

## РОЗДІЛ «ЕКОЛОГІЯ. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ»

УДК 504.05

ЛИТВИН О.І., к.т.н., доцент  
ПУЗИР Д.І., студент

Дніпродзержинський державний технічний університет

### МОДЕЛЮВАННЯ САНІТАРНО-ЗАХИСНОЇ ЗОНИ ЦЕМЕНТНОГО ВИРОБНИЦТВА З УРАХУВАННЯМ КЛІМАТИЧНО-ГЕОГРАФІЧНИХ УМОВ

**Вступ.** Однією з найбільш важливих задач, що потребують негайного та ефективного розв'язання, є унеможливлення забруднення природного середовища в таких масштабах, що перевищують його здатність до самоочищення. З іншого боку така проблема набуває ще й ознак соціально-економічного впливу за умов, що небезпечні виробництва розташовані в межах населених пунктів. Одним з найнебезпечніших є виробництво цементу. Тому дуже важливим має бути контроль стану природного середовища в районі розташування цементних виробництв і адекватна оцінка збитку від забруднення атмосфери.

**Постановка задачі.** Дослідити та змоделювати мажоранти викидів шкідливих речовин цементного виробництва на прикладі ПАТ «Хайдельберг Цемент Україна» (ХЦУ). Урахувати кліматично-географічні умови роботи (рельєф місцевості, розу вітрів) й знайти дійсну, а не нормативну санітарно-захисну зону (СЗЗ) підприємства, встановивши тим самим картину впливу на житлову інфраструктуру міста Кам'янське.

**Результати роботи. Вихідні дані.** У якості вихідних даних для дослідження обрано результати роботи ХЦУ за 2010 рік. До їх складу входять параметри джерел викидів у атмосферу, показники викидів по кожному джерелу (вид, питомі витрати, температури, швидкості виходу), очисні пристрої, якими обладнані (або є варіант облаштування\*) джерела викидів. Викиди складаються з пилу клінкеру, цементу, шлаку, вапняку та газових сполучень діоксиду азоту, діоксиду сірки, оксиду вуглецю (табл.1). Джерела викидів є точковими й окремо розташованими, очисні споруди працюють за регламентом.

Для моделювання обрано нормативну «Методику розрахунку концентрації в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств» [1].

Кліматичні умови м. Кам'янського задаються відповідно до даних м. Дніпра, Дніпропетровської області для двох періодів року – зима (січень) та літо (липень) [2] (рис.1).

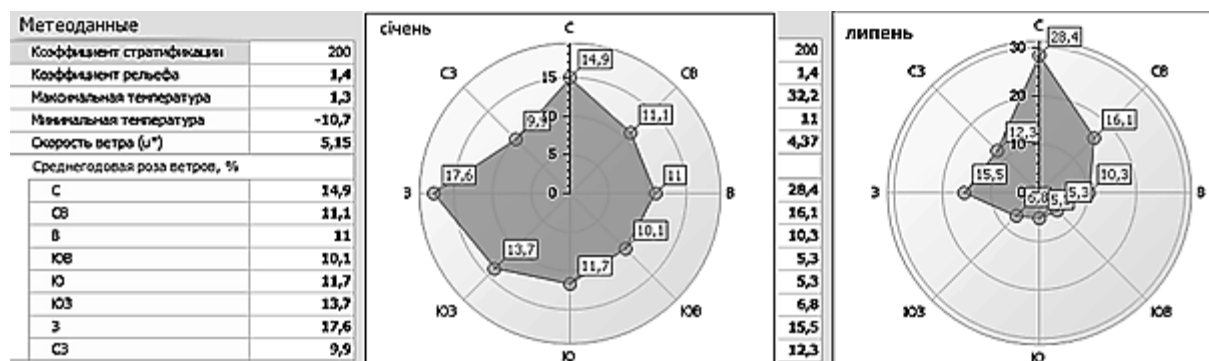


Рисунок 1 – Кліматичні умови для зони дослідження



Прив'язка джерел викидів до географічних координат та параметри рельєфу місцевості промислової площадки ДЦЗ та прилеглих районів міста отримані та розраховані за допомогою системи Google earth (<https://www.google.com/earth/>).

Перепад висот у радіусі до 2 км відносно розташування промислового майданчика підприємства над рівнем моря складає (– 9 м; + 88 м), що визначає коефіцієнт впливу рельєфу місцевості на рівні 1,4 в термінах методики [1].

Виконання розрахунків та отримання результатів здійснено за допомогою програмного засобу УПРЗА «ЕКО центр» (<http://eco-c.ru/products/emission>).

Розташування меж промислового майданчика ХЦУ та суміжних житлових та промислових зон показано на рис.2. Відповідно до II класу небезпечності промислового об'єкта побудовано нормативну СЗЗ (500 м від меж підприємства).



Рисунок 2 – Зона дослідження

Результати моделювання свідчать про те, що розрахункові зони викидів пилу із зваженими частинками  $\leq PM_{10}$  та  $\leq PM_{2.5}$  для різних пор року суттєво не відрізняються та задовільно корелюються з нормативною СЗЗ (рис.3). Це свідчить про задовільну роботу очисного устаткування при уловлюванні пилу.

Але другою складовою викидів є газові сполучення. У цьому випадку наявне обладнання неспроможне забезпечити ефективне уловлювання небезпечних речовин. Зокрема, про це свідчать розрахунки полів розсіювання газових викидів, якісний та кількісний характер яких значно невідрізняється взимку та влітку. При цьому задача уловлювання оксиду вуглецю жодним чином не вирішується. А зона ураження викидами газових сполучень значно перевищує нормативну СЗЗ, зачіпаючи майже всі суміжні житлові зони (рис.4). Крім того, мажоранта розрахункового поля викидів значною мірою визначається мажорантою газових викидів.



Рисунок 3 – Розрахункові зони викидів пилу



Рисунок 4 – Розрахункові зони викидів діоксиду азоту та діоксиду сірки

За умови урахування факторів рельєфу місцевості та кліматичних умов мапи, що відображають характер забруднення, змінюються суттєво, деформуючись під впливом домінуючих напрямків вітру та відповідних особливостей рельєфу.

Для умов січня мапа забруднень поширюється на більшість житлових зон центральної частини міста, на усі напрямки, виходячи далеко за 500 м від СЗЗ підприємства та розповсюджуючись на відстань до 2 км, а на сході – до 3 та більше км, на півдні – більше, ніж на 2,5 км (рис.5).



Рисунок 5 – Фактична СЗЗ з урахуванням рельєфу та кліматичних умов січня

На рис.6 наведено результати моделювання полів викидів для умов липня, тобто для періоду найбільш продуктивної роботи ХЦУ.

У цьому випадку мапа викидів кардинально змінюється. Відносно безпечними залишаються північні райони наведеної мапи. Для решти напрямків ситуація значно погіршується, СЗЗ повинна бути поширена не менш, ніж на 2-2,5 км на заході та більше, ніж на 2,5 км на сході. Але найбільш несприятливі умови утворюються на півдні міста, бо зона забруднення сягає майже 5 км і навіть виходить за адміністративні межі міста у цьому напрямку.

