

АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ РОЗМІРІВ ТОКСИЧНОЇ ХМАРИ В КІНЦІ НАЗЕМНОГО ШТАНГОВОГО ОБПРИСКУВАННЯ СІЛЬГОСПКУЛЬТУР ПЕСТИЦИДОМ

**В.А.Закордонець, д.мед.н., А.І.Юрченко, О.М.Багацька, к.сіл.-госп.н.
Т.В.Юрченко, к.сіл.-госп.н.**

Інститут екологієни і токсикології ім.Л.І.Медведя

РЕЗЮМЕ. У статті подано послідовність використання математичних моделей для визначення розмірів токсичної хмари пестициду на етапі закінчення наземного штангового обприскування.

Ключові слова: наземне штангове обприскування, пестициди, аерозолі, повітря, концентрації, математичні моделі.

РЕЗЮМЕ. В статье представлена последовательность использования математических моделей для определения концентраций пестицидов в воздухе агроценозов при наземном штанговом опрыскивании.

Ключевые слова: наземное штанговое опрыскивание, пестициды, аэрозоли, воздух, концентрации, математические модели.

SUMMARY. The sequence of mathematical models used for determination of toxic clouds of pesticide on the stage of completion during ground bar spraying is discussed in the article.

Key words: ground bar spraying, pesticides, air, aerosol, mathematical models.

Необхідність знати розміри токсичної хмари пестициду в кінці обприскування того чи іншого поля обумовлена тим, що на цьому етапі концентрації хімікату в токсичній хмарі мають максимальні значення. Це дозволяє більш об'єктивно оцінити безпечність технології хімічного захисту культури, аргументувати заходи попередження отруєнь сільськогосподарських робітників, що працюють на суміжних полях та заходи щодо зменшення забруднення атмосферного повітря пестицидами сільських населених пунктів.

Слід зазначити, що інструментальне визначення розмірів токсичної хмари має цілий ряд організаційних, методичних і економічних складнощів, тому для постійного практичного застосування не прийнятне. Визначення поля концентрацій токсичної хмари розрахунковим методом позбавляє цих недоліків.

Мета даної роботи:

- 1) створити базовий варіант алгоритму визначення розмірів токсичної хмари пестициду на етапі закінчення штангового наземного обприскування сільгоспплощі.
- 2) звернути увагу екоотоксикологів на необхідність більш широкого застосування розрахункових методів дослідження при вирішенні експертних питань безпечності хімічного захисту сільськогосподарських культур, для сільгоспробітників, населення і довкілля.

З урахуванням постійного удосконалення розрахункових моделей в майбутньому базовий алгоритм визначення розмірів токсичної

хмари і концентрації в ній пестициду схематично має такий вигляд.

1. Відбір інформації щодо умов технології обприскування сільськогосподарської культури. В нашому випадку ми скористаємось даними публікацій [1, 2].

а) Інформація відносно поля та сільгоспкультури. Поле, розміром 600 м x 450 м, площею 27 га, під озимою пшеницею висотою 0,8 м. Густота посіву 6500000 шт/га ширина міжрядь 7,5 см, листовий індекс 5,2.

б) Обприскувач ОП-2000-2-01. Штанга 18 м розміщена на висоті 1,2 м від рівня землі. Розпилювачі марки РЩ-110-1.0, кількістю 17 штук.

Миттєва витрата робочого розчину через 17 розпилювачів 246,5 см³/с. Оптимальна робоча швидкість агрегата 2,74 м/с. Миттєве покриття площі 49,3 м²/с.

в) Препарат фуфанол 57 % к.е., діюча речовина малатіон. Малатіон являє собою несистемний інсектицид (інсектоакарицид) широкого спектра дії з контактною, кишковою та респіраторною дією. Малатіон застосовують для боротьби зі шкідниками (тлі, листоблішки, яблуневих молей, борошнистого червця, трипси тощо) та кліщами на сільськогосподарських, плодових культурах, ягідниках, виноградниках. Фізико-хімічні властивості малатіону (C₁₀H₁₉O₆PS₂): молекулярна маса 330,5, рідина бурштинового кольору, розчинність у воді (20°C) 148 мг/л, об'ємна густина 1,23 г/мл, тиск парів (25°C) 3,1 мПа, (20°C) 1,25 10⁻⁴мм рт. ст., ко-

