого пестициду (хімічна структура діючої речовини та її стійкість); властивості ґрунту та агрономічні фактори (механічний склад і будова ґрунту, хімічні властивості ґрунту, склад флори і фауни ґрунтів); кліматичні умови (опади, випаровування); режими потрапляння хімічних засобів захисту рослин (норми внесення, кількість обробок). При чому, для одних пестицидів визначальними будуть фізичні параметри, як наприклад, випаровування, для інших – хімічна чи біологічна деструкція [1].

Важливими факторами розповсюдження та накопичення пестицидів у геологічному середовищі є: літогеохімічні особливості порід, хімічний склад та динаміка ґрунтових вод, а також геоморфологічні і кліматичні особливості території досліджень. Полігон з моніторинго-

вих досліджень на території Донецької дослідної станції садівництва знаходиться в межах південного крила Бахмутської улоговини Донецької складчастої структури. Кайнозойська товща складається тут відкладами палеогенового, неогенового та четвертинного віку. Останні представлені елювієм, делювієм і алювієм від нижнього до сучасного відділів (Q_I - Q_{IV}) товщиною від метрів до 15-20 м, а іноді і 30-40 м. Найрозповсюдженішими є лесоподібні суглинки, що перекривають майже усі вододільні простори і схили. Це стосується і території досліджень, приуроченої до лівого заплавної схилу р. Бахмутка, що є правою притокою р. Сіверський Донець. Схил терасований, причому утворення руслового алювію сучасних надплавних терас (Q_{IV}), представлені алювіальними, делювіальними та еоловими відкладами [5].

Підземні води четвертинних відкладень утворюють витриманий за площею і постійний у часі горизонт ґрунтових вод, що залягає на червоно-бурих глинах і щільних суглинках. На деяких молодих терасах глини відсутні і лесоподібні водоносні породи підстилаються алювіальними пісками у яких відбувається вільна фільтрація ґрунтових та атмосферних вод. Основну роль у формуванні режиму підземних вод терас на території досліджень відіграють атмосферні умови. Оскільки на дослідній території під четвертинними відкладами знаходяться тріщинуваті та закарстовані гіпсово-доломітові породи картамиської світи нижньої пермі, режим підземних і, зокрема, ґрунтових вод буває досить ускладненим. Гідравлічний режим підземного стоку ускладнюється і рельєфом, що характеризується наявністю вимитих поверхневими опадами невеликих, з крутими схилами, ярів [5].

Територія Донецької дослідної станції садівництва розташована на півдні м. Артемівськ, де за досліджуваний період у найтеплішому місяці року – липні по метеостанції «Артемівськ» середньомісячна температура складе $20,9^{\circ}C$. Найхолодніший місяць – лютий, із середньою місячною температурою – $3,5^{\circ}C$. Середньорічна температура в період з 1989 по 1994 рр. складала $8,5^{\circ}C$ (табл. 1).

Сумарна кількість опадів, що випали за час моніторингу на території досліджень в середньому складає 511 мм, а по місяцях вона коливалася від 27,35 мм до 77,83 мм (табл. 2).

Величини випарів перевищують тут кількість атмосферних опадів майже вдвічі, створюючи дефіцит зволоження. Особливо це стосується весняно-літнього періоду, коли дощові води швидко стікають по ярово-балковій мережі до русла р. Бахмутка. У цей час відбувається

Середньомісячна та середньорічна температура повітря території досліджень
(за даними метеостанції «Артемівськ»)

Період спостереження	Місяці												За рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1989	-1,80	0,90	5,20	10,60	14,50	20,50	20,20	21,10	15,10	8,70	1,50	-1,20	9,61
1990	-2,70	1,00	5,40	10,90	14,00	17,60	21,20	18,90	14,00	8,20	5,70	-1,00	9,43
1991	-3,00	-6,70	0,10	9,90	14,10	20,90	23,50	20,20	14,20	10,9	2,00	-3,80	8,53
1992	-3,20	-4,90	3,50	8,20	13,80	18,90	19,40	21,20	13,20	6,60	2,50	-5,00	7,85
1993	-3,80	-3,10	1,20	8,00	15,40	17,80	20,10	19,90	12,00	7,50	-7,40	-2,00	7,13
1994	-0,10	-8,20	-0,50	11,50	14,00	17,30	21,10	20,30	19,50	10,0	0,10	-6,40	8,22
Середнє значення	-2,43	-3,50	2,48	9,85	14,3	18,83	20,92	20,27	14,67	8,65	0,73	-3,23	8,5