Таким чином, має бути зафіксований реальний, а не нормативний рівень забруднення навколишнього середовища. Як наслідок, підприємство має відшкодувати до бюджету міста зовсім інші кошти, ніж ті, що розраховуються у відповідності з розмірами нормативної СЗЗ, а мешканці небезпечних районів мають отримувати відшкодування та компенсації.

**Висновки.** Результати моделювання свідчать про те, що фактична СЗЗ підприємства, яке утворює шкідливі викиди, значно перевищує за розмірами СЗЗ, яка визнача-

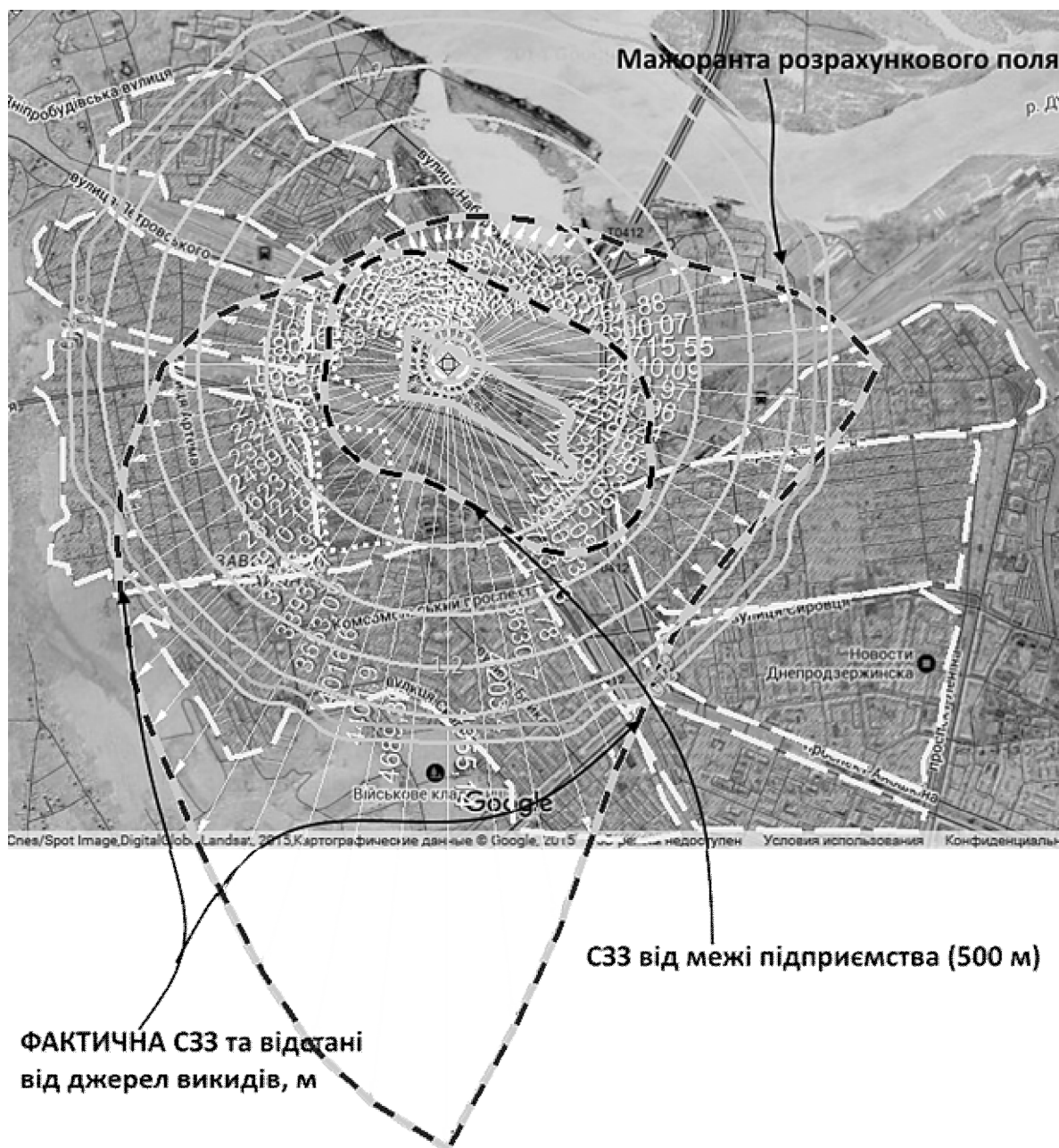


Рисунок 6 – Фактична СЗЗ з урахуванням рельєфу та кліматичних умов липня

ється згідно з класом небезпечності.

Мапа забруднень має обов'язково коригуватися з урахуванням рельєфу місцевості та кліматичних умов, інакше вплив шкідливих викидів може бути недооцінений як в екологічному, так і в соціально-економічному сенсі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Методика розрахунку концентрації в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств: ОНД-86. – Л.: Гідрометеоіздат, 1987. –93с.
2. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123с. – (Національний стандарт України).

Надійшла до редколегії 29.06.2016.

Запорізька державна інженерна академія

## АКТУАЛЬНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА СОЇ В УКРАЇНІ З ПОЗИЦІЇ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

**Вступ.** Сільське господарство – одна з галузей економіки держави, найтіснішим чином пов'язана з використанням у виробничому процесі природних ресурсів. Усі компоненти природного середовища взаємопов'язані з аграрною економікою, і ключ до їх екологічної безпеки – це дотримання балансу між потребами людини та можливостями природного середовища [1].

**Постановка задачі.** Метою даної статті є аналіз стану світового та національного ринків соєвих бобів та соєвих продуктів, визначення перспективності цієї культури при вирішенні проблеми дефіциту рослинного та тваринного білків і забезпечення сталого виробництва екологічно чистої продукції.

**Результати роботи.** Діяльність людини, пов'язана з можливістю негативного впливу мікроорганізмів на навколишнє середовище, зобов'язана забезпечувати екологічно безпечне виробництво, транспортування, використання, зберігання, розміщення та знешкодження мікроорганізмів, розробляти та здійснювати заходи з попередження та ліквідації наслідків негативної дії мікроорганізмів на навколишнє середовище.

В Україні питання гарантування екологічної та продовольчої безпеки країни знаходяться на стадії становлення. Погіршення екологічної ситуації, пов'язане, перш за все, з антропогенною діяльністю людини, вплинуло на якісний склад споживаної їжі. Саме з продуктами харчування в організм людини з навколишнього середовища надходить до 70% забруднювачів різної природи. Ці речовини потрапляють і накопичуються в харчових продуктах по ходу як біологічного ланцюга, що забезпечує обмін між живими організмами і повітрям, водою і ґрунтом, так і харчового ланцюга, який включає всі етапи виробництва продовольчої сировини і харчових продуктів, а також їх зберігання, пакування та маркування. У зв'язку з цим забезпечення безпеки і якості продовольчої сировини і харчових продуктів є одним з основних завдань, що визначають здоров'я людського суспільства [2].