ефіцієнт дифузії – 0,025 см²/с (20°C) [3].
Період напіврозпаду у ґрунті ДТ₅₀ – 0,17 діб, водний фотоліз ДТ₅₀ (рН 7) 98 діб, водний гідроліз ДТ₅₀ (рН 7) 6,2 діб. Токсикологія: ссавці ЛД₅₀ (гостра оральна) 400-1778 мг/кг, ЛД₅₀ (шкірна) 2000 мг/кг, ЛС₅₀ (інгаляційна) 5 мг/л; ДСД 0,03 (мг/кг маси тіла на добу); птахи ЛД₅₀ (гостра оральна) 359 мг/кг; риби ЛД₅₀ (гостра 96 годинна) 0,018 мг/л, ЛД₅₀ (хронічна 21 добова) 0,091 мг/л; водні безхребетні ЕС₅₀ (гостра 48 годинна) 0,0007 мг/л; водні ракоподібні ЛСм (гостра 96 годинна) 0,0015 мг/л; донні організми ЛС₅₀ (гостра 96 годинна) 0,0004 мг/л; водорості ЕС₅₀ (гостра 72 годинна) 13 мг/л; бджоли ЛС₅₀ (гостра 14 добова) 306 мг/кг [12].

Норма витрати препарату 1,2 л/га, діючої речовини 684 г/га робочого розчину 50 л/га. Концентрація малатиону у робочому розчині 13,68 мг/см³. Імпульс концентрації в початковому миттєвому об'ємі повітря – 57 мг/м³ с.

г) Погодні умови. На початку обприскування (о 6-й годині ранку) температура повітря на рівні 0,8 м дорівнювала 14,2°C; на висоті 2 м від землі – 13,6°C, вітер 1,5 м/с; у рослинному покриві 0,2 м/с; відносна вологість повітря 60 %; атмосферний тиск 750 мм рт.ст.

В кінці обприскування площі (7 годин, 37 хвилин, 15 секунд) температура повітря у рослинному покриві (0,8 м) 21,6мС; на висоті 2 м від землі 16,5°C. Вітер, відносна вологість повітря та атмосферний тиск без суттєвих змін.

2. Вертикальний підйом повітряної маси

Вертикальний підйом повітря відіграє значну роль у формуванні непродуктивних витрат препарату та концентрації токсичної хвилі.

За малих вертикальних температурних градієнтах висхідну швидкість підйому повітря у першому наближенні можна визначити через залежність її від швидкості горизонтального вітру [4].

При наявності вертикальних температурних градієнтів розрахунки конвективних швидкостей підйому повітря проводяться за формулою (1), запропонованою Фаїзом Абдуллою Салімом і В.В.Фоменком [5].

$$V_z = \left[\frac{g}{T_0} \left(\left. \frac{dT}{dz} \right|_{\text{ад}} - \left. \frac{dT}{dz} \right|_{\text{ре}} \right) \right]^{1/2} \cdot Z \cdot \eta, \quad (1)$$

g – прискорення вільного падіння, $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$;

T₀ – температура повітря на рівні землі (рослинного покриву), К;

T – температура повітря на висоті Z м від рівня землі, К

$\left. \frac{dT}{dz} \right|_{\text{ад}}$ – адиабатичний температурний градієнт, що дорівнює величині $\approx -10^{-2} \text{ К/м}$;

$\left. \frac{dT}{dz} \right|_{\text{ре}}$ – реальний вертикальний температурний градієнт повітря поблизу поверхні землі (Z=2 м);

Для зменшення об'ємів розрахунків нами вибрані параметри погоди, визначені, для половини терміну обприскування, тобто 6 годин 48 хвилин при цьому T_{Z=0} = 17,9°C; T_{Z=2} = 15,0°C.

Рішення:

$$V_z = + \left| \frac{9,8}{290,9} \left(\left| 1,45 \right| - \left| 0,01 \right| \right) \right|^{1/2} \cdot 2 = 0,44 \text{ м/с}$$

3. Хронометраж обприскування.

