

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Н. В. Караєва, І. А. Варава

**МЕТОДИ І ЗАСОБИ ОЦІНКИ РИЗИКУ
ЗДОРОВ'Ю НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**



ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів, що навчаються за спеціальністю
122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології»,
спеціалізацією «Інформаційні технології моніторингу довкілля»*

Київ

КПІ ім. Ігоря Сікорського

2018

Рецензент *Фуртат І.Е., канд. техн. наук, доц.*

Відповідальний
редактор *Коваль О.В., канд. техн. наук, доц.*

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 7 від 26.02.2018 р.)
за поданням Вченої ради теплоенергетичного факультету (протокол № 7 від 26.02.2018 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

*Караєва Наталія Веніамінівна, канд. екон. наук, доц.
Варава Іван Андрійович, канд. техн. наук*

МЕТОДИ І ЗАСОБИ ОЦІНКИ РИЗИКУ ЗДОРОВ'Ю НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

ПРАКТИКУМ

Методи і засоби оцінки ризику здоров'ю населення від забруднення атмосферного повітря: [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології», спеціалізації «Інформаційні технології моніторингу довкілля» / Н. В. Караєва, І. В. Варава ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,38 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 56 с.

Посібник розроблений на підставі робочої програми кредитного модуля «Соціально-економічний потенціал управління станом довкілля» та спрямований на засвоєння теоретико-методичних основ аналізу соціальних ризиків і виконання практичних робіт студентами обсягом 12 годин.

Призначений для студентів, які навчаються за освітньою програмою підготовки бакалаврів за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології», спеціалізацією «Інформаційні технології моніторингу довкілля», а також може бути у нагоді при вивченні дисциплін, що пов'язані з безпекою життєдіяльності, промисловою екологією.

Спрямований на формування у студентів умінь та навичок оцінювати соціально-екологічні ризики при прийнятті управлінських рішень.

© Н. В. Караєва, І. А. Варава, 2018

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018

ЗМІСТ

1. Вступ.....	4
2. Терміни та їх визначення, що застосовуються при оцінці ризиків.....	6
3. Світова інформаційна база ризиків.....	14
4. Методичні рекомендації щодо оцінки ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря в Україні...	17
5. Міжнародна практика розрахунку потенційного ризику здоров'ю, пов'язаного з хімічним забрудненням атмосферного повітря.....	30
6. Розрахунок ризику здоров'ю населення в Excel.....	35
Додатки.....	50
Список використаної літератури	54



1. ВСТУП

Навчальна дисципліна «Соціально-економічний потенціал управління станом довкілля» входить до циклу професійної та практичної підготовки навчального плану магістрів спеціальності 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» спеціалізації «Інформаційні технології моніторингу довкілля». Дисципліна складається з одного кредитного модуля та викладається студентам першого курсу. Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатності застосувати інформаційно-аналітичні методи обґрунтування та прийняття соціально-екологічних управлінських і технічних рішень в умовах ризику.

Об'єктивне існування ризику зумовлене імовірним характером багатьох природних, соціальних і технологічних процесів, багатоваріантністю матеріальних та ідеологічних співвідношень, в які вступають суб'єкти соціального життя. Поняття "ризик" стало вивчатися багатьма конкретними науками – теоріями ігор, ймовірностей, стохастичної оптимізації, катастроф, прийняття рішень, психологією, військовими, економічними, демографічними, медичними, біологічними, правовими та іншими дисциплінами. Сучасні досягнення науки дають уявлення про ризик як про дворівневу взаємопов'язану структуру, що має теоретичний і прикладний аспекти. Теоретичний – це результат вивчення ризику як суспільного явища, що має власну сутність, відповідні закономірності розвитку й управління в ситуації невизначеності. Прикладний є результатом дослідження конкретних наук.

Розвитку економіки України на сучасному етапі характерне широке використання потенційно небезпечних технологій і виробництва, істотне погіршення екологічних характеристик окремих регіонів, господарське освоєння територій з високою імовірністю природних катастроф.

Крім того, протягом останнього десятиріччя проблематика оцінки соціальних втрат внаслідок екодеструктивного впливу діяльності підприємств (в першу чергу це стосується підприємств енергетики) знаходиться у полі підвищеної уваги в зв'язку з посиленням ринкових важелів впливу на управління господарством та намаганням органів виконавчої влади оперувати більш коректними показниками заподіяної

шкоди внаслідок порушення природоохоронного законодавства та надзвичайних ситуацій [1-3]. Тому одним із найбільш ефективних сучасних підходів до встановлення зв'язку між станом довкілля та здоров'ям населення в певному регіоні чи місті, що дозволяє вирішувати подібні задачі в умовах обмежених термінів і фінансових можливостей, є методологія оцінки ризику. Здоров'я людини визначається складною взаємодією цілого ряду факторів: спадковість, соціально-економічне та психологічне благополуччя, доступність і якість медичного обслуговування, спосіб життя і наявність шкідливих звичок, умови життєдіяльності та якість навколишнього природного середовища. Визначення точного внеску окремих факторів у розвиток захворювання нерідко є досить важким завданням, яке ускладнюється значною кількістю обумовлених ними ефектів, багато з яких, до того ж, можуть зустрічатися серед населення і без впливу цих факторів.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) 20% економічного збитку від захворювань, інвалідності та смертності обумовлені якістю довкілля. При цьому біля 7% смертності серед міського населення (в середньому 16 тис. випадків смертей для 15-мільйонного населення), що проживає на найбільш забруднених територіях, обумовлено впливом забрудненого атмосферного повітря.

Визначення факторів ризику, доведення їх ролі у порушенні здоров'я людини, а також кількісна характеристика залежностей шкідливих ефектів від рівнів впливу конкретних факторів дозволяє оцінити реальну загрозу здоров'ю населення, що проживає на певних територіях, і дає об'єктивні підстави для впровадження профілактичних заходів.

Оцінка ризику здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря необхідна для аналізу попередніх розрахунків як вихідний матеріал прийняття рішень при плануванні, проектуванні, модернізації, будівництві і реконструкції промислових об'єктів; при розробці й удосконалюванні різних технологій, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки і захист населення територій від техногенних небезпек.

Також оперативна, якісна і точна обробка великих масивів статистичної інформації необхідної для оцінювання соціально-екологічної ефективності господарської діяльності в умовах ризику може бути виконана лише з використанням сучасних засобів обчислювальної техніки [4].



2. ТЕРМІНИ ТА ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ПРИ АНАЛІЗІ РИЗИКУ

Терміни та їх визначення, що застосовуються у Методичних рекомендаціях (МР 2.2.12-142-2007) "Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря" затвердженою Наказом МОЗ України від 13.04.07 № 184 [5] наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Терміни та їх визначення, що застосовуються у МР2.2.12-142-2007

Термін	Визначення
<i>Аналіз ризику</i>	– процес отримання інформації, необхідної для запобігання негативних наслідків для здоров'я і життя людини, який включає етапи з оцінки ризику, управління ризиком і розповсюдження інформації про ризик.
<i>Доза</i>	– основна міра експозиції, яка характеризує кількість хімічної речовини, що впливає на організм.
<i>Експозиція</i>	– кількість хімічної речовини, яка доступна для абсорбції на обмінних оболонках тіла (легені, шлунково-кишковий тракт, шкіра) протягом певної тривалості впливу.
<i>Залежність "доза-відповідь"</i>	– зв'язок між рівнем експозиції (дозою) і ступенем прояву специфічного ефекту у популяції, що зазнає впливу даної сполуки.
<i>Індекс небезпеки</i>	– сума коефіцієнтів небезпеки для речовин з однорідним механізмом дії або сума коефіцієнтів небезпеки для різних шляхів надходження хімічної речовини.
<i>Індивідуальний ризик</i>	– оцінка імовірності розвитку негативного ефекту у індивіда, наприклад, ризик розвитку раку в одного індивіда із 1 000 осіб, які зазнавали впливу (ризик 1 на 1 000 або 10^{-3}).
<i>Канцерогенний ризик</i>	– імовірність розвитку новоутворень протягом життя людини, що обумовлена впливом потенційного канцерогену.
<i>Коефіцієнт небезпеки</i>	– відношення дози (або концентрації) впливу хімічної речовини до її безпечного (референтного) рівня впливу.
<i>Кумулятивний ризик</i>	– імовірність розвитку шкідливого ефекту внаслідок одночасного надходження в організм усіма можливими шляхами хімічних речовин, що мають схожий механізм дії.

<i>Маршрут впливу</i>	– шлях хімічної речовини від джерела її утворення і надходження у навколишнє природне середовище до організму людини, що зазнає експозиції впливу. Складається із джерела забруднення навколишнього природного середовища, первинного забрудненого середовища, транспортуючого середовища і середовища, що безпосередньо впливає на людину.
<i>Невизначеність</i>	ситуація, обумовлена недосконалістю знань про сучасний або майбутній стан системи взаємозв'язку між шкідливим чинником і організмом людини. Характеризує часткову відсутність відомостей про певні параметри, процеси, моделі, що використовуються при оцінці ризику.
<i>Одиничний ризик (UR)</i>	– верхня межа додаткового ризику протягом життя, який обумовлений впливом хімічної речовини в концентрації 1 мкг/м ³ (за інгаляційного шляху надходження з атмосферного повітря).
<i>Популяційний ризик</i>	– агрегована міра очікуваної частоти ефектів серед всіх людей, які зазнали впливу (наприклад, 20 випадків захворювання на рак у популяції окремого району, міста тощо).
<i>Референтна доза /концентрація (RfD/RfC)</i>	– добовий вплив хімічної речовини протягом життя, що встановлюється з урахуванням всіх наявних сучасних наукових даних та, імовірно, не призводить до виникнення ризику для здоров'я чутливих груп населення.
<i>Ризик для здоров'я</i>	– імовірність розвитку негативних наслідків для здоров'я у окремих індивідів або групи осіб, які зазнали певного впливу хімічної речовини. Характеризується величиною, що лежить в інтервалі (0..1), де 0 означає відсутність ефекту, а 1 – обов'язковий його прояв.
<i>Середня добова доза /концентрація впливу протягом життя (ADD/ADC, або LADD/LADC)</i>	– потенційна добова доза/концентрація, осереднена за період впливу хімічної речовини. Період осереднення експозиції для канцерогенів – 70 років.
<i>Фактор канцерогенного потенціалу (SF)</i>	– міра додаткового індивідуального канцерогенного ризику або ступінь збільшення імовірності розвитку раку за впливу канцерогену.
<i>Характеристика ризику</i>	– завершальний етап оцінки ризику, на якому узагальнюються дані попередніх етапів і пов'язаних з ними невизначеностей з метою обґрунтування висновків

	і рекомендацій, необхідних для управління ризиком.
<i>Фактори ризику</i>	негативні чинники, що провокують або збільшують ризик розвитку певних ефектів (захворювань).