Основними екологічними проблемами в аграрному виробництві є завдання збереження та відтворення родючості ґрунтів і біоресурсів, усунення негативних наслідків техногенного впливу на сільськогосподарські землі, забезпечення сталого виробництва екологічно чистої продукції. Тому з розвитком ринкових умов висувуються на передній план нові завдання: вимога перегляду існуючих систем ведення сільського господарства і переходу до альтернативного виробництва, здатного пов'язати господарську діяльність з біологічними законами сільськогосподарської екосистеми.

Усе більша кількість фахівців у різних галузях підкреслюють як економічну перспективність розвитку ринку соєвих бобів і соєвих продуктів, так і соціальну важливість цієї культури. Враховуючи провідне місце сої у світовому землеробстві, маючи азотфіксуючу здатність, унікальні біологічні особливості, універсальність використання, стабільно високі темпи росту виробництва, значення в ліквідації дефіциту рослинного білка і олії, використання в промисловості, посіви сої будуть збільшуватись. Ця культура в країнах з низьким доходом населення є джерелом дешевого білка для харчування людей, а в країнах із вищим рівнем доходів використовується як цінна білкова сировина в годівлі тварин під час виробництва тваринного білка. Соя дуже вимоглива культура до поживного режиму ґрунту. На утворення 1 ц зерна соя виносить з ґрунту 7,5-10 кг азоту; 3-4,5 кг калію; 1,7-2,5 кг фосфору; тому вона добре реагує на органічні і

мінеральні добрива у легкодоступній формі. З урожаєм 25 ц/га соя виносить із ґрунту близько 200 кг азоту, 60 кг фосфору, 60-90 кг калію. Потреба в азоті до 60% задовольняється за рахунок його біологічної фіксації з повітря. Як зернобобова культура вона здатна до симбіозу з бульбочковими бактеріями. Завдяки цьому у біологічний кругообіг вводиться величезна кількість атмосферного азоту. Біологічно зв'язаний азот може становити до 60-70% загального азоту врожаю, крім того значна його кількість залишається в ґрунті, що робить сою цінним попередником для наступних культур сівозміни. В результаті симбіозу між бактеріями і соєю підвищується не тільки врожайність зерна, але й поліпшується якість врожаю – збільшується вміст білка, жиру, вітамінів тощо [3].

Проблема біологічного азоту була і залишається актуальною в землеробстві. Особливо велика його роль в умовах погіршення екологічної ситуації та недостатнього забезпечення сільського господарства азотними добривами. Екологічна доцільність використання процесу біологічної азотфіксації в господарських цілях сьогодні являється одним із основних напрямів сучасного землеробства. Такий підхід знаходить своє технологічне застосування при вирощуванні зернобобових культур, і в тому числі сої.

Актуальність теми підтверджується постійним зростанням внутрішнього попиту на соєву продукцію з боку власників тваринницьких ферм і компаній-виробників харчових продуктів і особливістю українського ринку, яка полягає у тому, що приблизно половина вирощених соєвих бобів експортується, а друга переробляється в базові соєві продукти, при цьому внутрішній попит на соєву продукцію задовольняється тільки через імпорт.

Вітчизняні дослідники відзначають, що Україна має великі можливості та значний потенціал для подальшого збільшення власного виробництва сої. І саме ця культура може сформувати стабільний урожай. У світі під сою зайнято 118 млн. га земель, а середня врожайність цієї культури – 26,7 ц/га. Виробляє її 91 країна, і її виробництво постійно зростає. Так, якщо в 2003 р. було вироблено 186,8 млн. т сої, то сьогодні ця кількість збільшилася в 1,7 рази – 315,1 млн. т (рис.1) [4].

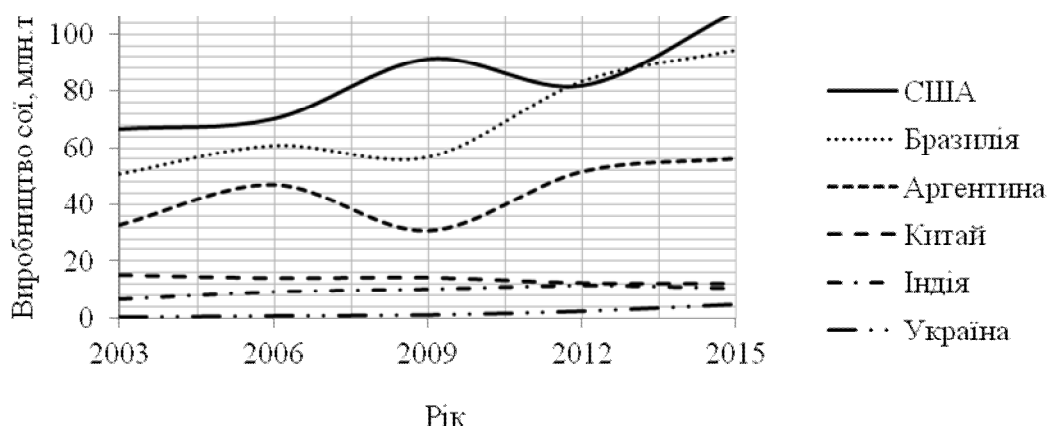


Рисунок 1 – Виробництво сої в основних країнах-виробниках, млн.т

Потреба у збільшенні виробництва сої на сьогодні зрозуміла всім в силу того, що це стратегічна культура, продукти переробки якої широко використовуються в їжу (табл.1) [5].

Харчування людини є найбільш сильним і стійким фактором, який постійно впливає на її здоров'я. Відповідно до сучасних вимог науки про харчування, які враховують зміну умов праці і побуту людини, повноцінність харчових продуктів визначається насамперед кількістю і якістю їх білка.

При формуванні світового фонду харчового білка значна увага приділяється білкам рослинного походження, зокрема білкам сої, які особливо цінні завдяки високим



Таблиця 1 – Вихід основних продуктів переробки соєвих бобів

Найменування продуктів	Вихід з 100% насіння сої, %
Соєве масло	10,6
Соєва мука (ТСБ)	74,8
Соєве лушпиння (оболонка)	12,0
Втрати	2,6
Всього	100

функціональними властивостями. У зв'язку з цим їх широко використовують в харчовій промисловості при складанні регульованих раціонів харчування (дієтичного, дитячого і т.д.), відповідних функціональним потребам організму.

Виробництво соєвих білкових продуктів в різних країнах світу знаходиться на досить високому рівні. З них виготовляють широкий асортимент продовольчих продуктів для харчових цілей: соєве борошно і крупу, концентрати, ізоляти з вмістом в них білка відповідно 50, 70 і 90-98%, а також текстуровані білкові продукти [6].

В цілому за вмістом білка соєві продукти, розроблені в останні роки, не мають собі рівних: вони містять 40-100% чистого рослинного білка, тоді як яйця – 12%, сир – 25%, пісна яловичина – 22%, риба – 20% [5, 7].