З урахуванням напрямку вітру довжина робочого гону дорівнює 600 м. При ширині поля 450 м і довжині штанги 18 м кількість гонів – 25. При оптимальній робочій швидкості агрегата 2,74 м/с один робочий гін долається за 219 с. На розворот агрегата при переході до наступного робочого гону витрачається в середньому 15 секунд. В сумі на обприскування площі одного робочого гону витрачається: 219 с + 15 с = 234 с. Лише на останній, 25 гін, витрачено 219 с. В результаті загальна витрата часу на обприскування 27 га поля (при одноразовій заправці обприскувача) становитиме: (234с • 24 гони) + 219 с = 5835 секунд або 1,62 години.

4. Визначення швидкості випаровування води з крапель робочого розчину пестициду проведено за формулою ВТІ (2), яка враховує швидкість руху повітря [4].

$$S = (22,9 + 17,4 \cdot v) P_N - P_D / 760 / B \text{ г/м}^2 \text{ год.}, \text{ де (2)}$$

S – швидкість випаровування води, г/м² год.;

V – швидкість руху повітря, м/с;

P_N – тиск насиченої пари у повітрі при температурі вологого термометра, мм рт.ст.;

P_D – тиск парів води у повітрі при наявній відносній вологості, мм рт.ст.;

B – атмосферний тиск під час обприскування, мм рт.ст.

Рішення: стеблостій пшениці (0,8 м) відносно вітру наближається до напівзамкнутої системи, тому швидкість руху повітря у стеблостій пшениці нами прийнята на рівні швидкості конвективного підйому 0,44 м/с. При температурі повітря 17,9°C температура вологого термометра дорівнює 15,2°C, а P_N – 12,95 мм рт.ст.; P_D 17,9°C = 15,38 мм рт.ст.; P_{70%} = 15,38 мм рт.ст. 0,7 % = 10,766 мм рт.ст.

Підвищена відносна вологість повітря (W) у стеблостій пшениці (70 %) порівняно з відносною вологістю атмосферного повітря (60 %) зумовлена внесенням водного робочого розчину пестициду.

Рішення:

$$S = (22,9 + 14,7 \cdot 0,44)(12,95 - 10,766)(760/750) = 30,566 \cdot 3,184 \cdot 1,013333 = 67,642 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год} = 18,78 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{с} = 18,8 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{с}$$

5. Визначення співвипаровування діючої речовини пестициду з парами води робочого розчину проведено за формулою (3) рекомендованою в публікаціях [7,8].

$$\frac{W_d}{W_w} = \frac{W_d \cdot P_d}{M_w \cdot P_w(1-R_H)} \text{ , де (3)}$$

W_d, W_w – маса пестициду і води у дистилаті відповідно;

M_d, M_w – молекулярна маса пестициду і води відповідно;

P_d, P_w – тиск насиченого пару пестициду і води відповідно;

R_H – відносна вологість повітря, %;

Рішення:
$$\frac{W_d}{W_w} = \frac{330,5 \cdot 0,000133}{18 \cdot 12,95(1-0,7)}$$

$$0,0006285 \cdot 1000 \text{ см}^3 = 0,628 \text{ г/л} = 0,628 \text{ мг/см}^3.$$

6. Визначення швидкості випаровування діючої речовини пестициду із зневоднених крапель препарату розраховано за формулою (4), рекомендованою В.Г. Мацаком [6].

$$S(5,38+4,1 \cdot V) \cdot P_H \cdot \sqrt{M} \text{ , де (4)}$$

V – швидкість руху повітря, м/с;

P_H – тиск насиченої пари речовини, мм рт. ст.;

M – молекулярна маса речовини.

Рішення: Швидкість руху повітря нами прийнята аналогічно п.4 рівною 0,44 м/с. Температура зволжених робочим розчином пестициду рослин прийнята на рівні показника вологого термометра 15,2 С.

$$S=(5,38+4,1 \cdot 0,44) \cdot 0,000133 \cdot \sqrt{330,5} = 0,0173694 \text{ г/м}^2 \text{ годину} = 0,0000048 \text{ г/м}^2 \text{ с} = 0,0048 \text{ мг/м}^2 \text{ с}.$$

7. Розрахунки інтенсивності та часу повного випаровування води з поверхні крапель робочого розчину.

Результати розрахунків інтенсивності та часу повного випаровування води з поверхні крапель робочого розчину подані в таблицях 1, 2. Параметри використані у цих розрахунках наведені у попередніх публікаціях [1, 2].