Методичні основи щодо декларування безпеки та експлуатації об'єктів підвищеної небезпеки (ОПН), розробки заходів запобігання аварій, локалізації їх розвитку та оцінки масштабів наслідків викладає "Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки" [6], затверджена наказом Міністерства праці та соціальної політики України № 637 від 04.12.2002р. Терміни та їх визначення, що застосовуються у Методиці наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Терміни та їх визначення, що застосовуються у Методиці

Термін	Визначення
<i>Аналіз ризику аварії</i>	– процес виявлення небезпек і оцінки ризику аварії на об'єктах підвищеної небезпеки для людей, їх майна та довкілля.
<i>Громадськість</i>	– одна або декілька фізичних чи юридичних осіб.
<i>Небезпека аварії</i>	– загроза, можливість заподіяння збитків людині, майну і (чи) довкіллю внаслідок аварії на об'єкті підвищеної небезпеки.
<i>Об'єкт «турботи»</i>	– реципієнти, негативний вплив аварій на які створює небезпеку для життєдіяльності населення та для довкілля і торкається інтересів громадськості.
<i>Ризик</i>	– ступінь імовірності певної негативної події, яка може відбутися в певний час або за певних обставин на території об'єкта підвищеної небезпеки та/або за його межами.
<i>Індивідуальний ризик</i>	– імовірність загибелі людини, що знаходиться в цьому регіоні, від можливих джерел небезпеки об'єкта підвищеної небезпеки протягом року з урахуванням імовірності її перебування в зоні ураження.
<i>Територіальний ризик</i>	– імовірність загибелі протягом року людини, яка знаходиться в конкретному місці простору, від можливих джерел небезпеки об'єкта підвищеної небезпеки.
<i>Соціальний ризик</i>	– імовірність загибелі людей понад певну кількість (або очікувана кількість загиблих) у цьому регіоні протягом року від можливих 80 джерел небезпеки об'єкта підвищеної небезпеки, з урахуванням

	імовірності їх перебування в зоні ураження.
<i>Збитки від аварії</i>	– втрати (збитки) у виробничій і невиробничій сфері життєдіяльності людини, шкода довкіллю, заподіяні в результаті аварії на об'єкті підвищеної небезпеки що обчислюються в грошовому еквіваленті.
<i>Оцінка ризику аварії</i>	– процес визначення ймовірності та вагомості наслідків реалізації небезпек аварій для здоров'я людини, майна і довкілля.
<i>Прийнятний ризик</i>	– ризик, який не перевищує на території об'єкта підвищеної небезпеки і за його межами гранично допустимого рівня.

Стандарт ISO 31000 призначений для сімейства стандартів, пов'язаних із управлінням ризиками, що запропоновані Міжнародною організацією зі стандартизації. Метою ISO 31000:2009 є забезпечення загальної термінології (таблиця 3) і керівних принципів з управління ризиками.

Стандарт ISO 31000 був підготовлений ISO Technical Management Board Working Group (робочою групою із технічного менеджменту) з управління ризиками. У цей час стандарт ISO 31000 включає:

- ISO 31000:2009 – Принципи та Керівництво з впровадження;
- ISO / IEC 31010:2009 – Управління ризиками – методи оцінки ризику;
- ISO Guide 73:2009 – Управління ризиками – Словник.

В Україні терміни і опис методів загального оцінювання ризику наведені в стандарті ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013.

Таблиця 3

Терміни та їх визначення згідно міжнародного стандарту ISO 31000

Термін	Визначення
<i>Ризик – вплив невизначеності на цілі.</i>	Вплив розглядається як відхилення від очікуваного – з позитивними або негативними наслідками. Цілі можуть мати різні аспекти (фінансові; аспекти, що стосуються професійної безпеки та здоров'я; екологічні задачі) і можуть належити до різних рівнів (стратегічний рівень, організаційний, рівень проекту, продукції та процесу).
<i>Невизначеність</i>	– це стан, частково відсутність інформації щодо розуміння або знання події, її наслідків або ймовірності.

<i>Ризик-менеджмент</i>	– скоординовані дії для того, щоб направляти і контролювати організацію відносно ризиків.
<i>Концепція ризик-менеджменту</i>	– набір компонентів, що надають основи й організаційні заходи для проектування, впровадження, моніторингу, аналізу і постійного поліпшення ризик-менеджменту у всій організації. Основи включають політику, цілі, доручення і зобов'язання управляти ризиками. Організаційні заходи передбачають планування, відносини, звітність, ресурси, процеси і діяльність. Концепція ризик-менеджменту включена в загальну стратегію організації, оперативну політику і діяльність.
<i>Політика ризик-менеджменту</i>	– становище загальних намірів і напрямів організації щодо ризик-менеджменту.
<i>План ризик-менеджменту</i>	– схема в складі концепції ризик-менеджменту, що визначає підхід, компоненти менеджменту та ресурси, застосовні до управління ризиками. Компоненти менеджменту зазвичай включають процедури, практики, призначення відповідальних осіб, послідовність і час дій. План ризик-менеджменту може бути застосований до певного продукту, процесу і проекту, а також до частини і цілої організації.
<i>Власник ризику</i>	– визначення зовнішніх і внутрішніх параметрів, які необхідно взяти до уваги під час управління ризиками, а також встановлення сфери та критеріїв ризику для політики ризик-менеджменту.
<i>Зовнішній контекст</i>	– зовнішнє середовище, в якому організація прагне досягти своїх цілей. Зовнішній контекст може включати: 1) середовище – культурне, соціальне, політичне, правове, регулятивне, фінансове, технологічне, економічне, природне, конкурентне або міжнародне, національне, регіональне, або локальне; 2) ключові рушійні сили і тренди, що впливають на цілі організації; 3) відносини із зовнішніми зацікавленими сторонами, їх сприйняття та оцінка.
<i>Внутрішній контекст</i>	– внутрішнє середовище, в якому організація прагне досягти своїх цілей. Внутрішній контекст може включати: 1) управління, організаційну структуру, ролі та відповідальність; 2) політику, цілі, стратегії, що використовуються для досягнення цілей; 3) можливості, розуміння у рамках ресурсів та знань (наприклад, фінанси, час, процеси, системи і технології); 4) сприйняття та оцінку внутрішніх

		зацікавлених сторін; 5) інформаційні системи, інформаційні потоки, а також процес прийняття рішень (формальних і неформальних); 6) відносини з внутрішніми зацікавленими сторонами, їх сприйняття та оцінка; 7) культуру організації; 8) стандарти, керівництва і моделі, офіційно прийняті організацією; 9) форму та обсяг договірних відносин.
<i>Комунікації консультації</i>	<i>i</i>	– постійний і повторюваний процес, яким управляє організація для того, щоб надати, поділитися або придбати інформацію, а також для того, щоб розпочати діалог із зацікавленими сторонами та іншими щодо управління ризиками. Інформація може стосуватися суті, природи, ймовірності, строгості, оцінки, прийнятності, обробки або інших аспектів управління ризиками. Консультація – це двосторонній процес інформаційної комунікації між організацією та її зацікавленими сторонами або іншими сторонами з певного питання, прийняття рішення або визначення напряму за конкретною темою. Консультація – це процес, що впливає на рішення краще, ніж повноваження, а також це вхідні дані для прийняття рішення, а не спільне прийняття рішення.
<i>Зацікавлена сторона</i>		– особа або організація, яка може вплинути (або на неї можна вплинути, а також відчувати себе під впливом) на рішення або діяльність. Особа, що приймає рішення, може бути зацікавленою стороною.
<i>Оцінка ризику</i>		– загальний процес ідентифікації ризику, аналіз ризику і визначення ступеня ризику.
<i>Ідентифікація ризику</i>		– процес знаходження, розпізнавання й опису ризику. Ідентифікація ризику включає ідентифікацію джерел ризику, подій, їх причин і потенційних наслідків. Ідентифікація ризику може включати історичні дані, теоретичний аналіз, інформаційні та експертні опції і потреби зацікавлених сторін.
<i>Джерело ризику</i>		– елемент, який сам по собі або в комбінації з іншими має внутрішній потенціал для виникнення ризику. Джерело ризику може бути матеріальним або нематеріальним.
<i>Подія</i>		– поява або зміна певних обставин. Подія може являти собою одну або багато обставин і може мати декілька причин. Подія може складатися з того, що не відбувається. Іноді подія може належати до термінів «Інцидент» або «Випадковість». Подія без наслідків також може належати до термінів «часткова удача»,

	«випадок», «загроза події», «небезпечне становище».
<i>Наслідок</i>	– результат події, що впливає на цілі. Подія може привести до ряду наслідків. Наслідок може бути визначеним або невизначеним і мати позитивний або негативний вплив на цілі. Наслідки можуть бути виражені якісно і кількісно. Початкові наслідки можуть спричинити за собою більш серйозні.
<i>Ймовірність</i>	– можливість того, що щось станеться. В термінології ризик-менеджменту слово «ймовірність» використовується для посилання на можливість, що щось станеться, вимірюється і визначається об'єктивно і суб'єктивно, кількісно та якісно, й описується за допомогою загальних термінів або математично (наприклад, ймовірність або частота в цей період часу).
<i>Структура ризику</i>	– опис будь-якої групи ризиків. Група ризиків може містити такі ризики, які належать до цілої організації, частини організації або інших компонентів.
<i>Аналіз ризику</i>	– процес розуміння природи ризику і визначення рівня ризику. Аналіз ризику надає основу для визначення ступеня ризику і для вирішення обробки ризику. Аналіз ризику включає оцінку ризику.
<i>Критерії ризику</i>	– дані, за якими оцінюється значущість ризику. Критерії ризику засновані на цілях організації, її зовнішньому і внутрішньому контексті. Критерії ризику можуть бути похідними від стандартів, законів, політики та інших вимог.
<i>Рівень ризику</i>	– величина ризику, виражена в рамках комбінації наслідків та їх ймовірностей.
<i>Визначення ступеня ризику</i>	– процес порівняння результатів аналізу ризику з критеріями ризику для визначення того, чи можна прийняти величину ризику. Визначення ступеня ризику сприяє обробці ризику.
<i>Обробка ризику</i>	– процес модифікації ризику. Обробка ризику може включати: обхідний шлях ризику за допомогою рішення не починати або не продовжувати діяльність, яка провокує появу ризику; збереження або збільшення ризику з метою дослідити обставини; видалення джерела ризику; зміну ймовірності; зміну наслідків; поділ ризику з іншою стороною або сторонами (включаючи контракти і фінансування ризику); збереження ризику при наявності повної інформації. Обробки ризиків, які мають справу з негативними наслідками, іноді приводять до

	«зменшення ризиків», «усунення ризиків», «уникнення ризиків» і «редукції ризиків». Обробка ризику може створити нові ризики або модифікувати вже існуючі.
<i>Контроль</i>	– вимірювання, здатне змінити ризик. Контроль включає будь-який процес, політику, приладу, практика або інші дії, що модифікують ризик. Контроль не завжди впливає на очікуваний або передбачуваний модифікуючий ефект.
<i>Залишковий ризик</i>	– ризик, який залишається після обробки ризику. Залишковий ризик може містити в собі не ідентифікований ризик. Залишковий ризик може також називатися «збережений ризик».
<i>Моніторинг</i>	– постійна перевірка, нагляд, критичне спостереження або визначення статусу ідентифікації зміни показників та очікуваних результатів. Моніторинг може бути застосований до концепції ризик-менеджменту, процесу ризик-менеджменту, ризику або контролю.

Контрольні запитання

1. Чи є тотожним поняття «оцінка ризику» та «аналіз ризику»? Відповідь аргументуйте.
2. Які характеристики ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря вам відомі?
3. Які види ризику визначаються згідно Методичних рекомендацій (МР 2.2.12-142-2007)?
4. Які види ризику визначаються при декларуванні безпеки об'єктів підвищеної небезпеки?
5. Наведіть приклади складових маршруту впливу на здоров'я населення.
6. Що означає прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику?
7. Наведіть логічний взаємозв'язок між такими поняттями: концепція ризик-менеджменту, план ризик-менеджменту, політика ризик-менеджменту.
7. Основні етапи оцінки ризику?
8. Що є наслідком прояву ризику?



3. СВІТОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ БАЗИ ДАНИХ РИЗИКІВ

Основними інформаційними базами даних, необхідних для аналізу і оцінки ризиків для здоров'я населення є такі [7]:

1. Аналіз інформаційної бази за ризиками База токсикологічних даних **Канадського центру з професійної безпеки і здоров'я (CCOHS)** містить такі розділи: ідентифікація речовини, опис зовнішнього вигляду, ідентифікації небезпеки, заходи першої допомоги, протипожежні заходи, зберігання і поводження, контроль експозиції / персонального захисту, фізичні та хімічні властивості, стабільність і реактивність, токсикологічна інформація, екологічна інформація, видалення та зберігання відходів, транспортування, регулювання обігу та нормативи, додаткова інформація.

Джерело доступу. Canadian Centre for Occupational Health and Safety: Comprehensive, Practical occupational health and safety information on chemicals: [Електронний ресурс]. – 2010. (База токсикологічних даних Канадського центру по професійній безпеці і здоров'ю (CCOHS) – Режим доступу : <http://www.ccohs.ca/products/databases/cheminfo.html>).

2. У **Вермонтському університеті** (Vermont SIRS MSDS Collection) є електронна колекція карт безпеки для близько 180 тисяч хімічних речовин.

Джерело доступу. Vermont Safety Information Resources, Inc.: Chemical toxicity data: [Електронний ресурс]. – 2011. – Режим доступу: <http://hazard.com/msds/> (Вермонтський університет (Vermont SIRS MSDS Collection). Електронна колекція карт безпеки. <http://hazard.com/msds/index.html>).

3. У **Корнельському університеті** (Cornell MSDS Search) зберігаються відомості про понад 250 тисяч хімічних речовин.

Джерело доступу. Cornell University: Environmental Health & Safety: NYSAES: [Електронний ресурс]. – 2011. – Режим доступу: <http://www.ehs.cornell.edu/NYSAES/default.cfm> (Корнельський університет

(Cornell MSDS Search). Відомості про хімічні речовини.
<http://MSDS.PDC.CORNELL.EDU/msdssrch.asp>).

4. *Міжнародні карти хімічної безпеки* є на сайті в Інтернеті.

Джерело доступу. UCSD Libraries' internal business network: [Електроний ресурс]. – 2011. – Режим доступу : <https://libnet.ucsd.edu/> (Хімічна й інженерна бібліотека (Science and Engineering Library), Chemistry Data Sets. http://libnet.ucsd.edu/se/list_bytype.html?subject=3&t=2).

5. У *Національному інституту США з професійної безпеки і здоров'я (NIOSH homepage)* розроблена необхідна інформація з токсичної дії інгредієнтів, що входять до складу СОТС.

Джерело доступу. 1. NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health: International chemical safety cards (ICSC): [Електроний ресурс]. – 2011. – Режим доступу : <http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/icstart.html> (Міжнародні карти хімічної безпеки. <http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/ipcs0000.html>). 2. CDC: Centers for Disease Control and Prevention: The national institute for occupational safety and health (NIOSH): Providing National and World Leadership to Prevent Workplace Illnesses and Injuries: [Електроний ресурс]. – 2010. – Режим доступу: <http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html> (Національний інститут США з професійної безпеки і здоров'я (NIOSH). <http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html>).

6. *Центр оцінки хімічних речовин та ризику RIVM* Centre for Substances & Risk Assessment (*Нідерланди*) наводить інформацію про токсичність речовин, а також методику розрахунку ризиків для людей.

Джерело доступу. National institute for public health and the environment (RIVM): Research for man and environment: [Електроний ресурс]. – 2010. - Режим доступу : <http://www.rivm.nl/en/> (Центр оцінки хімічних речовин і ризику RIVM Centre for Substances & Risk Assessment (Нідерланды). <http://www.rivm.nl/csr/>).

7. Інформаційна система *Міністерства енергетики США* (Risk Assessment Information System (RAIS)) містить відомості про фізико-хімічні

властивості, фактори канцерогенного потенціалу, референтні дози і концентрації пріоритетних хімічних речовин. До складу системи входить блок для розрахунку концентрацій, заснованих на ризику і які враховують множинність шляхів надходження хімічних речовин до організму людини. Ця інформаційна система забезпечена програмою розрахунку величини ризику з урахуванням інформації, яка є в банку даних США та інших країн. Основним показником у цих технологіях є те, що всі показники ризиків мають не перевищувати ризик рівня 10^{-6} .

Джерело доступу. United States Environmental Protection Agency: region 3 risk assessment: [Електроний ресурс]. – 2011. – Режим доступу : <http://www.epa.gov/> (Методичні аспекти оцінки ризику (US EPA Region 3 Risk Assessment)). <http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/riskmenu.htm>).

8. Рівні мінімального ризику для гострих, підгострих і хронічних впливів рекомендовані *Агентством США з реєстрації токсичних сполук і захворювань*.

Джерело доступу. United States Environmental Protection Agency: region 3 risk assessment: [Електроний ресурс]. – 2011. – Режим доступу : <http://www.epa.gov/> (Методичні аспекти оцінки ризику (US EPA Region 3 Risk Assessment)). <http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/riskmenu.htm>).

Аналізуючи ситуацію в Україні з базою даних і доступними методиками розрахунків ризиків, слід відзначити їх практично повну відсутність і орієнтацію на особливо небезпечні об'єкти.

Контрольні запитання

1. Які розділи містить База токсикологічних даних Канадського центру з професійної безпеки і здоров'я (CCOHS)?
2. Які основні міжнародні інформаційні бази даних, необхідних для аналізу і оцінки ризиків для здоров'я населення вам відомі?
3. Які з наведених у розділі світові інформаційні бази ризиків є безкоштовними для використання українським користувачем?



4. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОЦІНКИ РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ

Методичні рекомендації "Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря" (далі – Методичні рекомендації) призначені для спеціалістів установ та закладів державної санітарно-епідеміологічної служби, які здійснюють оцінку рівня *канцерогенного* та *неканцерогенного ризиків* для здоров'я населення від існуючого забруднення атмосферного повітря на території населеного пункту, яке сформоване за рахунок промислових викидів, життєдіяльності населення та процесів трансформації [5].

Методологія оцінки ризику – це вибір оптимальних у даній конкретній ситуації шляхів усунення або зменшення ризику, він складається з трьох взаємопов'язаних блоків (таблиця 4):

- 1) оцінка ризику;
- 2) управління ризиком;
- 3) інформування про ризик.

Таблиця 4

Характеристика основних блоків методології оцінки ризику

Назва блоку	Характеристика шляхів усунення або зменшення ризику
Оцінка ризику	Повна, або базова, схема оцінки ризику передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів, а саме: 1) ідентифікацію небезпеки; 2) оцінку експозиції; 3) характеристику небезпеки (оцінку залежності "доза-відповідь"); 4) характеристику ризику.
Управління ризиком	Основні завдання управління ризиком – порівняльне вивчення факторів ризику, установлення вагомості ризиків, їхнє ранжування і виявлення пріоритетів, обґрунтування найкращих в даній ситуації рішень з усунення або мінімізації

	<p>ризик, а також оцінка ефективності і корегування оздоровчих заходів. Управління ризиком базується на сукупності політичних, соціальних і економічних оцінок отриманих величин ризиків, порівняльній характеристиці можливої шкоди для здоров'я людини і суспільства в цілому, можливих витрат на реалізацію різних варіантів управлінських рішень зі зниження ризику і тих вигод, які будуть отримані в результаті реалізації заходів.</p>
<p>Інформування про ризик</p>	<p>Інформування про ризик – це процес розповсюдження результатів визначення ступеня ризику для здоров'я людини і рішень щодо його контролю. На їх основі органи санепідслужби спільно з адміністративними органами, з огляду на пріоритетність як окремих джерел забруднення, так і провідних чинників, які формують найбільш високий і небезпечний рівень ризику для здоров'я населення та стану навколишнього природного середовища, розробляють комплекс профілактичних заходів і черговість їх впровадження. Цей аспект є принципово новим і відрізняє концепцію ризику від попередніх концепцій, що використовувались при оцінці небезпеки впливу шкідливих факторів оточуючого середовища на населення.</p>

Головним завданням першого етапу (ідентифікація небезпеки) є відбір пріоритетних, індикаторних хімічних речовин, вивчення яких дозволить з достатньою точністю охарактеризувати рівні ризику порушення стану здоров'я населення та джерела його виникнення. Пріоритетність досліджуваних речовин визначають на основі даних щодо їх біологічної активності, у т.ч. канцерогенної, фізико-хімічних властивостей, які обумовлюють особливості поширеності і поведінки їх у навколишньому природному середовищі та впливу на організм людини, залежності розвитку негативних ефектів (специфічних і неспецифічних) від шляху надходження речовини в організм. При цьому, як правило, використовують вторинні джерела інформації (аналітичні огляди, звіти, довідники, бази даних), що вже

містять висновки висококваліфікованих експертів про небезпечні властивості даної речовини.

Оцінка експозиції – другий етап оцінки ризику, у процесі якого встановлюється кількісний рівень надходження речовини до організму людини певним шляхом. Він передбачає визначення шляху розповсюдження у навколишньому середовищі і впливу на організм забруднюючої сполуки, вивчення її концентрацій, установлення терміну дії і загальної тривалості впливу, оцінки чисельності популяції, яка знаходиться або вірогідно може знаходитись під впливом шкідливого чинника.

Кількісна характеристика експозиції передбачає визначення концентрації хімічних сполук, що впливають на людину, орієнтуючись на дані:

- моніторингових досліджень;
- моделювання поширеності та поведінки хімічних сполук у повітряному (навколишньому природному) середовищі;
- комбінації результатів моніторингових спостережень із даними, отриманими на основі моделювання.

Моніторинг якості атмосферного повітря є найбільш важливим інструментом для аналітичного визначення вмісту хімічних чинників. За сучасних умов джерелом даних можуть бути результати спеціально спрямованих спостережень та матеріали щодо стану забруднення атмосферного повітря, отримані державною системою спостережень Державної гідрометеорологічної служби МНС України та Державної санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України.

Концентрація речовини у зоні спостережень (місце перебування людини) визначається як середньоарифметична величина концентрацій, що мали місце протягом періоду експозиції, або як максимальна концентрація за обмежений час (у залежності від постановки завдання). Для оцінки ризиків, зумовлених *хронічним впливом хімічних речовин*, мають застосовуватись середньорічні концентрації та їхні верхні 95%-ві довірчі межі. При

визначенні ризиків *гострих (екстремальних, аварійних) ситуацій* терміном до 24 год. використовуються максимальні концентрації. Для України важливо орієнтуватись на переліки загальнопоширених забруднюючих речовин атмосферного повітря [8].

Результатом даного етапу оцінки ризику є визначення *середньої добової дози (ADD/LADD)*, формула розрахунку якої за інгаляційного впливу речовини з атмосферного повітря має вигляд:

$$ADD/LADD = \frac{[(Ca \cdot Tout \cdot Vout) + (Ch \cdot Tin \cdot Vin)] \cdot EF \cdot ED}{(BW \cdot AT \cdot 365)}, \quad (1)$$

де *ADD/LADD* – середня добова доза речовини, мг/кг×доба;

Ca – концентрація речовини в атмосферному повітрі, мг/м³;

Ch – концентрація речовини у повітрі приміщення, мг/м³;

Tout – час, що проводиться поза приміщенням, год/доба;

Tin – час, що проводиться у приміщенні, год/доба;

Vout – швидкість дихання поза приміщенням, м³/год;

Vin – швидкість дихання у приміщенні, м³/год;

EF – частота впливу, днів/рік;

ED – тривалість впливу, років;

BW – маса тіла, кг;

AT – період осереднення експозиції, років;

365 – число днів у році.

За відсутності *специфічних* для досліджуваної популяції *дескрипторів експозиції* використовують стандартні значення, що наведені у таблиці 5.