За вмістом білка, жиру, фосфатидів і деяких інших поживних речовин соя значно перевершує багато олійних та злакових культур, білки її мають більш високу біологічну цінність за рахунок високого вмісту незамінних амінокислот (табл.2) [7].

Таблиця 2 – Вміст деяких корисних речовин в насінні сої

Найменування	Одиниці виміру	Вміст (на 100 г насіння)	
		соя	інші бобові
Калій	мг	1600	950-1450
Залізо	мг	9,7	0,110-0,2
Магній	мг	220	65-70
Фосфор	мг	600	40-50
Кальцій	мг	350	200
Йод	мкг	8,2	3-3,5
Вітамін Е	мг	17,3	8-10
Вітамін В <sub>1</sub>	мг	1,0-1,8	0,06
Фолієва кислота	мг	180-200	150-160

Білок насіння сої полягає в основному з глобулінів і невеликої кількості альбуміну. Ліпіди насіння на 97-98% складаються з високомолекулярних жирних кислот. Невелику в кількісному відношенні, але дуже важливу групу сполук в насінні сої становлять фосфатиди (1,3-2,5%), стерини і їх ефіри (0,09-0,33%), а також токоферолі і пігменти. Ці речовини є структурними елементами клітинних органел, відіграють активну роль в метаболічних процесах, служать одним з кращих джерел природного антиоксиданту – вітаміну Е [6].

Соя має специфічний вуглеводний склад на відміну від зернових і бобових, характерною особливістю якого є низький (до 5%) вміст крохмалю або його відсутність. Велика частина вуглеводів добре розчиняється у воді.

Соя є цінним джерелом вітамінів, особливо групи В (крім В<sub>12</sub>). У насінні сої, як і у всіх бобових культурах, особливо багато вітамінів В<sub>1</sub> і В<sub>2</sub>. Соя містить поліненасичені жирні кислоти (80-90%), які беруть участь в жировому обміні і сприяють виведенню холестерину з організму, зміцненню стінок кровоносних судин.

Вітамін Е, що міститься в соєвому маслі, стимулює м'язову діяльність, попереджає

надмірне утворення в організмі отруйних продуктів обміну жирів, а також перешкоджає ожирінню печінки, покращує споживання тканинами кисню і розширює капіляри.

Крім перерахованих вище, в сої виявлено також вітаміни К (філохінон), необхідні для синтезу в печінці протромбіну та інших білків, що беруть участь в згортанні крові, пантотенова кислота, біотин, холін, фолацін, ніацин.

Зола соєвого насіння складається головним чином зі сполук калію (45-50%) і фосфору (30-35%), а також натрію, хлору, кальцію, магнію, заліза, марганцю і цинку, присутні також в незначній кількості мідь, алюміній, барій, бор, кобальт та інші мікроелементи.

Зелене листя сої багате мінеральними речовинами, особливо такими, як мідь і залізо. Залізо сої на 80% засвоюється організмом людини і тварини. Соєвий білок в порівнянні з м'ясом містить майже в 2 рази більше фосфорної кислоти і в 4 рази більше мінеральних речовин. Крім того, білок сої на відміну від білка м'яса не містить пуринових основ, що призводять до подагри. Соя відрізняється найбільш цінним співвідношенням протеїну, жиру, вуглеводів, мінеральних речовин і вітамінів.

Істотне значення мають і радіозахисні властивості соєвих продуктів, обумовлені кількома механізмами. Одним з них є наявність великої кількості фітатів. Це фосфорні сполуки, до яких відноситься фітинова кислота. Фітини здатні вступати в з'єднання з токсичними і радіоактивними елементами і виводити їх з організму через шлунково-кишковий тракт. Здатністю зв'язуватися з радіоактивними і токсичними речовинами мають також харчові волокна і речовина під назвою цібіколін. Захищають від радіації і інгібітори трипсину (протеолітичні ферменти). Вони активно протидіють утворенню вільних радикалів в організмі людини.

Значну роль в захисті від радіації грають вітаміни і мінеральні сполуки зернобобових культур. Вітаміни А і Е, наприклад, є антиоксидантами, вітамін В<sub>12</sub> блокує поглинання кобальту-60, інші вітаміни комплексу В зміцнюють нервову і імунну систему, кальцій знижує поглинання стронцію-90, залізо – плутонію, кальцій – цезію-137, цинк – цинку-65 [5, 7].

Внаслідок рекламування корисності соєвих продуктів для здоров'я відбувається зміна звичок в харчуванні людей європейських країн. Це ще більшою мірою відноситься до споживачів США, де багато людей зайняті проблемою зниження ваги, зменшенню кількості холестерину в крові.

Як бачимо, соєві продукти здатні не тільки привнести щось свіже в раціон харчування, але і допомагають впоратися з деякими захворюваннями. Однак соя може приносити не тільки користь, але ще і шкоду. Як би не суперечливо це звучало, але це так. Вчені встановили, що люди, які регулярно вживають в їжу тофу – соєвий сир, в старості схильні до ризику хвороби Альцгеймера в 2,4 рази частіше, ніж ті, хто не харчувався соєю. Даний продукт, вважають вчені, призводить до порушень в роботі головного мозку. Втім, поки наукові дискусії і дослідження ще ведуться, остаточну крапку в суперечці про користь і шкоду сої ставити рано. Шкода сої, як втім, і будь-якого продукту, проявляється при надмірному вживанні його в їжу. Крім того слід пам'ятати про те, що вживати в їжу слід тільки натуральну сою, яка не містить ГМО.

Для визначення взаємозв'язку між факторами, що впливають на економічну ефективність виробництва і реалізації насіння сої, було досліджено 220 сільськогосподарських підприємств. Результати досліджень згруповані за відповідними ознаками. Групуванням сільськогосподарських підприємств за врожайністю виявлено взаємозалежність між останньою й усіма економічними показниками виробництва та реалізації сої (табл.3) [8].

Дослідження відзначають, що економічна сутність великого попиту на сою полягає в тому, що під час переробки однієї тонни сої одержують 700 кг соєвого шроту (містить 44–48% білка) і 190 кг соєвої олії. Завдяки реалізації соєвої олії, практично окупаються всі витрати на вирощування культури, а соєвий шрот є найдешевшим білко-

Таблиця 3 – Економічна ефективність виробництва і реалізації насіння сої залежно від урожайності

Показник	Групи підприємств за урожайністю, ц/га					
	I до 10,0	II 10,1- 15,0	III 15,1- 20,0	IV 20,1- 25,0	V понад 25,0	Усього в серед- ньому
Кількість підприємств у групі, од.	24	50	68	43	35	220
Зібрана площа посівів сої з розрахунку на підприємство, га	290,3	277,6	322,5	242,0	456,5	314,4
Урожайність, ц/га	5,8	13,2	17,4	22,6	27,3	18,5
З розрахунку на 1 ц реалізованої продукції, грн:						
собівартість	331,46	400,43	337,30	287,91	294,89	325,44
реалізаційна ціна	327,03	332,31	340,93	333,28	332,96	335,41
прибуток	-4,43	-68,12	3,63	45,37	38,06	9,97
Дохід від реалізації, млн. грн	14,4	55,3	130,6	59,3	115,9	375,5
Рівень товарності, %	108,7	91,0	100,3	75,4	79,9	87,7
Рівень рентабельності (збитковості), %	-1,3	-17,0	1,1	15,8	12,9	3,1
Рентабельність продажу, %	-1,4	-20,5	1,1	13,6	11,4	3,0

\*Джерело: розраховано за даними звітів сільськогосподарських підприємств за формою №50-сг Держслужби статистики України «Основні економічні показники роботи сільськогосподарських підприємств»

вим кормовим інгредієнтом, який в усіх розвинених країнах використовують для запобігання дефіциту білка в годівлі молочної і м'ясної худоби, свиней, птиці, риби.