8. Визначення умовних об'ємів токсичної хмари.

У польових умовах, як правило, може відстежуватись кілька видів умовного об'єму повітря.

8.1 Початковий первинний умовний об'єм – утворюється у першу секунду розпилювання площею миттєвого покриття та висотою розміщення штанги. Він розраховується за формулою (5):

$$\Omega_{\text{птую}} = S \cdot H \text{ , де (5)}$$

S – площа миттєвого покриття робочим розчином пестициду, м²/с;

H – висота розміщення штанги над рівнем землі, м;

$\Omega_{\text{птую}}$ – початковий первинний умовний об'єм повітря, м³/с.

Рішення:

$$\Omega_{\text{птую}} = 49,3 \text{ м}^2 \cdot 1,2 \text{ м} = 59,16 \text{ м}^3$$

8.2 Початковий вторинний умовний об'єм повітря – утворюється у перші секунди площею миттєвого покриття та висотою стеблостою сільгоспкультури. Формула розрахунку попередня. В ній лише висота розміщення штанги над рівнем землі (H) замінена висотою рослинного стеблостою (h).

Рішення:

$$\Omega_{\text{птую}} = 49,3 \text{ м}^2 \cdot 0,8 \text{ м} = 39,44 \text{ м}^3$$

8.3 Миттєвий приріст умовного об'єму – утворюється площею миттєвого покриття пестицидом та швидкістю вертикального руху повітря.

Формула розрахунку (6):

$$\Delta\Omega = S \cdot V \text{ , де (6)}$$

S – площа миттєвого покриття робочим розчином, м².

V – швидкість вертикального руху повітря, м/с

Рішення:

$$\Omega_{\text{птую}} = 49,3 \text{ м}^2 \cdot 0,44 \text{ м/с} = 21,692 \text{ м}^3/\text{с}$$

8.4 Щосекундне надходження парів пестициду в умовні об'єми повітря розглядається як надходження окремих токсичних клубів, які ведуть себе автономно в системі токсичної хмари [2].

Слід зазначити, що окремим клубом токсичної хмари нами прийнято умовний прямокутний об'єм, в основі якого лежить площа миттєвого покриття робочим розчином, обмежена шириною робочого захвату та відстанню, пройденою обприскувачем за 1 секунду. Висота умовного об'єму обмежується висотою розміщення штанги обприскувача, висотою стеблостою, а також висотою вертикального розмиття клубу від моменту миттєвої витрати робочого розчину до моменту надходження його до вибраної в експерименті фіксованої точки.

Розрахунок умовного об'єму повітря в будь-якій точці токсичної хмари для визначеного часового терміну проводиться за формулою (7):

$$\Omega_t = (t-1)\Delta\Omega + \Omega_{\text{птую}}(\Omega_{\text{птую}}) \text{ , де (7)}$$

Ωt – умовний об'єм повітря на час t в секундах, m^3 ;

t – час (в секундах) від моменту миттєвої витрати робочого розчину мінус 1, до моменту надходження токсичної хмари у визначену точку.

$\Delta\Omega$ – миттєвий приріст умовного об'єму повітря, m^3/c .

$\Omega_{пнво}(\Omega_{пво})$ – початковий первинний (вторинний) умовний об'єм повітря, m^3/c .

відстані за напрямом вітру визначається за формулою (9):

$$H_{mxi} = (t-1 \cdot V) + H_{um}(h_{посл}), \text{ де} \quad (9)$$

H_{mxi} – висота токсичної хмари для відібраної віддалі від межі миттєвої витрати робочого розчину, м;

$t-1$ – час (у секундах) міграції токсичної хмари до відібраної віддалі;