Таблиця 5

Рекомендовані значення факторів експозиції

Фактор експозиції	Величина
Маса тіла, кг	
- середній дорослий	60
- дорослий чоловік	70
- доросла жінка	58
- середня величина	64
- рекомендована ВООЗ	60

Площа поверхні тіла, см ²	
- дорослий чоловік	18000
- доросла жінка	16000
Об'єм дихання, л/8годин	
- дорослий чоловік	3600
- доросла жінка	2900
- дитина (10 років)	2300
легка/не виробнича діяльність	
- дорослий чоловік	9600
- доросла жінка	9100
- дитина (10 років)	6240
Інгаляція за добу, м ³ (8 годин відпочинку, 16 годин легкої або невиробничої діяльності)	
- дорослий чоловік	23
- доросла жінка	21
- дитина (10 років)	15
- середній дорослий	22
Швидкість інгаляції, м ³ /доба	
- діти (вік 1 рік і менше)	4,5
- діти (вік 1-12 років)	8,7
- дорослі жінки	11,3
- дорослі чоловіки	15,2
Час, що проводиться у приміщенні, год/доба	
- діти 3-11 років	19 (будні дні) 17 (вихідні)
- дорослі	21(будні дні) 16,4(вихідні)
Час, що проводиться поза приміщенням, год/доба	
- діти 3-11 років	5 (будні дні) 7 (вихідні)
- дорослі	1,5 (будні дні) 2 (вихідні)

Головним завданням **третього етапу (характеристика небезпеки)** є узагальнення та аналіз наявних даних щодо гігієнічних нормативів, безпечних рівнів впливу (*референтних доз та концентрацій*), *критичних органів/систем та негативних ефектів*, що можуть виникати за дії певної речовини або групи речовин. Дія хімічних сполук зумовлює широкий спектр шкідливих ефектів, які залежать від шляху та тривалості надходження в організм, рівнів доз або концентрацій. У методології оцінки ризику прийнято орієнтуватися на той шкідливий ефект, який виникає за впливу найменшої із

ефективних доз (критичний ефект, критичні органи/системи). При цьому міжнародна методологія оцінки ризику передбачає, що:

– для **неканцерогенних речовин** та канцерогенів негенотоксичної дії передбачається наявність порогових рівнів, нижче від яких шкідливі ефекти не виникають;

– **канцерогенні ефекти**, обумовлені дією генотоксичних канцерогенних чинників, можливі за дії будь-яких доз, що викликають пошкодження генетичного матеріалу; для такого роду сполук відсутні порогові рівні.

Для характеристики ризику розвитку **неканцерогенних ефектів** найчастіше використовують два показники:

- 1) максимальна недіюча доза;
- 2) мінімальна доза, що викликає пороговий ефект.

Дані показники є основою для установлення рівнів мінімального ризику – референтних доз (*RfD*) і концентрації (*RfC*). Перевищення референтної дози не обов'язково пов'язане із розвитком шкідливого ефекту, але чим вища доза впливу і чим більше вона перевищує референтну, тим більша імовірність його виникнення, однак оцінити цю імовірність за даного методичного підходу неможливо. У зв'язку з цим кінцевими характеристиками оцінки експозиції на основі референтних доз і концентрацій є коефіцієнти (*HQ*) та індекси (*HI*) небезпеки. Якщо референтна доза не перевищена, то ніяких регулюючих втручань не потрібно. У випадку, коли вплив речовини перевищує *RfD*, виникає небезпека, величину якої можна оцінити лише за допомогою вивчення залежності "доза-відповідь" та спектра шкідливих ефектів. Значення референтних доз/концентрацій деяких хімічних речовин, а також критичних органів та систем, на які вони впливають, наведено у таблиці 1Д (Додатку).

Для оцінки ризику **генотоксичних канцерогенів** основним параметром є фактор канцерогенного потенціалу (*CPF*) або фактор нахилу (*SF*), що відображає ступінь наростання канцерогенного ризику на одну одиницю зі збільшенням дози впливу і має розмірність $(\text{мг/кг} \times \text{доба})^{-1}$.

Іншим параметром є величина так званого одиничного ризику (UR). За інгаляційного впливу UR являє собою верхню, консервативну оцінку канцерогенного ризику у людини, яка зазнає постійного впливу протягом життя певного канцерогена в концентрації 1 мкг/м^3 . Значення фактора канцерогенного потенціалу деяких хімічних речовин за повітряного шляху надходження наведено у додатку Методичних рекомендацій.

Четвертий етап – характеристика ризику інтегрує дані про небезпеку досліджуваних речовин, величину експозиції, параметри залежності "доза-відповідь", які було отримано на попередніх етапах дослідження. На основі цих даних дається кількісна та якісна оцінка ризику окремих речовин та визначається порівняльний ряд небезпеки для здоров'я населення групи сполук.

Характеристику ризику розвитку *неканцерогенних ефектів* здійснюють шляхом порівняння фактичних рівнів експозиції з безпечними (референтними) рівнями впливу та визначенням коефіцієнта небезпеки:

$$HQ = \frac{AD}{RfD}, \quad \text{або} \quad HQ = \frac{AC}{RfC}, \quad (2)$$

де HQ – коефіцієнт небезпеки;

AD – середня доза, мг/кг ;

AC – середня концентрація, мг/м^3 ;

RfD – референтна (безпечна) доза, мг/кг ;

RfC – референтна концентрація, мг/м^3 .

За висновком закордонних експертів, у разі відсутності референтних доз/концентрацій як еквівалент можна використовувати гранично допустимі концентрації (ГДК) або максимально недіючі рівні чи концентрації (МНР, МНК), установлені за критерієм прямого ефекту на здоров'я.

За інгаляційного надходження, якщо цього не потребують спеціальні задачі дослідження, немає необхідності розраховувати дозу впливу, а розрахунок коефіцієнта небезпеки можна здійснювати за формулою:

$$HQ_i = \frac{C_i}{RfC}, \quad (3)$$

де HQ_i – коефіцієнт небезпеки впливу i -тої речовини;

C – рівень впливу i -тої речовини, мг/м³;

RfC_i – безпечний рівень впливу, мг/м³.

Коефіцієнт небезпеки розраховують окремо за умов короткотривалого (гострого), підгострого і тривалого впливу хімічної речовини. При цьому період осереднення експозиції і відповідних безпечних рівнів впливу має бути аналогічним. Критерії для характеристики коефіцієнта небезпеки наведено у таблиці 6.

Таблиця 6

Критерії неканцерогенного ризику

Характеристика ризику	Коефіцієнт небезпеки (HQ)
Ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий	< 1
Гранична величина, що не потребує термінових заходів, однак не може розглядатися як досить прийнятна	1
Імовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ	> 1

Характеристику ризику розвитку неканцерогенних ефектів за комбінованого впливу хімічних речовин проводять на основі розрахунку індексу небезпеки за формулою:

$$HI = \sum HQ_i, \quad (4)$$

де HQ_i – коефіцієнти небезпеки для окремих забруднюючих речовин.

Розрахунок індексів небезпеки, як правило, проводять з урахуванням критичних органів та систем, які зазнають негативного впливу досліджуваних речовин. Як свідчать результати наукових досліджень, за впливу компонентів суміші на одні і ті ж органи або системи організму найбільш імовірним типом їх комбінованого впливу є сумація (адитивність). Це правило не є універсальним, оскільки не враховує можливої різниці у механізмах специфічної дії компонентів суміші, а також локальних шкідливих реакцій у місці первинного

контакту речовини з організмом (наприклад, слизових оболонках дихальних шляхів або шлунку).

Разом з тим, на думку міжнародних та закордонних експертів, такий підхід хоча і може перебільшувати небезпеку для здоров'я, однак має більшу перевагу у порівнянні з роздільною, незалежною оцінкою кожного із компонентів.

Для характеристики канцерогенного ризику проводять розрахунок індивідуального та популяційного ризику впливу досліджуваних речовин.

Розрахунок індивідуального канцерогенного ризику (CR) здійснюють за формулою:

$$CR = SF \cdot LADD, \quad (5)$$

де CR – імовірність занедужати раком, безвимірна величина (звичайно виражається в одиницях 1:1000000);

SF – фактор нахилу, тобто імовірність одержання ракового захворювання у випадку прийому одиничної дози $LADD$, 1/мг/(кг × доба), ((мг/(кг × доба)⁻¹);

$LADD$ – середня добова доза протягом життя, мг/(кг × доба).

При застосуванні величини одиничного ризику розрахункова формула набуває вигляду:

$$CR = LADC \cdot UR, \quad (6)$$

де $LADC$ – середня концентрація речовини в атмосферному повітрі за весь період усереднення експозиції, мг/м³;

UR – одиничний ризик, (мг/м³)⁻¹.

Одиничний ризик (UR) розраховують із використанням величини SF , стандартної величини маси тіла людини (70 кг) та добового споживання повітря (20 м³):

$$UR_i \text{ (м}^3\text{/мг)} = SF_i \text{ (мг/кг} \times \text{доба)}^{-1} \times 1/70 \text{ кг} \times 20 \text{ (м}^3\text{/доба)}. \quad (7)$$

Поряд з розрахунками індивідуального канцерогенного ризику проводять визначення популяційного ризику (PCR), який відображає додаткову (до фонові) кількість випадків новоутворень, які можуть виникнути протягом життя внаслідок впливу досліджуваного фактора:

$$PCR = CR \cdot POP, \quad (8)$$

де CR – індивідуальний канцерогенний ризик;

POP – чисельність популяції, що підпадає під вплив даного фактору, чол.

При порівняльній характеристиці ризику іноді використовують величину популяційного річного ризику ($PCRa$), що являє собою розраховану кількість додаткових випадків раку протягом року:

$$PCRa = \sum (C_i \cdot UR_i) \cdot POP / 70, \quad (9)$$

де C_i – середня річна концентрація i -тої речовини;

POP – чисельність популяції, що зазнає впливу, чол.

UR_i – одиничний ризик протягом життя (70 років).

Канцерогенний ризик за комбінованої дії декількох хімічних сполук розглядають як адитивний. При аналізі доцільно групувати досліджувані канцерогени з урахуванням виду та/або локалізації пухлин. У цьому випадку розрахунок сумарних канцерогенних ризиків здійснюють окремо для кожної групи (наприклад, для раку легень, пухлин печінки тощо).

Таким чином, за впливу декількох канцерогенів сумарний канцерогенний ризик розраховують за формулою:

$$CR_T = \sum CR_j, \quad (10)$$

де CR_T – загальний канцерогенний ризик для шляху надходження T ;

CR_j – канцерогенний ризик для j -тої канцерогенної речовини.