Якщо порівняти показники ефективності відгодівлі тварин, можна побачити, що використання сої у тваринництві покращує ці показники і навіть дозволяє оптимізувати витрати на корми (табл.4) [6].

Таблиця 4 – Ефективність відгодівлі свиней в ЄС, США та Україні

Показник	Країни, що використовують шрот, макуху з сої	Україна	Різниця
Середньодобовий приріст, г/день	750	473	-277
Конверсія корму, кг	2,27	3,61	+1,34
Кількість днів відгодівлі до досягнення ваги 110 кг, кг	146	233	+87
Витрати корму на 1 голову при досягненні ваги 110 кг, кг	251	397	+146

Збільшення кількості заводів з переробки сої дасть Україні можливість стати лідером не лише у виробництві сировини, але й готової продукції.

Одержані результати аналізу літературних джерел доводять про потребу врахування наявних загальних закономірностей у процесі розробки системи заходів щодо

підвищення ефективності виробництва насіння сої в сільськогосподарських підприємствах, а також необхідність врахувати, що стан виробництва насіння сої значною мірою визначається також можливостями й ефективністю її переробки. Адже саме продукти переробки є основою розвитку ринку продукції соєпродуктового підкомплексу.

**Висновки.** У результаті аналізу питання актуальності виробництва сої визначено перспективність цієї культури і було встановлено наступне.

1. Як зернобобова культура соя здатна до симбіозу з бульбочковими бактеріями. Завдяки цьому у біологічний кругообіг вводиться величезна кількість атмосферного азоту.

2. У світі під соєю зайнято 118 млн. га земель, а середня врожайність цієї культури – 26,7 ц/га. Виробляє її 91 країна, і її виробництво постійно зростає. Так, якщо в 2003 р. було вироблено 186,8 млн. т сої, то сьогодні ця кількість збільшилася в 1,7 рази – 315,1 млн. т.

3. При формуванні світового фонду харчового білка значна увага приділяється білкам рослинного походження, зокрема білкам сої, які особливо цінні завдяки високим функціональними властивостями. З насіння сої виготовляють широкий асортимент продовольчих продуктів для харчових цілей: соєве борошно і крупу, концентрати, ізоляти з вмістом в них білка відповідно 50, 70 і 90-98%, а також текстуровані білкові продукти.

4. Соя є цінним джерелом вітамінів, особливо групи В (крім В<sub>12</sub>). У насінні сої, як і у всіх бобових культурах, особливо багато вітамінів В<sub>1</sub> і В<sub>2</sub>. Соя містить поліненасичені жирні кислоти (80-90%), які беруть участь в жировому обміні і сприяють виведенню холестерину з організму, зміцненню стінок кровоносних судин.

5. Для визначення взаємозв'язку між факторами, що впливають на економічну ефективність виробництва і реалізації насіння сої, було досліджено 220 сільськогосподарських підприємств. Дослідження відзначають, що економічна сутність великого попиту на сою полягає в тому, що під час переробки однієї тони сої одержують 700 кг соєвого шроту (містить 44-48% білка) і 190 кг соєвої олії. Завдяки реалізації соєвої олії практично окупаються всі витрати на вирощування культури, а соєвий шрот є найдешевшим білковим кормовим інгредієнтом, який в усіх розвинених країнах використовують для запобігання дефіциту білка в годівлі молочної і м'ясної худоби, свиней, птиці, риби.

6. Залежність показників економічної ефективності виробництва сої від урожайності цієї культури потребує зосередження зусиль на інтенсифікацію галузі, а не на розширення посівних площ.

7. Для досягнення належного рівня господарювання, високої прибутковості та ефективності виробництва насіння сої необхідно врахувати те, що основою виробництва є раціональне використання земельних, трудових і матеріальних ресурсів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Апостолюк С.О. Промислова екологія: навч. посіб. / С.О.Апостолюк, В.С.Джигирей, А.С.Апостолюк. – К.: Знання, 2005. – 474с.
2. Балакай Г.Т. Соя: екологія, агротехніка, переробка / Г.Т.Балакай, О.С.Безуглова. – Ростов-на-Дону: Фенікс, 2003. – 156с.
3. Брей С.М. Азотный обмен в растениях / пер. с англ. Э.Е.Хавкина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 200с.
4. Казакова І.В. Ефективність виробництва сої та розвиток ринку соєвих продуктів в Україні і світі [Електронний ресурс]: Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет / І.В.Казакова, Н.В.Кондратюк // Електронне наукове фахове видання „Ефективна економіка”. – 2015. – №5. – Режим доступу до журн.: <http://www.economy.nauka.com.ua>.
5. Бибков Т.М. 25 граммов здоровья из сои / Т.М.Бибков. – М., 2000. – 80с.

6. Соя: промисленна переробка, кормові добавки, продукти харчування / Адамень Ф.Ф., Сичкарь В.В., Письменов В.Н., Шерстобитов В.В. – 2-е видання. – К.: Нора-принт, 2003. – 476с.
7. Петибская В.С. Соя: химический состав и использование / под ред. академика РАН, д-ра с.-х. наук В.М.Лукомца. – Майкоп: ОАО "Полиграф-Юг", 2012. – 432с.
8. Підлубна О.Д. Економічна ефективність виробництва насіння сої на регіональному рівні / О.Д.Підлубна, С.М.Концеба // Економіка АПК. – 2015. – №1. – С.14-20.

Надійшла до редколегії 31.10.2016.

УДК 629.039.58

МАХОВСЬКИЙ В.О., к.т.н, доцент  
КРЮКОВСЬКА О.А., к.т.н, доцент

Дніпровський державний технічний університет

## ОЦІНКА РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ ТА РОЗВИТКУ АВАРІЙ І АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ХЛОРАТОРНИХ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ НАСОСНИХ СТАНЦІЯХ

**Вступ.** Устаткування хлораторної фільтрувальної насосної станції (ФНС) не характеризується будь-якими небезпеками, які обумовлені конструктивними особливостями обладнання та його оснащення. Всі ризики, властиві обладнанню хлораторної, обумовлені небезпеками властивостей технологічного середовища і параметрів технологічного процесу. Ступінь небезпеки, в деяких випадках, залежить від технічних характеристик обладнання.

Хлораторна ФНС включає в себе розвантажувальний майданчик, де проводиться розвантаження балона з рідким хлором, приміщення хлораторної та склад балонів з хлором.