V – швидкість вертикального руху повітря, м/с

Таблиця 1

Розрахункові параметри надходження пестициду з парами води в атмосферне повітря

Фракції крапель робочого розчину, ді, мкм	Об'єм води у фракції крапель робочого розчину, см ³	Сумарна площа крапель у фракціях робочого розчину, м ²	Інтенсивність випаровування води сумарно з поверхні крапель окремих фракцій, мг/с	Час випаровування води в окремих фракціях крапель, С	Динаміка надходження парів води робочого розчину (см ³) і діючої речовини пестициду (мг) при випаровуванні														
					Часові (секундні) фрагменти випаровування води і пестициду														
					1058,06	701,24	703,4	705,2	703,1	722,9	803,3	2,8	435						
120	33,858	1,705	32,00	1058,06	33858														
200	60,520	1,830	34,40	1759,3	36397	241123													
280	62,652	1,353	25,44	2462,7	26917	17840	17895												
360	37,286	0,626	11,77	3167,9	12453	8254	8279	8300											
440	25,123	0,345	6,49	3871,0	6867	4551	4565	4577	4563										
520	11,301	0,131	2,46	4593,9	2603	1725	1730	1725	1730	1778									
600	1,943	0,019	0,36	5397,2	381	252	253	254	253	260	289								
700	0,918	0,009	0,17	5400,0	180	119	120	120	119	123	136	1							
Всього	233,6	6,018		5400,0	119,656	56,864	32,842	14,986	6,665	2,160	0,425	0,001							
Діюча речовина, мг					75,144	35,710	20,625	9,411	4,185	1,356	0,267	0,0006							
Миттєве надходження діючої речовини в умовний об'єм, мг/с					0,071	0,051	0,029	0,013	0,006	0,002	0,003	0,0002							

9. Розрахунок відстані зносу токсичної хмари пестициду вітром. Відстань зносу токсичної хмари пестициду вітром на кінець обприскування поля визначається співвідношенням (8):

$$L = t \cdot V, \text{ де} \quad (8)$$

t – час у секундах від початку до кінця обприскування гону або вибраної площі;

V – швидкість вітру на висоті 1,5 – 2 м від рівня землі, м/с;

$$\text{Рішення: } L = 5835 \text{ с } \cdot 1,5 \text{ м/с} = 8752,5 \text{ м}$$

10. Визначення висоти токсичної хмари у будь-якій точці відстані за напрямом вітру. Висота токсичної хмари в будь-якій точці

$H_{um}(h_{посл})$ – висота розміщення штанги або висота рослин над рівнем землі, м

11. Вибір фіксованих (стандартних) точок (клубів) у поодинокій хвилі токсичної хмари та визначення концентрації в ній пестициду.

Необхідність вибору фіксованих точок (клубів) у хвилі токсичної хмари обумовлена послідовним накладанням наступних хвиль на попередні, а також вимогою адекватного їх розміщення при визначенні розмірів токсичної хмари та концентрацій пестициду в ній.

Структура токсичної хвилі, утвореної при проходженні робочого гону обприскувача, складається з головного блоку та ряду проміжних блоків (хвоста). Головний блок знаходиться у фронтівій частині токсичної хвилі та утворюється послідовно виникаючими

Розрахункові параметри надходження парів пестициду в атмосферу з поверхні обезводнених фракцій крапель препарату при інтенсивності випаровування $I=0,0048$ мг/м² с.

Радіус крапель пестициду після випаровування води, мкм	Сумарна площа крапель препарату, м ²	Інтенсивність випаровування препарату з сумарної поверхні крапель окремих фракцій, мг/с	Динаміка миттєвого надходження мг/с парів пестициду з обезводнених крапель в атмосферне повітря									
			Часові (секундні) фрагменти випаровування пестициду									
			1058,06	701,24	703,4	705,2	703,1	722,9	803,3	2,8	435	
17,1	0,1406	0,0006748		0,0006748	0,0006748	0,0006748	0,0006748	0,0006748	0,0006748	0,0006748	0,0006748	0,0006748
28,6	0,1520	0,0007296		0,0007296	0,0007296	0,0007296	0,0007296	0,0007296	0,0007296	0,0007296	0,0007296	0,0007296
40,1	0,1127	0,0005409			0,0005409	0,0005409	0,0005409	0,0005409	0,0005409	0,0005409	0,0005409	0,0005409
51,6	0,0523	0,0002510				0,0002510	0,0002510	0,0002510	0,0002510	0,0002510	0,0002510	0,0002510
63,1	0,0288	0,0001382					0,0001382	0,0001382	0,0001382	0,0001382	0,0001382	0,0001382
74,6	0,0110	0,0000528						0,0000528	0,0000528	0,0000528	0,0000528	0,0000528
86,1	0,0016	0,0000076								0,0000076	0,0000076	0,0000076
100,6	0,0007	0,0000033										0,0000033
Всього	0,4997	0,0024		0,0006748	0,0014044	0,0019453	0,0021963	0,0023345	0,0023873	0,0023949	0,0023982	0,0023982
Миттєве надходження діючої речовини в умовний об'єм повітря при співвипаровуванні з водою, мг/с			0,071	0,051	0,029	0,013	0,006	0,002	0,0003	0,0002		
Сумарне миттєве надходження діючої речовини препарату в умовний об'єм повітря, мг/с			0,071	0,052	0,030	0,015	0,0082	0,0043	0,0027	0,0026	0,0024	