і максимальне випаровування вологи з ґрунтів, поверхневих вод, верховодки і частково-ґрунтових вод (табл. 3).

Аналіз проб четвертинних ґрунтів, проведений у лабораторії Донецької дослідної станції садівництва дозволив визначити склад самих верхніх горизонтів четвертинних осадов. Вони характеризуються як чорнозем звичайний, що залягає на лесоподібному суглинку. Середній вміст гумусу та інших складових у профілі ґрунту за результатами цих досліджень також було досить детально вивчено (табл. 4).

Механічний склад ґрунтів характеризується стійкою перевагою пилюватих часток, вміст яких складає 60% при крайніх значеннях 10,3-76,5%. Вміст глинистих часток складає 5,3-58,2%, а піщаних-від 1,45 до 73,1%. Пористість суглинків складає 38%.

ґрунтові води приурочені до еолово-делювіальних, місцями до алювіальних відкладів четвертинного віку, які представлені неоднорідними переважно середніми та легкими лесоподібними суглинками з прошарками супі-

сків. Коефіцієнт фільтрації від 0,008 до 0,069 м/добу. Загальний хімічний склад ґрунтових вод - гідрокарбонатно-сульфатний, сульфатно-гідрокарбонатний магнієвий, натрієвий, кальцієвий. Мінералізація їх коливається у межах 0,7-3,6 г/дм³ за середньої 0,8-1,5 г/дм³. За концентрацією водневих іонів води характеризуються як нейтральні або слабколужні (рН 6,6 - 8,25). Серед мікроелементів у підземних водах в іонній формі присутні залізо (0,01 - 1,8 мг/дм³), марганець (0,02 - 0,35 мг/дм³), мідь (0,002 - 0,045 мг/дм³), цинк (0,005 мг/дм³), свинець (0,005 мг/дм³), хром (0,002 - 0,004 мг/дм³). ґрунтові води забруднені органічними сполуками. Вміст нітратів змінюється від 2,0 до 150,0 мг/дм³. Серед усіх цих компонентів перевищують гранично-допустимі концентрації (ГДК) лише марганець та нітрати [6].

Вміст пестицидів у геологічному середовищі напряму залежить від кількості їх застосування на сільгоспугіддях. У межах Донецької дослідної станції садівництва ці препарати використовувалися від 5 до 31 кг/га (табл. 5).

Таблиця 2

Середньомісячна та середньорічна кількість опадів (за даними метеостанції «Артемівськ»)

Рік	Місяці												За рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1989	32,30	23,10	20,80	32,90	50,60	51,90	50,60	14,70	52,80	32,80	63,60	48,50	474,60
1990	50,80	23,70	42,20	22,80	40,20	92,00	53,50	33,30	40,40	32,20	29,70	41,60	502,40
1991	33,20	31,90	10,50	19,00	69,90	90,60	54,70	48,30	37,80	55,80	18,30	32,20	502,20
1992	26,10	53,60	24,00	27,90	104,7	143,1	138,3	6,10	73,80	39,20	74,80	24,90	736,50
1993	31,60	14,40	27,50	46,00	26,40	38,70	50,80	44,50	62,50	20,30	4,60	115,8	483,10
1994	37,70	20,10	71,50	34,30	39,20	50,70	4,70	17,20	6,80	37,40	25,70	19,20	364,50
Середнє значення	35,28	27,8	32,75	30,48	55,17	77,83	58,77	27,35	45,68	36,28	36,12	47,03	511,0