Приклад 1. Розраховуємо середню добову дозу впливу бенз(а)пірену на населення міста, де концентрація бенз(а)пірену в атмосферному повітрі становить $0,95 \cdot 10^{-6}$ мг/м³. Використовуючи стандартні дескриптори експозиції, проводимо розрахунок за формулою (1):

$$LADD = \frac{[(Ca \cdot Tout \cdot Vout) + (Ch \cdot Tin \cdot Vin)] \cdot EF \cdot ED}{(BW \cdot AT \cdot 365)}$$

Параметр	Характеристика	Стандартне значення
<i>LADD</i>	Величина надходження, мг/кг-доба	-
<i>Ca</i>	Концентрація речовини в атмосферному повітрі, мг/м ³	0,95*10 ⁻⁶ мг/м ³ .
<i>Ch</i>	Концентрація речовини в повітрі приміщення, мг/м ³	1,0*0,95*10 ⁻⁶ мг/м ³ .
<i>Tout</i>	Час, що проводиться поза приміщенням, год/доба	8 год/доба
<i>Tin</i>	Час, що проводиться всередині приміщення, год/доба	16 год/доба
<i>Vout</i>	Швидкість дихання поза приміщенням, м ³ /год	1,4 м ³ /рік
<i>Vin</i>	Швидкість дихання в середині приміщення, м ³ /год	0,63 м ³ /рік
<i>EF</i>	Частота впливу, днів/рік	350 днів/рік
<i>ED</i>	Тривалість впливу, років	30 років (дорослі)
<i>BW</i>	Маса тіла, кг	70 кг (дорослі)
<i>AT</i>	Період осереднення експозиції, років	Для канцерогенів 70 років

$$LADD = \frac{[(0,95 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \cdot 1,4) + (1,0 \cdot 0,95 \cdot 10^{-6} \cdot 16 \cdot 0,63)] \cdot 350 \cdot 30}{(70 \cdot 70 \cdot 365)} = 0,118 \cdot 10^{-6} \text{ мг / кг - доба}$$

При використанні лінійної моделі величина індивідуального ризику буде складати:

$$CR = SF \cdot LADD = 3,1 \cdot 0,12 \cdot 10^{-6} = 0,37 \cdot 10^{-6}$$

Враховуючи, що кількість населення в досліджуваному місті становить 300000 чоловік, розраховуємо величину популяційного ризику:

$$PCR = CR \cdot POP = 0,37 \cdot 10^{-6} \cdot 300000 = 0,11$$

За класифікацією рівнів ризику ВООЗ, розрахований ризик буде низьким, тобто допустимим для здоров'я населення.

Приклад 2 розрахунку неканцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря діоксидом азоту (NO_2). Характеристику ризику розвитку неканцерогенних ефектів за впливу NO_2 концентрації 0,099 мг/м³ в атмосферному повітрі здійснюємо шляхом розрахунку коефіцієнта небезпеки:

$$HQ_i = \frac{C_{NO_2}}{RfC_{NO_2}} = \frac{0,099 \text{ мг/м}^3}{0,04 \text{ мг/м}^3} = 2,472.$$

Отже, неканцерогенний ризик для здоров'я населення за впливу NO_2 концентрації $0,099 \text{ мг/м}^3$ в атмосферному повітрі не можна вважати допустимим, існує імовірність виникнення шкідливих ефектів у населення.

Приклад 3 розрахунку неканцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря аміаком (NH_3). Характеристику ризику розвитку неканцерогенних ефектів за впливу NH_3 в концентрації $0,14 \text{ мг/м}^3$ в атмосферному повітрі здійснюємо шляхом розрахунку коефіцієнта небезпеки:

$$HQ_i = \frac{C_{NH_3}}{RfC_{NH_3}} = \frac{0,14 \text{ мг/м}^3}{0,1 \text{ мг/м}^3} = 1,4.$$

Отже, неканцерогенний ризик для здоров'я населення за впливу аміаку в концентрації $0,14 \text{ мг/м}^3$ в атмосферному повітрі не можна вважати допустимим, існує імовірність виникнення шкідливих ефектів у населення.

Приклад 4. Приклад розрахунку сумарного неканцерогенного ризику (HI) пов'язаного із з урахуванням критичних органів та систем, які в першу чергу зазнають негативного впливу хімічних речовин, наведено в таблиці 7.

Таблиця 7

Приклад розрахунку сумарного неканцерогенного ризику

Речовина	Доза, мг/кг	RfD , мг/кг	HQ	Критичні органи
А	0,005	0,05	0,1	нирки
Б	16,0	4,0	4,0	печінка
С	0,12	0,4	0,3	нирки
Д	0,08	0,2	0,4	печінка
Сумарний ризик		HI загальний	4,8	
		HI нирки	0,4	
		HI печінка	4,4	

Як видно із таблиці 7, найбільший внесок як у сумарну величину HI , так і в ризик впливу на нирки, має речовина Б. Найменш значущу роль у формуванні ризику відіграє речовина А.

При оцінці ризиків для здоров'я, зумовлених впливом забруднювачів атмосферного повітря, доцільно орієнтуватися на систему критеріїв, рекомендовану у публікаціях ВООЗ (1996, 1999, 2000 рр.) (таблиця 8).

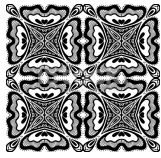
Таблиця 8

Класифікація рівнів ризику

Рівень ризику	Ризик протягом життя
Високий (<i>De Manifestis</i>) – не прийнятний для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику	$>10^{-3}$
Середній – припустимий для виробничих умов; за впливу на все населення необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи з управління ризиком	$10^{-3} - 10^{-4}$
Низький – припустимий ризик (рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення)	$10^{-4} - 10^{-6}$
Мінімальний (<i>De Minimis</i>) – бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів	$<10^{-6}$

Контрольні запитання

1. З яких взаємопов'язаних блоків складається методологія аналізу ризиків?
2. Основні завдання управління ризиком?
3. Основні завдання ідентифікації небезпеки для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря?
4. Яку функцію виконує інформування про ризик в системі прийняття управлінських рішень?
5. На основі яких даних проводиться кількісна характеристика експозиції?
6. Який показник є результируючим виконання етапу оцінки експозиції?
7. Головні завдання етапу характеристики небезпеки?
8. Які показники для характеристики ризику розвитку неканцерогенних і канцерогенних ефектів найчастіше використовуються?



5. МІЖНАРОДНА ПРАКТИКА РОЗРАХУНКУ ПОТЕНЦІЙНОГО РИЗИКУ ЗДОРОВ'Ю, ПОВ'ЯЗАНОГО З ХІМІЧНИМ ЗАБРУДНЕННЯМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

В міжнародній практиці застосовують *три основні моделі оцінки залежностей "доза–відгук"* [9-14]:

1. *Лінійна або лінійно-експоненціальна моделі* мають наступний вигляд:

$$Risk = UR \cdot C \cdot t, \quad (11)$$

$$Risk = 1 - \exp(-UR \cdot C \cdot t), \quad (12)$$

де *Risk* – ризик виникнення несприятливого ефекту, який визначається як ймовірність виникнення цього ефекту при заданих умовах;

C – реальна концентрація (або доза) речовини, що надає вплив за час *t*;

UR – одиниця ризику, що визначається як фактор пропорції зростання ризику в залежності від величини діючої концентрації (дозы). Як правило визначається експертними методами при статистичному аналізі експериментального або медико-статистичного матеріалу, отриманого різними авторами в порівнянних ситуаціях.

2. *Порогова модель* передбачає наявність порогу, нижче якого досліджуваний фактор практично не діє. При

$$Risk = H(C - Cn), \quad (13)$$

де *H* – функція Хевісайда ($H(x)=0$ при $x<0$ і $H(x)=1$ при $x>0$);

C – концентрація впливу;

Cn – порогова концентрація.

3. *Модель індивідуальних порогів* дії (нормально-імовірнісний розподіл частоти ефектів, пробіт (*Prob*)-аналіз) застосовується для визначення гострої токсичності хімічних речовин. Однак може бути використана і в ряді інших випадків [11]. Розрахункова формула ризику як нормально-імовірнісного розподілу частоти ефектів набуває вигляду:

$$Risk = (1/\sqrt{(2\pi)}) \cdot \int_{-\infty}^{(a+b \cdot \lg(C))} e^{-t/2} \cdot dt, \quad (14)$$

де π - число пі (3.14.....);

C – концентрація впливу;

a і b – емпіричні коефіцієнти.

Фактично, вибір моделі залежить від тієї концептуальної системи, яка прийнята для оцінки ризику.

Методичні основи розрахунку потенційного ризику здоров'ю, пов'язаного з хімічним забрудненням атмосферного повітря. Наведемо основні поняття і визначення.

Потенційний ризик – ризик виникнення несприятливого для людини ефекту, що знаходиться як можливість виникнення цього ефекту при заданих умовах. Виявляється в процентах чи долях одиниці. Розрахунок потенційного ризику найбільш успішно може бути використаний для медико-екологічної оцінки якості навколишнього середовища, у тому числі і для перспективних цілей. Заведено відокремлювати три типи потенційного ризику:

1) ризик *негайних ефектів*, що проявляються безпосередньо в момент впливу (неприємні запахи, роздратовуючі ефекти, різноманітні фізіологічні реакції, загострення хронічних захворювань та ін., а при значних концентраціях – гострі отруєння);

2) ризик *тривалого (хронічного) впливу*, що проявляється при накопиченні достатньої для цього дози, у рості неспецифічної патології, зниженні імунного статусу і т.п.;

3) ризик *специфічної дії*, що проявляється у виникненні специфічних захворювань чи канцерогенних, імунно-, ембріотоксичних ті інших подібних ефектів.

Реальний ризик – це кількісне вираження шкоди суспільному здоров'ю, пов'язаної із забрудненням навколишнього середовища, у величинах додаткових випадків захворювань, смерті та ін. Звичайно, використовується при оцінці існуючих ситуацій чи ретроспективних досліджень.

Оцінка ризику прояву негайних токсичних ефектів при забрудненні атмосферного повітря. Для більшості забруднюючих речовин встановлюється два значення ГДК – максимально разове і середньодобове, значення яких наведено в «Переліку гранично допустимих концентрацій (ГДК) та орієнтовних безпечних рівнів діяння (ОБРД) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць» [15]. Ризик прояву негайних токсичних ефектів при забрудненні атмосферного повітря оцінюється для чотирьох класів небезпеки забруднюючих речовин у пробітах (*Prob*) за формулами:

$$1 \text{ клас } Prob = -9,15 + 11,66 \cdot \lg(C / ГДК_{м.р}), \quad (15)$$

$$2 \text{ клас } Prob = -5,51 + 7,49 \cdot \lg(C / ГДК_{м.р}), \quad (16)$$

$$3 \text{ клас } Prob = -2,35 + 3,73 \cdot \lg(C / ГДК_{м.р}), \quad (17)$$

$$4 \text{ клас } Prob = -1,41 + 2,33 \cdot \lg(C / ГДК_{м.р}), \quad (18)$$

де *C* – концентрація забруднюючої речовини;

ГДК_{м.р} – максимальні разові ГДК, які призначені для регламентації максимальних рівнів приземних концентрацій забруднюючих речовин з метою попередження розвитку негайних токсичних ефектів.

Prob – величина, що пов'язана з ризиком по закону нормального імовірностного розподілу.

Пробіти і імовірність (*Risk*) пов'язані табличним інтегралом [13,14]:

$$Risk = (1 / \sqrt{(2\pi)}) \int_{-\infty}^{Prob} e^{-t^2/2} dt \quad (19)$$

Для перерахунку *Prob* в *Risk* можна використовувати спеціальну таблицю 9 або вбудовані функції спеціалізованих пакетів програм. Так, наприклад, загальновідомий табличний процесор Excel, який є складовою частиною продуктів серії Microsoft Office, для цієї мети пропонує вбудовану функцію нормального імовірнісного розподілу.