умовними клубами чисельно рівними кількості секунд, що витрачаються на подолання ширини робочого захвату при наявній швидкості горизонтального руху повітря.

У нашому випадку: $18\text{ м} : 1,5\text{ м/с} = 12\text{ с}$, що дорівнює 12-ти умовним клубам.

Проміжні блоки мають таку ж кількість умовних клубів, як і головний блок. Кількість проміжних блоків залежить від витраченого часу між двома робочими гонами. У нашому випадку: $234\text{ с} : 12\text{ с} = 19,5$;

Головний блок хвилі відрізняється від інших блоків найбільшим вмістом пестициду і тому відіграє провідну роль у формуванні поля концентрацій хімікату в токсичній хмарі. Найбільший вміст діючої речовини препарату знаходиться у початковому миттєвому первинному умовному об'ємі повітря. Він формується паро-аерозольною неосідаючою фракцією диспергованого робочого розчину. В наступних умовних клубах головного блоку вміст токсичної

канду обумовлений лише паровою фракцією робочого розчину.

Фіксовані точки і блоки посідають середнє положення між двома головними блоками. Для зручності розрахунків їм надаються номери відповідно до кількості секунд, витрачених на міграцію умовних об'ємів до заданої відстані.

12. Визначення концентрації пестициду у фіксованих точках токсичної хвилі.

Відомо, що час міграції токсичної хвилі пестициду на флангах робочого гону різняться між собою на величину, рівну часові подолання робочого гону. В зв'язку з цим, розрахунки концентрації і доз проводяться по точці, що ділить час подолання робочого гону на дві рівні половини. У нашому випадку: $5835\text{ с} - 109,5\text{ с} = 5725,5\text{ с}$.

Наступний крок полягає у розрахунку концентрації пестициду в головному блоці токсичної хвилі (в нашому випадку перші 12 умовних клубів).

З попередніх розрахунків відомо, що вміст діючої речовини в об'ємі неосідаючої паро-аерозольної фракції робочого розчину пестициду дорівнює 99,727 мг [1]. Ця маса пестициду надходить у перший фронтальний клуб умовного об'єму повітря. У наступні 11 клубів, згідно з даними табл. 2 повинно щосекундно надходити по 0,071 мг діючої речовини. В дійсності в головному блоці в умовний об'єм повітря надходження парів пестициду щосекунди зменшується за рахунок стікання умовного об'єму повітря з площі миттєвого покриття. У нашому випадку це зменшення дорівнює 1/12 від 0,071 мг, тобто 0,0059166 мг; за 11 секунд в умовний об'єм надійде 0,3905 мг. В сумі це дасть 99,727 мг + 0,3905 мг = 100,12 мг.

У всіх наступних блоках (після головного) надходження парів пестициду в умовні об'єми повітря проходить у дві фази: нарощування, за рахунок поступового накриття повітряною масою обробленої площі, а потім зменшення, за рахунок стікання повітря з даної площі.

Фіксовані точки для всієї токсичної хвилі визначаються у часовому вимірі, що ділить час між двома робочими гонами навпіл. Кількість клубів умовного об'єму, що береться для визначення середньої концентрації пестициду у хвилі дорівнює кількості секунд, що витрачається на подолання ширини робочого захвату при наявній швидкості вітру.