Балон з рідким хлором відрізняється від технологічного обладнання тим, що за його допомогою періодично здійснюють операцію розвантаження з транспорту в приміщення хлораторної. При розвантаженні і переміщенні балона існує небезпека механічного пошкодження. Крім того, на об'єкті обстеження тільки в балоні знаходиться хлор у зрідженому стані.

У разі викиду з балона рідкий хлор потрапляє в умови, при яких він знаходиться в газоподібному стані, тобто при нормальних умовах рідкий хлор поводить себе як перегріта рідина – інтенсивно випаровується. Крім того, інтенсивність випаровування проливу рідкого хлору залежить від температури навколишнього повітря (пору року) і погодних умов, а від швидкості та напряму вітру залежать глибина і площа можливої зони зараження.

Маса хлору, що випарувався, і, відповідно, глибина і площа можливої зони зараження в значній мірі залежать від площі поверхні протоку. Протоки рідкого хлору в хлораторній обмежені площею приміщення, а у разі викиду рідкого хлору поза приміщенням площа протікання не обмежується будь-якими пристроями або спорудами. Таким чином, максимальні масштаби аварії можуть бути досягнуті у разі руйнування балона з рідким хлором поза приміщенням, при цьому площа поверхні протоки буде максимальною.

**Постановка задачі.** Дослідити і кількісно оцінити ризики, які можуть виникнути при аваріях (аварійних ситуаціях) на хлораторній насосній станції. При оцінці ризиків, що виникають в процесі роботи хлораторної, оцінити наслідки, а також ймовірності тієї чи іншої аварії, яка може статися. Факторами, що грають важливу роль в таких оцінках, є характеристики процесу, тривалість, ступінь впливу небезпечної хімічної речовини, розміри зон зараження, присутність людей.

**Результати роботи.** Оцінка ризику проводилася спільно з оцінкою ймовірності події у поєднанні з кількісним аналізом наслідків можливих аварій і аварійних ситуацій. Основні завдання оцінки ризику були пов'язані з: 1) визначенням частот виникнення ініціюючих і всіх небажаних подій; 2) оцінкою наслідків виникнення небажаних подій; 3) узагальненням оцінок ризику.

Для визначення частоти небажаних подій використовувалися:

- статистичні дані з аварійності та надійності технологічної системи, що відповідають специфіці роботи станції;
- аналіз поширення аварії з метою визначення необхідної ймовірності;
- логічні методи аналізу „дерева подій”, „дерева відмов”, імітаційні моделі виникнення аварій;
- експертні оцінки.

Практика показує, що аварії часто характеризуються комбінацією випадкових подій, що відбуваються з різною частотою на різних стадіях виникнення і розвитку аварії (відмови устаткування, помилки людини, непрогнозовані зовнішні впливи, руйнування, викид, витік речовини, розсіювання речовин, займання, вибух, інтоксикація і т. п.). Для виявлення причинно-наслідкових зв'язків між цими подіями використовувалися логіко-графічні методи аналізу „дерев відмов” і „дерев подій”.

Процес побудови „дерева помилок” виникнення аварії в хлораторній насосній станції показано на рис. 1.

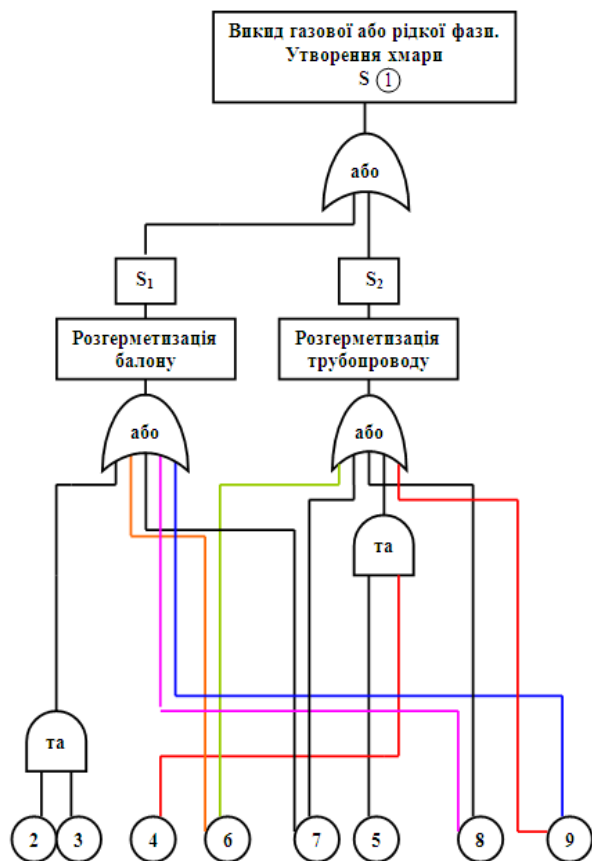


Рисунок 1 – „Дерево помилок” виникнення аварії у хлораторній ФНС

Негативна подія у системі (утворення хмари) зображена як головна подія  $S$  (1 –початкова подія) і пов'язана з численними базовими подіями (помилки, відмови, несприятливі зовнішні впливи), що утворюють причинні ланцюги (сценарії аварій) із зазначенням цих подій і логічних операцій над ними. Для зв'язку між подіями у „вузлах” дерев використовуються знаки „та” і „або”. Логічний знак „та” означає, що наведена вище подія виникає при одночасному настанні подій, які розташовані нижче (відповідає перемножуванню їх ймовірностей для оцінки ймовірності події, яка вище). Знак „або” означає, що розташована вище подія може відбутися внаслідок виникнення однієї з нижчих подій. Основна перевага „дерева помилок” в порівнянні з іншими методами полягає в тому, що дослідження обмежується лише тими елементами системи і тими подіями, які призводять до конкретної небезпечної відмови або аварії.

Аналіз „дерева відмов” – алгоритм побудови послідовностей подій, що призводять до основної події, який дозволяє обчислити вірогідність основної події, виходячи з ймовірностей елементарних подій. При аналізі „дерев відмов” виявлено комбінації відмов (пошкоджень) обладнання, інцидентів, помилок персоналу та непрогнозованих зовнішніх (техногенних, природних)

впливів, що призводять до головної події (аварійної ситуації). Метод використано для аналізу можливих причин виникнення аварійної ситуації і розрахунку її частоти (на основі знання частот вихідних подій).

Вираз для головної події в розглянутому „дереві помилок” має вигляд:

$$S = S_1 \cup S_2,$$

де  $S_1 = (P_2 \cap P_3) \cup P_6 \cup P_7 \cup P_8 \cup P_9$ ;  $S_2 = P_6 \cup P_7 \cup (P_4 \cap P_5) \cup P_8 \cup P_9$ .