Таблиця нормально-імовірнісного розподілу при взаємозв'язку пробітів і ризику

Prob	Risk	Prob	Risk	Prob	Risk	Prob	Risk
-3,0	0,001	-1,0	0,157	0,2	0,579	1,4	0,919
-2,5	0,006	-0,9	0,184	0,3	0,618	1,5	0,933
-2,0	0,023	-0,8	0,212	0,4	0,655	1,6	0,945
-1,9	0,029	-0,7	0,242	0,5	0,692	1,7	0,955
-1,8	0,036	-0,6	0,274	0,6	0,726	1,8	0,964
-1,7	0,045	-0,5	0,309	0,7	0,758	1,9	0,971
-1,6	0,055	-0,4	0,345	0,8	0,788	2,0	0,977
-1,5	0,067	-0,3	0,382	0,9	0,816	2,5	0,994
-1,4	0,081	-0,2	0,421	1,0	0,841	3,0	0,999
-1,3	0,097	-0,1	0,460	1,1	0,864		
-1,2	0,115	0,0	0,500	1,2	0,885		
-1,1	0,136	0,1	0,540	1,3	0,903		

Оцінка потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери. Ймовірність розвитку неспецифічних токсичних ефектів при хронічній інтоксикації в заданих умовах визначається за формулою:

$$Risk = 1 - \exp(\ln(0,84) \cdot (C / ГДК_{cd})^b / K_3), \quad (20)$$

де C – концентрація речовини, що робить вплив за заданий період часу;

$ГДК_{cd}$ – середньодобова гранично допустима концентрація;

K_3 – коефіцієнт запасу (значення змінюються в залежності від класу небезпеки речовини) (таблиця 10);

b – коефіцієнт, що дозволяє оцінювати ізоефективні ефекти домішок різних класів небезпеки відповідно таблиці 10.

Таблиця 10

Значення коефіцієнтів K_3 і b для речовин різних класів небезпеки

Клас небезпеки забруднюючих речовин	Коефіцієнт запасу K_3	Коефіцієнт b
1	7,5	2,35
2	6,0	1,28
3	4,5	1,0
4	3,0	0,87

Приклад 5. Визначимо імовірнісний ризик розвитку хронічних неспецифічних ефектів за формулою (20) при середній концентрації сірчаної кислоти в повітрі $0,4 \text{ мг/м}^3$. Сірчана кислота відноситься до другого класу небезпеки, $\text{ГДК}_{\text{сб}} = 0,1 \text{ мг/м}^3$.

$$\text{Risk} = 1 - \exp(\ln(0,84) \cdot (0,4 / 0,1)^{1,28} / 6 = 0,157).$$

Таким чином, при постійному впливі атмосферного повітря, забрудненого сірчаною кислотою в концентрації $0,4 \text{ мг/м}^3$ у 157 чоловік з 1000, що постійно проживають на досліджуваній території протягом свого життя, можуть проявитися симптоми хронічної інтоксикації.

Потенційний ризик здоров'ю населення при хронічному впливі декількох домішок забруднення атмосфери визначається за формулою:

$$\text{Risk} = 1 - \exp(\ln 0,84 / (\text{ГДК} \cdot K_3) \cdot C \cdot t)^n, \quad (21)$$

де C – концентрація домішок;

ГДК – норматив;

K_3 – коефіцієнт запасу (значення змінюються в залежності від класу небезпеки речовини) (таблиця 10)

n – коефіцієнт, що визначається в залежності від класу небезпеки домішки: 1-й клас – 2,4; 2-й клас – 1,31; 3-й клас – 1,0; 4-й клас – 0,86;

t – відношення тривалості впливу забруднення в містах до середній тривалості життя людини (70 років).

Даний підхід застосовується при рівні забруднення об'єкту довкілля до 10-15 ГДК [9].

Оцінка потенційного ризику здоров'ю населення при комбінованій дії забруднювачів атмосферного повітря. Під комбінованою дією розуміється вплив декількох домішок. Для оцінки комбінованої дії декількох домішок, що володіють ефектом сумачії, використовують метод розрахунку приведеної концентрації ($C_{\text{пр}}$):

$$C_{np} = C_1 + C_2 \cdot \frac{ГДК_1}{ГДК_2} + \dots + C_n \cdot \frac{ГДК_1}{ГДК_n}, \quad (22)$$

де C_1, C_2, \dots, C_n – концентрації 1-ої, 2-ої, ..., n - ої домішок, $ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$ – відповідно їх нормативи.

Приклад 6. Результати розрахунку величини потенційного ризику здоров'ю населення при комбінованій дії забруднювачів атмосферного повітря згідно формули (22) наведено в таблиці 11.

Таблиця 11

Результати розрахунку величини ризику при комбінованій дії трьох домішок

Домішки	Концентрація	ГДК	Ризик
Домішок 1	2,0	1,0	0,075
Домішок 2	4,0	1,5	0,098
Домішок 3	0,25	0,1	0,092
C_{np} (приведена до першої домішки)	7,17	1,0	0,243

При трактування отриманих величин потенційного ризику здоров'ю населення користуються ранговою шкалою, яку наведено в таблиці 12.

Таблиця 12

Залежність ваги ефектів від величини ризику здоров'ю населення

Вага ефектів	Risk
Рівні мінімального ризику	<0,1
Граничні хронічні ефекти	0,1 – 0,19
Важкі хронічні ефекти	0,2 – 0,59
Важкі гості ефекти	0,6 – 0,89
Смертельні ефекти	0,9 – 1,0

Контрольні запитання

1. Які основні моделі оцінки залежностей "доза–відгук" застосовують у сучасній практиці?

2. Якими методами визначається одиниця ризику?
3. Охарактеризуйте основні типи потенційного ризику здоров'ю населення, пов'язаного з хімічним забрудненням атмосферного повітря.
4. Чим відрізняється поняття «потенційний ризик» і «реальний ризик»?
5. Яким чином розраховується ризик комбінованої дії забруднювачів атмосферного повітря?



6. РОЗРАХУНОК РИЗИКУ ЗДОРОВ'Ю НАСЕЛЕННЯ В EXCEL

Приклад 7. Розглянемо використання табличного процесору Excel для **розрахунку потенційного ризику здоров'ю населення при хронічному впливі забруднення атмосфери (формула (20)).**

Крок 1. У книзі Excel із таблицею ГДК створюємо новий лист із назвою «Ризик» (рисунок 1) та в комірки заносимо значення коефіцієнтів для речовин різних класів небезпеки (див. таблицю 10).

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	Ј
	Клас небезпеки забруднюючих речовин	Коефіцієнт запасу Кз	Коефіцієнт b							
1	1	7,5	2,35							
2	2	6	1,28							
3	3	4,5	1							
4	4	3	0,87							
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										

Рисунок 1. Скриншот вводу значення коефіцієнтів

Крок 2. Переходимо на вкладку «РАЗРАБОТЧИК» (рисунок 2а) і вставляємо елемент керування форми «Поле со списком» (рисунок 2б) у межі діапазону комірок B7:I7.

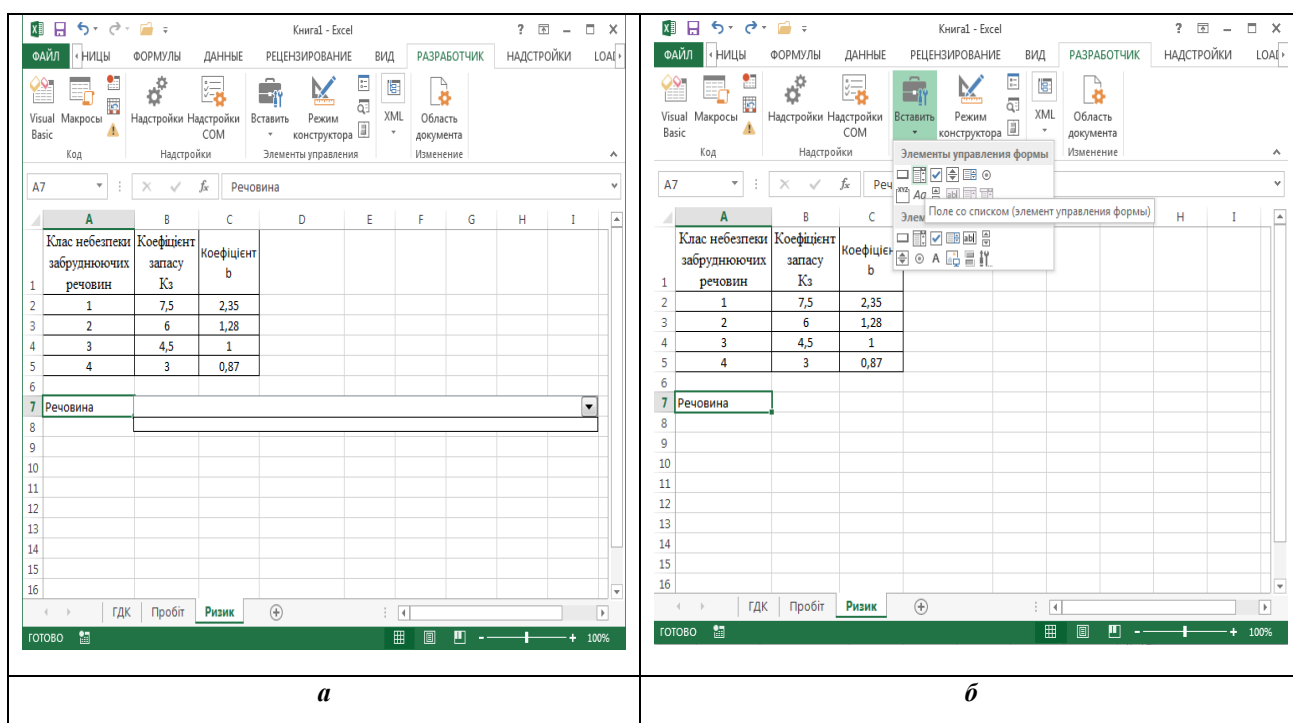
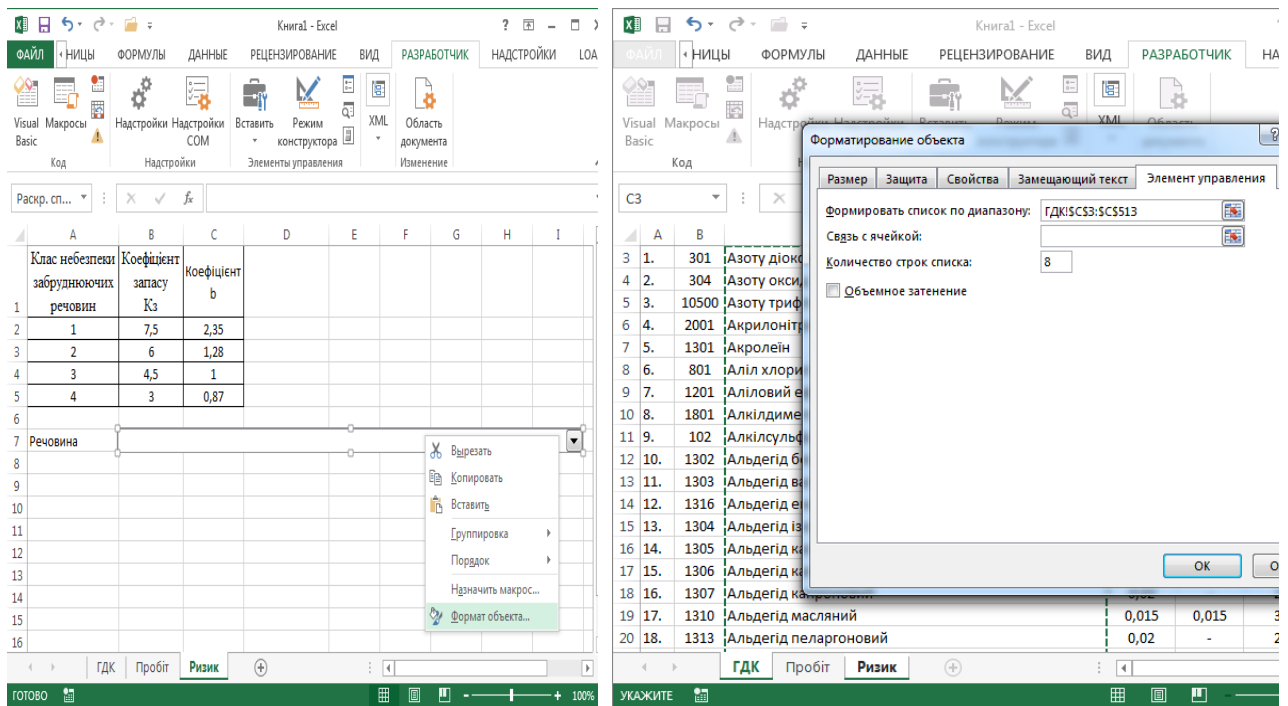


Рисунок 2. Скриншот активізації відповідних вкладок

Крок 3. Для поля зі списком викликаємо контекстне меню (правий клік мишкою) і вибираємо пункт «Формат об'єкта» (рисунок 3а). На вкладці «Элемент управления» у полі «Формировать список по диапазону» вибираємо із листа «ГДК» стовпчик із назвами речовин (діапазон комірок C3:C513) (рисунок 3б).



a

б

Рисунок 3. Скриншот активізації відповідних вкладок

У полі «Связать с ячейкой» вибираємо комірку В8 із листа «Ризик» (рисунок 4).