Таблиця 3

Середнє сумарне випаровування з поверхні ґрунтів на території досліджень
(за даними метеостанції «Артемівськ»)

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За рік
Випаровування, мм	3	10	35	90	146	162	189	167	126	62	6	1	997

Таблиця 4

Середній вміст складових ґрунту на території досліджень
(за даними досліджень Донецької дослідної станції садівництва)

Горизонт, см	pH	NO ₃ мг/кг	Нлужно- гідролізо- ваний, мг/кг	P ₂ O ₅ мг/100г ґрунту	K ₂ O мг/100г ґрунту	Гумус, %	CaCO ₃ %
0 - 20	7,2	103,6	211,4	0,79	25,5	6,22	-
20 - 40	7,45	77,9	116,2	0,66	24,0	5,47	-
40 - 60	7,75	47,3	112,0	0,46	18,9	3,92	1,98
60 - 80	7,90	40,5	96,6	0,39	17,5	2,49	5,19
80 - 100	7,95	35,6	81,2	0,33	17,0	1,74	14,89

Таблиця 5

Використання пестицидів на 1 га угідь Донецької дослідної станції садівництва

Територія внесення пестицидів	Внесення пестицидів по рокам, кг/га				
	1989	1990	1991	1992	1993
Донецька дослідна станція садівництва	20,1	31,15	6,22	16,02	5,82

Таблиця 6

Період напіврозпаду деяких пестицидів

Сполуки	Період напіврозпаду
Інсектициди, ДДТ	2-16 років
Триазинові гербіциди	1-2 роки
Гербіциди бензойної кислоти	40 днів – 1 рік
Сечовидні гербіциди	4 – 10 місяців
Гербіциди 2,4-Д та 2,4,5 - Т	40 днів – 5 місяців
Фосфорорганічні інсектициди	2 тижні – 3 місяця
Карбонатні інсектициди	2 тижні – 1,5 місяця

Серед основних груп пестицидів, що використовувалися за період досліджень на площі моніторингу, більшість втрачають свої токсичні властивості за дні і місяці, що визначається їх періодом напіврозпаду. Але деякі залишаються небезпечними на протязі багатьох років (табл. 6).

Наявність пестицидів у ґрунтах та ґрунтових водах належить до одного з важливих факторів, які впливають на екологічний стан геологічного середовища [4].

Згідно з інформаційними бюлетенями Артемівської ГРЕ за 1989-1993 рр., залишкова кількість пестицидів у пробах ґрунтових вод та ґрунтів, відібраних зі спостережних свердловин Артемівського дослідного полігону, пробурених

на водоносний горизонт в еолово-делювіальних четвертинних відкладах, залишкова кількість таких пестицидів як ДДТ та його метаболіту ДДЕ, ГХЦГ та його ізомерів (α , β , γ), трефлану, фозалону, прометрину, карбофосу в ґрунтових водах на території Артемівського дослідного полігону (територія ДДСС) знаходиться в концентраціях від $n \cdot 10^{-6}$ до $n \cdot 10^{-3}$ мг/дм³ [7]. Проте, залишкова кількість пестицидів, які встановлені у пробах води діючого водозабору селища Опитне, розташованого нижче від джерела забруднення на відстані 1-1,5 км є досить значними ($n \cdot 10^{-5}$ до $n \cdot 10^{-6}$ мг/дм³), що вказує на їх високу міграційну здатність.

ґрунт має велику поглинальну здатність і характеризується високими буферними власти-

востями, тому малостійкі пестициди, у невеликих кількостях, як правило не впливають на його біологічну активність та агрохімічні властивості. [3].

В 1992 році у пробах ґрунту (глибина відбору 10-15 см) відібраних на території Артемівського дослідного полігону (територія ДДСС) виявлені від 3 до 8 пестицидів у концентраціях (мг/кг): α -ГХЦГ від слідів до $1,2 \cdot 10^{-3}$; γ -ГХЦГ - від слідів до $8,5 \cdot 10^{-3}$; ДДЕ - від $5 \cdot 10^{-3}$ до $3,9 \cdot 10^{-1}$; ДДТ - від слідів до $1,5 \cdot 10^{-1}$; фозалон - від $8,6 \cdot 10^{-3}$ до $9,6 \cdot 10^{-2}$; карбофос - від слідів до $1,6 \cdot 10^{-2}$.