Обчислення коефіцієнта неготовності системи (ймовірність відмови системи)  $Q_s(t) = P(S)$ , використовуючи дані табл.1, дало наступний результат:

$$Q_s(t) = 4,837 \cdot 10^{-3}.$$

Таблиця 1 – Вихідні події „дерева відмов”

Найменування подій або станів моделі	Ймовірність події $P_i$
2. Відмова запірного вентиля на балоні з хлором	0,229
3. Відмова манометру	0,011
4. Відмова запобіжної мембрани	$9,81 \cdot 10^{-5}$
5. Відмова вентилів трубопроводу	0,0524
6. Ураження резервуара блискавкою	$1,581 \cdot 10^{-4}$
7. Корозійний знос	0,00001
8. Помилки персоналу	0,001
9. Зовнішні фактори (дії природних сил або теракти)	0,000001

Узагальнені статистичні дані з оцінки частот відмов обладнання наведено в табл.2.

Таблиця 2 – Узагальнені статистичні дані з оцінки частот відмов

Тип відмови обладнання	Ймовірність відмови	Масштаби викиду небезпечних речовин
Розгерметизація резервуарів зберігання (включаючи розрив зварних швів і фланців трубопроводів обв'язки): повне руйнування часткове руйнування	$10^{-5}$ на год. $10^{-4}$ на год.	Повний вміст резервуара
Розгерметизація технологічних трубопроводів довжиною понад 30 м	$5 \cdot 10^{-3}$ на 1 км трубопроводу за рік	Обсяг викиду, що дорівнює об'єму трубопроводу, обмеженого арматурою, з урахуванням надходження з сусідніх блоків за час перекриття потоку

При аналізі було встановлено, що причиною ризику є можливість неконтрольованого викиду хлору або вихід з-під контролю процесу вивільнення енергії.

Нижче на графіках наведено результати розрахунку концентрації хлору в атмосфері, а також розміри зони хімічного зараження, де можливе смертельне ураження незахищених людей на відкритій місцевості для найбільш ймовірного розвитку аварії з менш тяжкими наслідками, але більш ймовірними умовами розвитку аварії: весь хлор, що знаходився у балоні, викидається в навколишнє середовище (метеоумови: інверсія, швидкість вітру 1 м/с).

При цьому смертельна токсодоза при поширенні хлорної хмари (6 мг.хв/л) зберігається на відстані до 200 м у напрямку за вітром, а порогова токсодоза (0,6 мг.хв/л) – на відстані до 600 м (рис.2, 3).

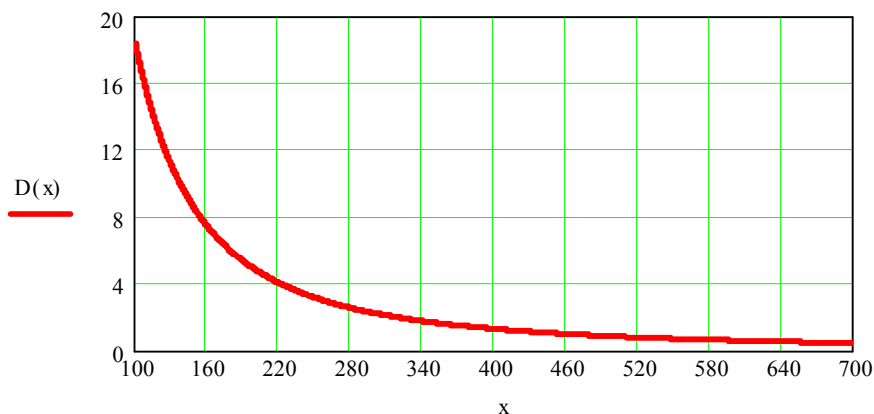


Рисунок 2 – Токсодоза на осі хмари (в напрямку за вітром) при викиді 50 кг рідкого хлору за всю аварію

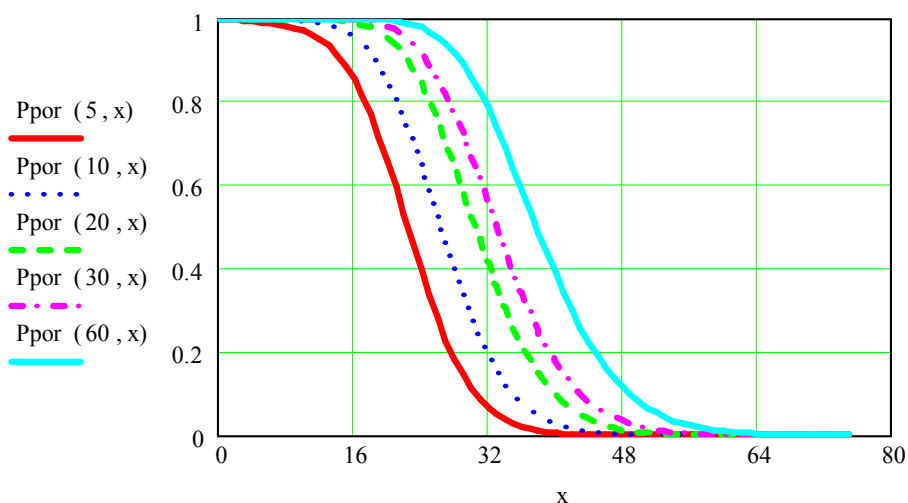


Рисунок 3 – Імовірність ураження хлором на різних відстанях (x) при часі експозиції (5, 10, 20, 30, 60 хв.)

З рис.4 і 5 видно, що зона прийнятної ризику (територіального та індивідуального) знаходиться за межами 50 м при часі експозиції 5 хв. і 60 м – при часі експозиції 30 хв.

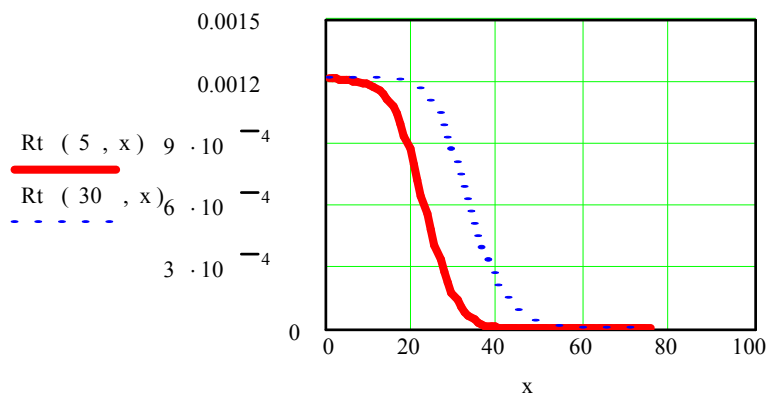


Рисунок 4 – Територіальний ризик ураження хлором на різних відстанях при часі експозиції (5, 30 хв.)