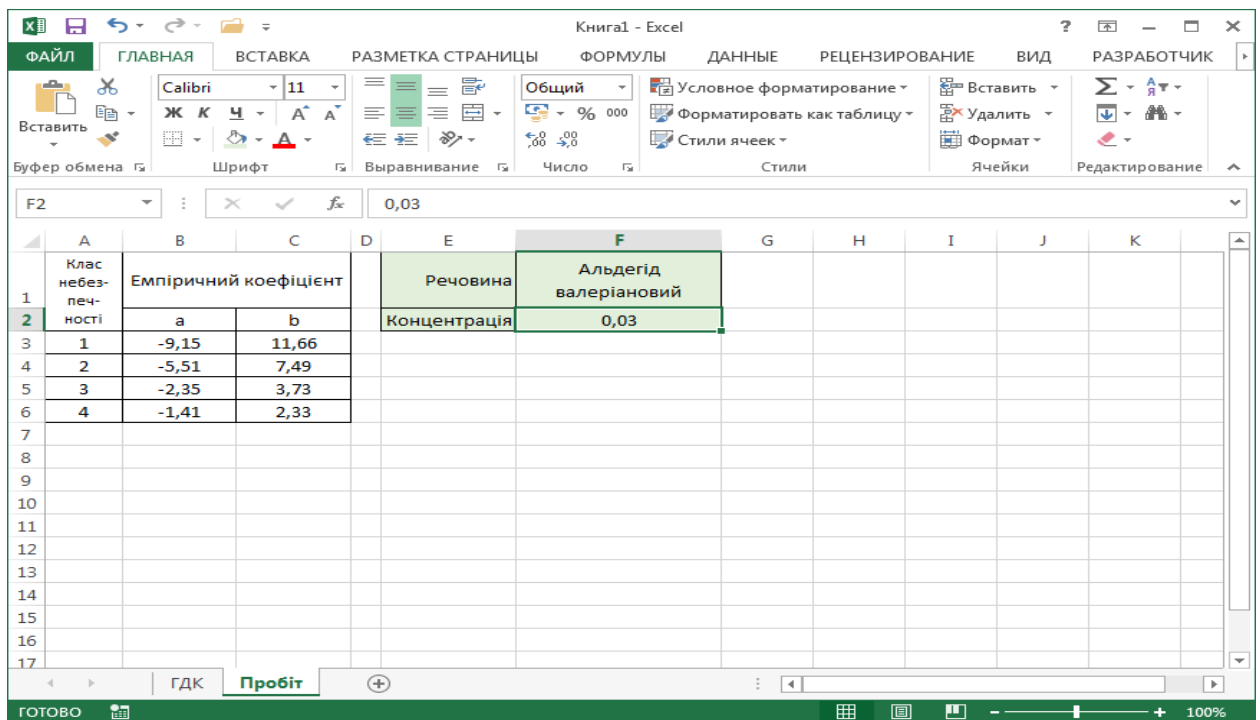


Рисунок 4. Скриншот активізації відповідних вкладок

Крок 4. У комірку В9 заносимо значення концентрації забруднюючої речовини вибраної із поля зі списком речовини (рисунок 5).

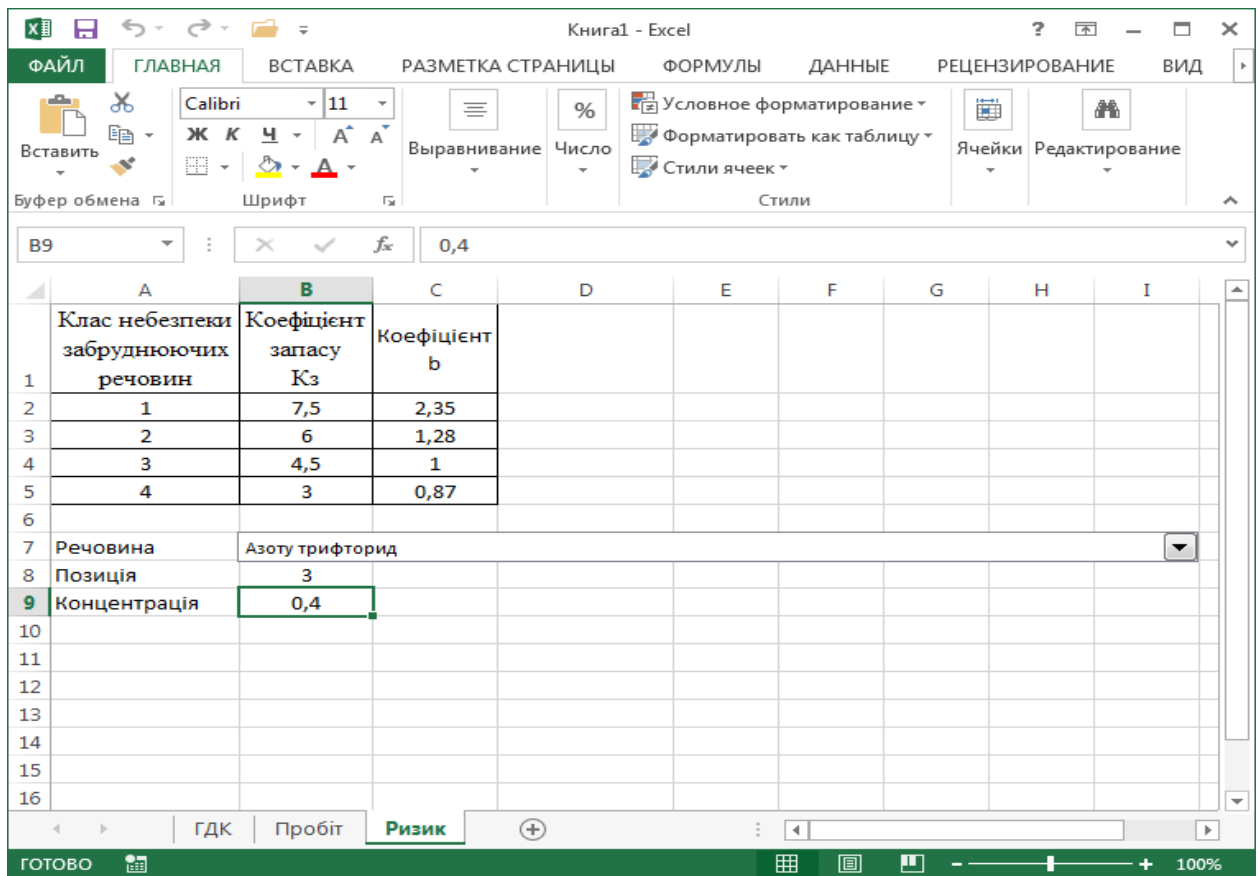
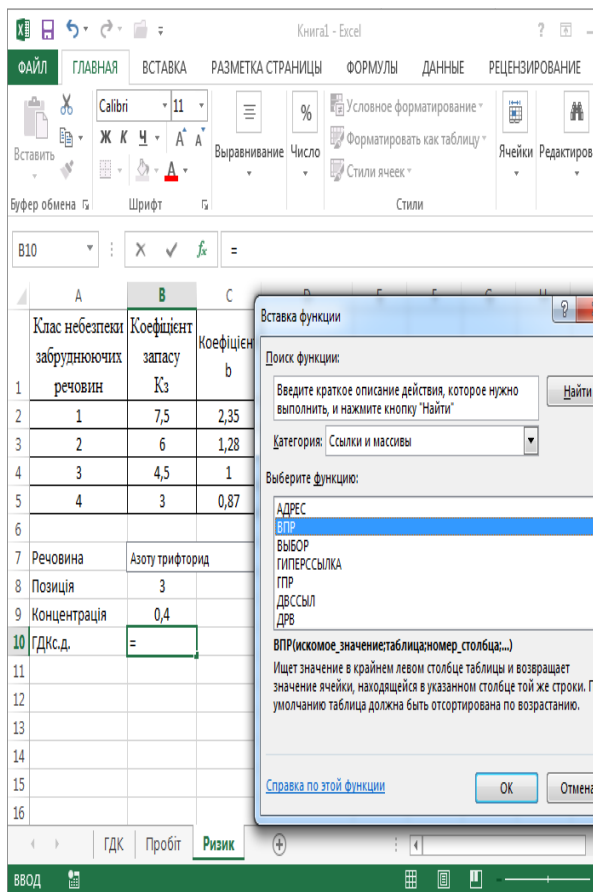
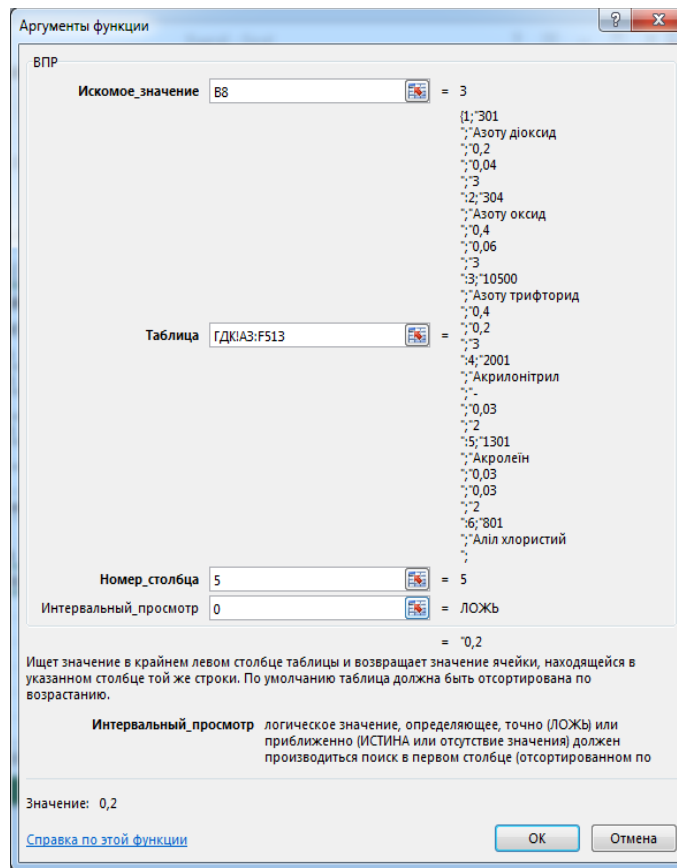


Рисунок 5. Скриншот вводу значення концентрації

Крок 5. Для визначення середньодобової ГДК у комірку B10 вставимо функцію Excel «ВПР» (рисунок 6 а). У поле «Искомое значение» виберемо комірку B8. У поле «Таблица» виберемо діапазон комірок A3:F513 із листа «ГДК». У поле «Номер_столбца» занесемо значення 5 – номер стовпчика із середньодобовою ГДК. У поле «Интервальный просмотр» занесемо нуль (цілочисленне значення логічної величини «ЛОЖЬ») (рисунок 6 б).