У багатьох випадках такий пестицид, як ДДТ та його метаболіт ДДЕ виявлено у концентраціях вищих за ГДК у 3 - 4 рази, що у 1,5 - 1,8 рази є більшим за визначення попередніх років. Останній факт можна пояснити здатністю ґрунту максимально акумулювати пестициди у верхньому орному шарі (0-20 см), де вміст гумусу є найвищим (у нашому випадку 6,22 %), адже гумінові речовини мають високу сорбційну здатність.

Присутність у ґрунтах, водах поверхневих водотоків та підземних водах питного водозбору пестициду ДДТ (та його метаболіту ДДЕ), який не використовується у нашій країні з 1970 року, свідчить про те що ретроспективне забруднення стійко зберігається [2].

Гідрогеохімічні аномалії пестицидів у ґрунтових водах утворюються на геохімічних бар'єрах, формування яких обумовлюється підвищеннями рельєфа, ґрунтовим гумусом, позити-

вно зарядженими суспензійними частками, катіонами заліза, марганця та інших елементів, що зустрічаються на шляху потоків розсіювання пестицидів від джерела забруднення. Особливої уваги в аспекті вивчення міграційної здатності пестицидів, на думку автора, заслуговує їхнє взаємодія з концентраціями окису та двоокису вуглецю і азотистих сполук у підземних водах. Передусім це може стосуватися фосфороміщуючих пестицидів (карбофос, фозалон)

Висновки. 1. Встановлено, що розповсюдження та накопичення пестицидів у ґрунтах і ґрунтових водах визначається як їх внутрішніми властивостями, так і зовнішніми геохімічними особливостями середовища їх знаходження.

2. Можливість існування у пароподібному, розчиненому і суспензійному стані у різних геологічних умовах робить пестициди надзвичайно рухливими, що обумовлює утворення великих за розмірами ореолів розсіювання у різних геохімічних полях.

3. Важливими факторами накопичення пестицидів є літогеохімічні, гідрогеохімічні, гідродинамічні, геоморфологічні, кліматичні та деякі інші особливості геологічного середовища.

4. Встановлено кореляційну залежність залишкової кількості пестицидів від їх фізико-хімічної стійкості (внутрішні фактори) та середовища їх знаходження (зовнішні фактори).

Література

1. Сметник А. А. Прогнозирование миграции пестицидов в почвах [Текст] : Автореф. дисс. доктора биологических наук / А. А. Сметник. – М., 1999. – 31 с.
2. Осокіна Н. П. Содержание хлорорганических пестицидов в питьевой воде г. Киева [Текст] / Н. П. Осокіна // *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. – №1. – 2006. – С. 62–64.
3. Наземцева Я. О. Моделирование миграции пестицидов у ґрунтах від джерел постійного забруднення [Текст] / Я. О. Наземцева, Д. О. Лазненко *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – № 4/10(64). – 2013.
4. Осокіна Н. П. Содержание хлорорганических пестицидов в подземных водах и их влияние на безопасность жизнедеятельности населения Украины [Электронный ресурс] / Н. П. Осокіна. *Институт геологических наук НАН Украины*. – Режим доступа : <http://archive.nbuv.gov.ua>.
5. *Гидрогеология СССР. Том 6. Донбасс* [Текст] / Под ред. Д. И. Щеголева. – М. : Недра, 1971. – 480 с.
6. Суярко В. Г. *Экология подземной гидросферы Донбасса* [Текст] / В. Г. Суярко. – К. : Знание, 1997. – 69 с.
7. Потапенко Г. Є. Вміст пестицидів у підземних водах та ґрунтах Донеччини [Текст] / Г. Є. Потапенко // *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, № 1084*. – 2013. – С. 233–236.