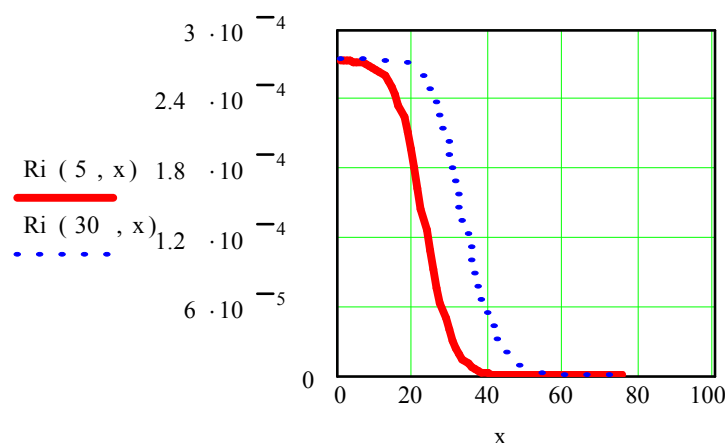


Рисунок 5 – Індивідуальний ризик ураження хлором на різних відстанях при часі експозиції (5, 30 хв.)

При відомій імовірності появи людини в певній точці простору визначався індивідуальний ризик (частота ураження окремого індивідуума в результаті впливу досліджуваних факторів небезпеки) загибелі в цій точці людини, яка мешкає в даному регіоні (абсолютно прийнятний індивідуальний ризик вважається неприйнятним). Індивідуальний ризик вимірюється щорічною ймовірністю для індивідуума стати жертвою нещасного випадку внаслідок аварії. У загальному випадку кількісно індивідуальний ризик виражається відношенням кількості постраждалих людей до загальної кількості, які ризикують за певний момент часу. Він знаходиться як відношення щорічної кількості нещасних випадків до загальної кількості людей ( $N$ ), які можуть стати жертвами. Величина індивідуального ризику внаслідок викиду хлору при кількості осіб, що потрапили в зону смертельного ураження (прийнято для розрахунків 100 чол.), складала:

$$R_i = 3,45 \cdot 10^{-4}.$$

Для оцінки територіального ризику за отриманими при моделюванні аварії значеннями вражаючого фактора в певній точці простору визначалася умовна імовірність летального результату в разі перебування людини в цій точці (абсолютно прийнятний територіальний ризик  $R_t \leq 10^{-7}$ ; вважається неприйнятним  $R_t > 10^{-5}$ ).

Територіальний ризик в  $k$ -ій точці простору для ініціювання події на конкретному джерелі небезпеки визначається як

$$R_{t_{ijmf}}^k = P_{Bij} \cdot P_{um} \cdot P_{af} \cdot P_{ck},$$

де  $P_{Bij}$  – вірогідність виникнення аварії на  $i$ -тому джерелі при реалізації ініціюючої події;  $P_{um}$  – умовна вірогідність можливих наслідків аварії;  $P_{af}$  – умовна вірогідність реалізації одного з можливих видів аварій (пожежа, вибух, розсіювання шкідливих домішок ін.);  $P_{ck}$  – умовна вірогідність летального результату у  $k$ -ій точці простору.

Величина територіального ризику складала:

$$R_t = 3,44 \cdot 10^{-4} \cdot 4,837 \cdot 10^{-3} = 1,67 \cdot 10^{-6}.$$

**Висновки.** Основною небезпекою хлораторних насосних фільтрувальних станцій є наявність рідкого хлору в балонах. Встановлено, що протоки рідкого хлору набагато небезпечніші, ніж викиди газоподібного, так як при протоках рідкого хлору джерело утворення газової хвилі існує більш тривалий час. При викиді газоподібного і протоці рідкого хлору формується токсична газова хвиля, потужність якої визначається кількістю викиду. Швидкість руху газової хвилі та розсіювання утвореної токсичної хмари залежать від кліматичних умов і стану атмосфери. З усіх випадків викиду рідкого хлору

найбільш небезпечними є викиди поза приміщеннями і спорудами, які обмежують площу потоку. У перші секунди з моменту можливого порушення герметичності обладнання і трубопроводів, що містять хлор, над поверхнею землі формується первинна газова хмара. При вільному потоці велика частина пролитого хлору, яка залишилася після миттєвого випаровування частини хлору, випарується протягом 3-5 хвилин за рахунок теплопритоку з навколишнього середовища. Це означає, що при аварійному порушенні герметичності обладнання і трубопроводів, що містять хлор, за першу хвилину утворюється первинна хлорна хмара, а за наступні 5-10 хвилин її маса може збільшитися до маси пролитого хлору. Висота хмари при цьому не буде перевищувати 2,0-3,5 м.

Локалізацію хлорної хмари за такий короткий час можна вважати технічно нездійсненою. Системи локалізації хлорної хвилі мають низьку ефективність через низьку розчинність хлору у воді. Водою можуть бути частково локалізовані лише малі та локальні витіки хлору. При швидкоплинних і масових викидах хлору системи локалізації водою також неефективні.

Виняток або мінімізація ураження від викидів можливі лише в початковий період аварії шляхом зниження внутрішнього енергопотенціалу хлору і обмеження теплопритоку з навколишнього середовища.

У результаті проведених досліджень за допомогою „дерева відмов” ймовірність відмови системи (балон –хлоропровід) склала  $4,837 \cdot 10^{-3}$ . При цьому смертельна токсодоза при поширенні хлорної хмари (6 мг/хв/л) зберігається на відстані до 200 м в напрямку за вітром, а порогова токсодоза (0,6 мг/хв/л) – на відстані до 600 м.

При виборі конкретних заходів щодо зниження ризику вирішальне значення має загальна оцінка дієвості та надійності заходів, які впливають на ризик, а також розмір витрат на їх реалізацію.

Оскільки час поширення хлорної хвилі на глибину смертельної токсодози становить менше хвилини, то основним засобом захисту працюючого персоналу є застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ). Для зменшення величини індивідуального ризику в даному випадку необхідно передбачити наявність ЗІЗ в доступних місцях, а також постійний контроль за справністю системи оповіщення.

Оскільки відсоток людського фактора в загальній частці ймовірності виникнення аварій становить значну частину, то для зменшення рівня ризику виникнення аварійних ситуацій необхідна висока кваліфікація обслуговуючого персоналу, проведення навчальних тренувань по локалізації та ліквідації тих чи інших аварійних ситуацій, передбачених планами локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій, а також відповідними розділами інструкцій з охорони праці. Істотним чинником, що знижує ймовірність виникнення аварій, є автоматизація виробничих процесів шляхом виключення людини з технологічних процесів, в яких використовуються небезпечні хімічні речовини.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение / Бесчастнов М.В. – М.: Химия, 1991. – 432с.
2. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств: НПА ОП 0.00-1.41-88. – М.: Металлургия, 1988. – 60с.
3. Краткая химическая энциклопедия. Т.5. / гл. ред. Кнунянц И.Л. – М.: Советская энциклопедия, 1967. – 233с.
4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник в 2 книгах / [А.Н.Баратов, А.Я.Корольченко, Г.Н.Кравчук и др.]. – М.: Химия, 1990. – 496с.
5. Дранишников Л.В. Оценка риска возникновения аварии / Дранишников Л.В., Найверт А.В. // Проблеми математичного моделювання: міждерж. наук.-метод. конф., 26-28 травня 2004р.: тези доп. – Дніпродзержинськ. ДГТУ, 2004. –С.56-57.

Надійшла до редколегії 31.10.2016.