Концентрацію пестициду у головному блоці та у фіксованих точках визначаємо за формулами (10, 11):

$$C_{N1} = \frac{m_{N1}}{(Nn - 1) \cdot \Delta\Omega + \Omega_{пвуо}} \quad (10)$$

$$C_{Nn} = \frac{(m_{Nn} - a_n)}{(N_n + 1H) \cdot \Delta\Omega + \Omega_{пвуо}} \quad (11)$$

C_{N1} або Nn – концентрація пестициду у головному блоці ($N1$) або у фіксованих точках токсичної хвилі (Nn), мг/с³;

m_{Nh} – миттєве надходження пестициду у початковій первинній ($пвуо$) і вторинній ($нвуо$) умовні об'єми клубів токсичної хмари, мг/с (див. табл. 2);

a_n – кількість клубів фіксованого блоку, шт.;
 N_n – номер (секундний) клуба токсичної хмари;

$\Delta\Omega$ – миттєвий приріст умовного об'єму повітря, м³/с;

Ω – початковий первинний ($пвуо$) і вторинний ($нвуо$) умовні об'єми повітря, м³/с.

13. Для визначення можливих експозиційних доз пестициду об'єми дихання людини наведені в довіднику[9], нами виражені в секундному вимірі (табл. 3).

Згідно з розрахунками токсична хмара на момент закінчення обприскування покрила площу: 9038м² 600 м = 542 га. Концентрації пестициду у приземному шарі повітря визначався в межах 10-2 - 10-8 мг/м³. В цих же межах в кінці обприскування реєструвались і розрахункові дози навантаження пестициду на організм людини.

Слід зазначити, що у нашому випадку, час експозиції токсичної хмари у фіксованих точ-

Таблиця 3

Кількість повітря, що вдихається умовною людиною (за даними [9])

Вид діяльності	чоловік	жінка	дитина 10 років	дитина до 1 року	новонароджена дитина
8 годин легкої професійної діяльності (л)	9600	9100	6240	-	-
(л/с)	0,333	0,316	0,217	-	-
8 годин невиробничої діяльності (л)	9600	9100	6240	2500 (10 год)	90 (1 год)
(л/с)	0,333	0,316	0,217	0,069	0,025
8 годин спокою в (л)	3600	2900	2300	1300 (14 год)	690 (23 год)
(л/с)	0,125	0,101	0,08	0,026	0,008
Усього: (л)	22800	21100	14780	3800	780

**Динаміка можливих дозових навантажень пестицидом (мг) на організм умовної людини
(розрахункові дані)**

Відстань від межі поля	50 м	300 м	8,5 км
Початок експозиції	$5,46 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$3,74 \cdot 10^{-6}$
Кінець експозиції	$1,43 \cdot 10^{-2}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$

ках (від початку обприскування до повного звільнення покритої площі у 542 га) дорівнював 3,18 години. В результаті в усіх вибраних нами точках спостерігалось наростання експозиційних доз на два порядки (табл. 4).

Наведені нами концентрації та дози відносяться до негативних факторів малої інтенсивності. Тому слід підкреслити, що в даному випадку йдеться про поодинокую токсичну хмару. В реальних умовах у період інтенсивних захисних робіт не можна виключати випадків одночасного застосування однакових препаративних форм пестицидів або їх комбінацій, що призводить до значного дифузного забруднення атмосферного повітря в сільських місцевостях [10]. Дозові навантаження малої інтенсивності можуть проявлятися рядом негативних реакцій організму, в тому числі вродженими аномаліями [11]. До речі, наші розрахунки показали, що при однакових рівнях забруднення повітря у новонароджених дітей експозиційні дози у 1,28-1,56 рази вищі порівняно з дозами у дорослих. (табл. 5)

Вважається, що найнижчі концентрації хімічних речовин у повітрі (навіть на рівні чут-

ливості методів аналітичного визначення) мають певний ризик небезпеки [11]. Тому експертні оцінки експозицій полютантів на рівні допустимих і близьких до них концентрацій повинні бути дуже зваженими із залученням максимально можливої інформації стосовно властивостей речовин, що вивчаються.

Висновки

Розрахунки параметрів розповсюдження поодинокі токсичної хмари за межі площ, що обробляються пестицидами, дозволяють:

- визначити зміни розмірів токсичної хмари під час проведення обприскування;
- вивчити розподіл концентрацій пестициду в приземному шарі повітря;
- розрахувати дозові навантаження пестицидом на організм людини;
- розширити інформаційне поле показників, корисних при вирішенні експертних питань безпечного застосування пестицидів;
- зробити висновок про необхідність прискорення створення інформаційної бази даних для широкого користування запропонованим методом.

Співставлення дозового навантаження пестициду в мг/кг маси тіла дорослих та дітей молодшого віку при однакових умовах експозиції

Вік людини, роки	30	10	1	Новонароджений	
Маса тіла, кг	70	29.5	9.5	3.5	
Доза мг/кг	Невиробнича діяльність	$7,7 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$1,18 \cdot 10^{-5}$	$1,16 \cdot 10^{-5}$
	Співвідношення		1,56	1,53	1,51
	Спокій	$2,9 \cdot 10^{-6}$	$4,4 \cdot 10^{-6}$	$4,4 \cdot 10^{-6}$	$3,7 \cdot 10^{-6}$
	Співвідношення		1,52	1,52	1,28

ЛІТЕРАТУРА

1. Закордонєць В.А. Алгоритм визначення концентрації пестицидів у повітрі поля і за його межами при наземному штанговому обприскуванні сільгоспкультур (I частина) / В.А.Закордонєць, А.І.Юрченко, О.М.Багацька, Юрченко Т.В. // *Современные проблемы токсикологии*. — Киев, ИИО "Медицина Украины". 2010. — № 4 (51). — С.51 — 54.
2. Закордонєць В.А. Алгоритм визначення концентрації пестицидів у повітрі поля і за його межами при наземному штанговому обприскуванні сільгоспкультур (II частина) / В.А.Закордонєць, А.І.Юрченко, О.М.Багацька, Юрченко Т.В. // *Современные проблемы токсикологии*. — Киев, ИИО "Медицина Украины". — 2011. — № 3 (51). — С.49 — 56.
3. Лихтман Т.В. Расчет коэффициентов диффузии пестицидов в воздухе. / Т.В.Лихтман, В.С.Цетlb // *Гигиена и санитария*. — 1976. — №7. — с.76.
4. *Авиация в сельском хозяйстве: история, техника, технология экономика* [по редакцией В.П.Копичка]. — Харьков: ТАЛ "Слобожанщина", 2002. — 404 с.
5. Фаиз Абдулла Салим. Влияние вертикального градиента температуры воздуха на процесс осаждения капель распыляемых веществ // Фаиз Абдулла Салим., В.В. Фоменко *Матеріали конференції "Застосування авіації в народному господарстві"*. — Кіровоград. — 2001. — С.120 — 123.
6. Мацак В.Г. Гигиеническое значение скорости испарения и давления пара токсических веществ, применяемых в производстве / В.Г.Мацак, Л.К.Хогьянов. — М: Медгиз. — 1959. — 230 с.
7. Гончарук Е.И. Санитарная охрана почвы от загрязнений химическими веществами / Е.И.Гончарук. — Киев.: Здоровья. — 1977. — 157 с.
8. Клисєнко М.А. Определение остаточных количеств пестицидов / М.А. Клисєнко, Л.Г.Александрова [под ред. акад. АН УССР, чл.кор. АМН СССР Ю.И.Кундиева].-К.:Здоровья.=1983.-с.15-30.
9. Мойсєєв А.А.Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене. — 4-е изд. перераб. и доп. / А.А.Мойсєєв, В.И.Иванов. — М.:Энергоатомиздат. — 1990. — С 103 — 109.
10. Кучак Ю.А. Пестициды в атмосферном воздухе как гигиеническая проблема: Автореферат диссертации доктора мед. Наук: 14.00.07/киевский гос. мед. ин-т. — Киев, 1974. — 46 с.
11. Обзор воздействий на окружающую среду и здоровье человека управления отходами: муниципальные твердые и приравненные к ним отходы. Подготовлен Enviro Consulting LTD, университетом Бирмингема и Meggie Thurgood (Университет Бирмингема, Министерство по окружающей среде, вопросам питания и сельским делам. Великобритания, март 2004 г.) Сборник обзорной информации "Экологическая экспертиза". — ВНИИТИ. — Москва. — 2005. — №5. — 84 с.
12. A World Compendium. Pesticide manual. Fourteenth Edition. Editor: SDS Tomlin © 2006 BCPC (British Grop Production Council): P. 642-643.

Надійшла до редакції 30.05.2012