а



б

Рисунок 6. Скриншот визначення середньодобової ГДК

Крок 6. Для автоматичного визначення класу небезпеки у комірку B11 введемо формулу, аналогічну тій, що отримана на попередньому кроці за винятком третього параметру, який повинен дорівнювати 6 – номеру стовпчика із класом небезпеки речовини: =ВПР(B8;ГДК!A3:F513;6;0) (рисунок 7).

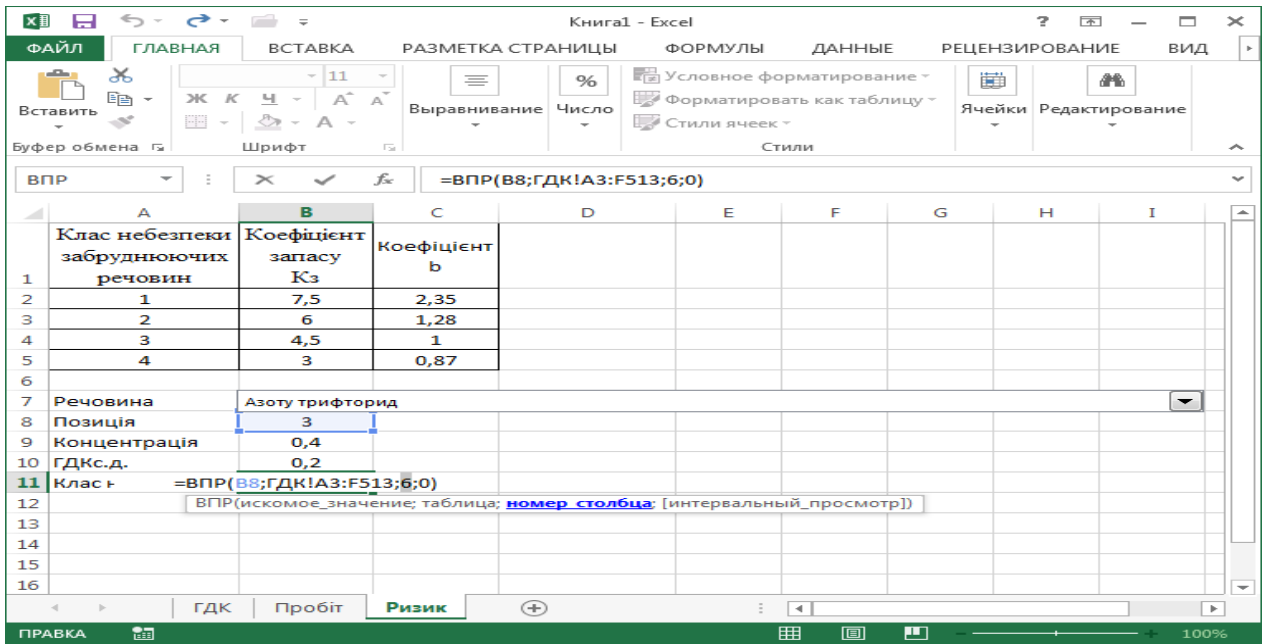


Рисунок 7. Скриншот автоматичного визначення класу небезпеки

Крок 7. Для автоматичного визначення коефіцієнта K_3 у комірку B12 вставляємо функцію «ВПР» із наступними параметрами (рисунок 8):

- поле «Искомое_значение» = комірка B11;
- поле «Таблица» = діапазон комірок A2:C5;
- поле «Номер_столбца» = 2;
- поле «Интервальный_просмотр» = 0.

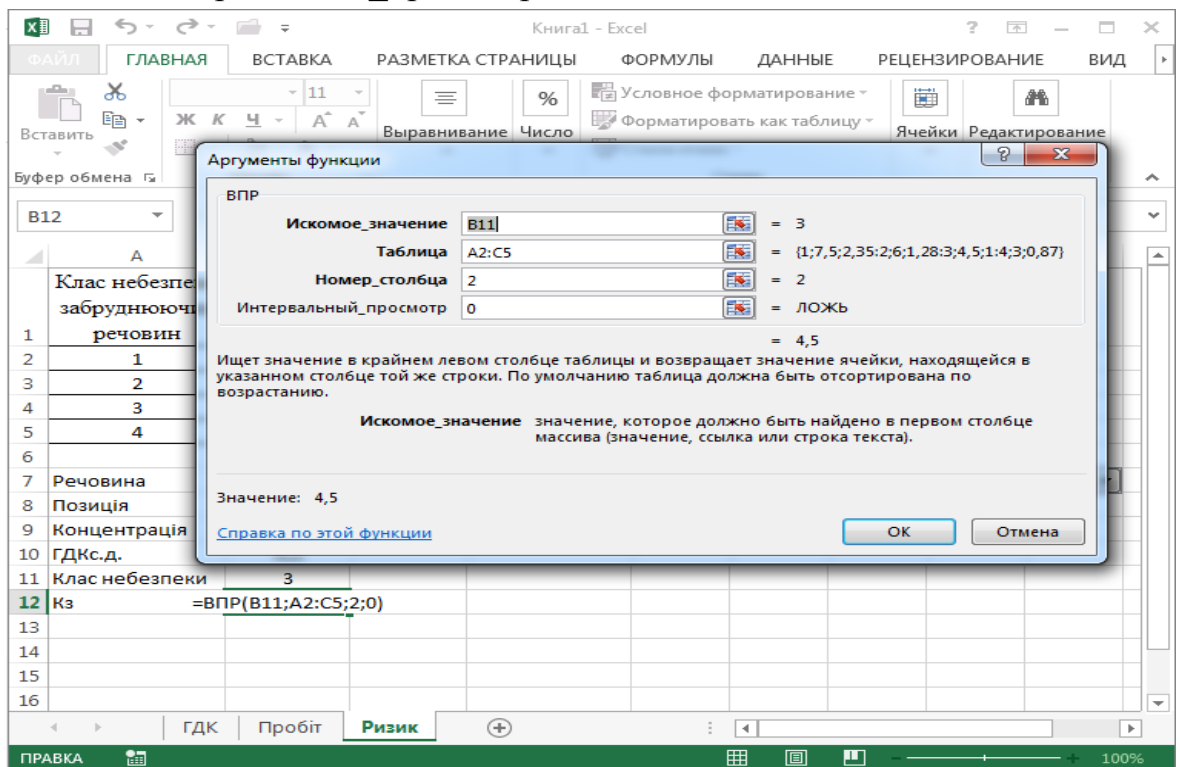


Рисунок 8. Скриншот автоматичного визначення коефіцієнтів K_3 і b

Крок 8. Для автоматичного визначення коефіцієнта b у комірку B13 вводимо формулу «=ВПР(B11;A2:C5;3;0)» (див. рисунок 8).

Крок 9. Для визначення ризику у комірку B14 вводимо згідно формули 20 наступний вираз: «=1-EXP(LN(0,84)*СТЕПЕНЬ(B9/B10;B13)/B12)» (рисунок 9).

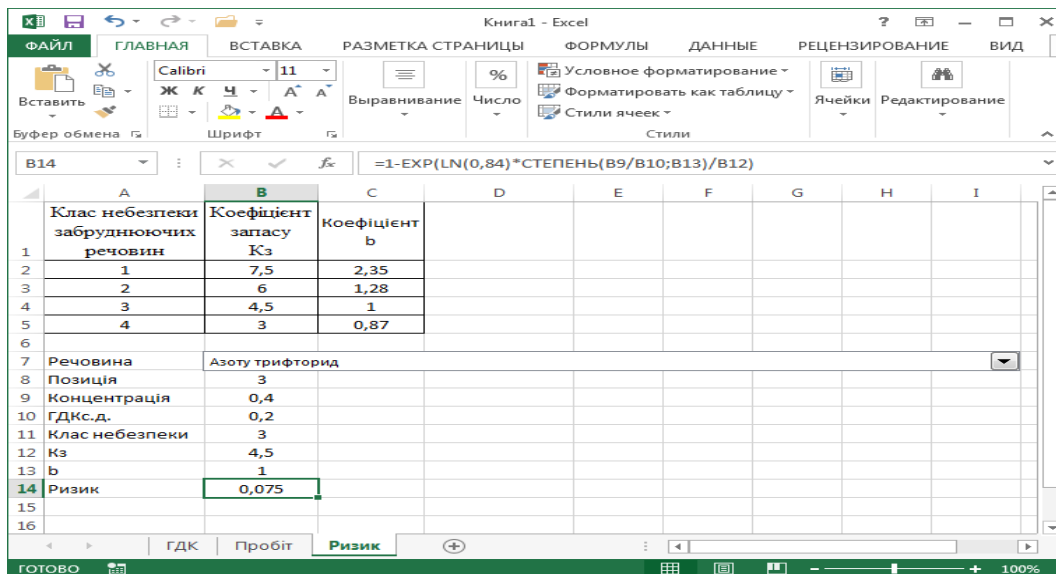


Рисунок 9. Скриншот визначення величини ризику

Приклад 8. Розглянемо використання табличного процесору Excel для перерахунку $Prob$ в Risk.

Крок 1. У новій книзі Excel перейменуємо перший лист на «ГДК» і заповнюємо його у відповідності до таблиці 10 (рисунок 10).

№ з/п	Код	Назва речовини	ГДК, мг/м3*	Клас небезпечності
1.	301	Азоту діоксид	0,2	3
2.	304	Азоту оксид	0,4	3
3.	10500	Азоту трифторид	0,4	3
4.	2001	Акрілонітрил	-	2
5.	1301	Акролеїн	0,03	2
6.	801	Аліл хлористий	0,07	2
7.	1201	Аліловий ефір оцтової кислоти (алілацетат)	0,4	3
8.	1801	Алілдиметиламіни C17-C20	0,01	3
9.	102	Алілсульфат натрію	0,01	4
10.	1302	Альдегід бензойний (бензальдегід)	0,04	3
11.	1303	Альдегід валеріановий	0,03	4
12.	1316	Альдегід енантовий	0,01	3

Рисунок 10. Скриншот ГДК забруднюючих речовин

Крок 2. Створюємо новий лист з назвою «Пробіт» (рисунок 11). На цьому листі будемо виконувати розрахунки згідно формули (20). Сформуємо в діапазоні комірок A1:C6 таблицю емпіричних коефіцієнтів a і b (див. формулу (14)) згідно класу небезпечності (див. формули (15-18)).

Клас небезпечності	Емпіричний коефіцієнт	
	a	b
1	-9,15	11,66
2	-5,51	7,49
3	-2,35	3,73
4	-1,41	2,33

Рисунок 11. Таблиця емпіричних коефіцієнтів

Крок 3. Визначаємо комірки для назви речовини та її концентрації. У комірку F1 вводимо назву речовини (наприклад «Альдегід валеріановий»), а у комірку F2 – її концентрацію (рисунок 12).

Клас небезпечності	Емпіричний коефіцієнт		Речовина	Альдегід валеріановий
	a	b	Концентрація	0,03
1	-9,15	11,66		
2	-5,51	7,49		
3	-2,35	3,73		
4	-1,41	2,33		

Рисунок 12. Вхідна інформація для розрахунку

Крок 4. Для знаходження максимальної разової ГДК ($ГДК_{\text{мр}}$) речовини та її класу знайдемо позицію запису про речовину «Альдегід валеріановий» на листі «ГДК». У комірку F4 вставимо функцію «ПОИСКПОЗ» (рисунки 12, 13).

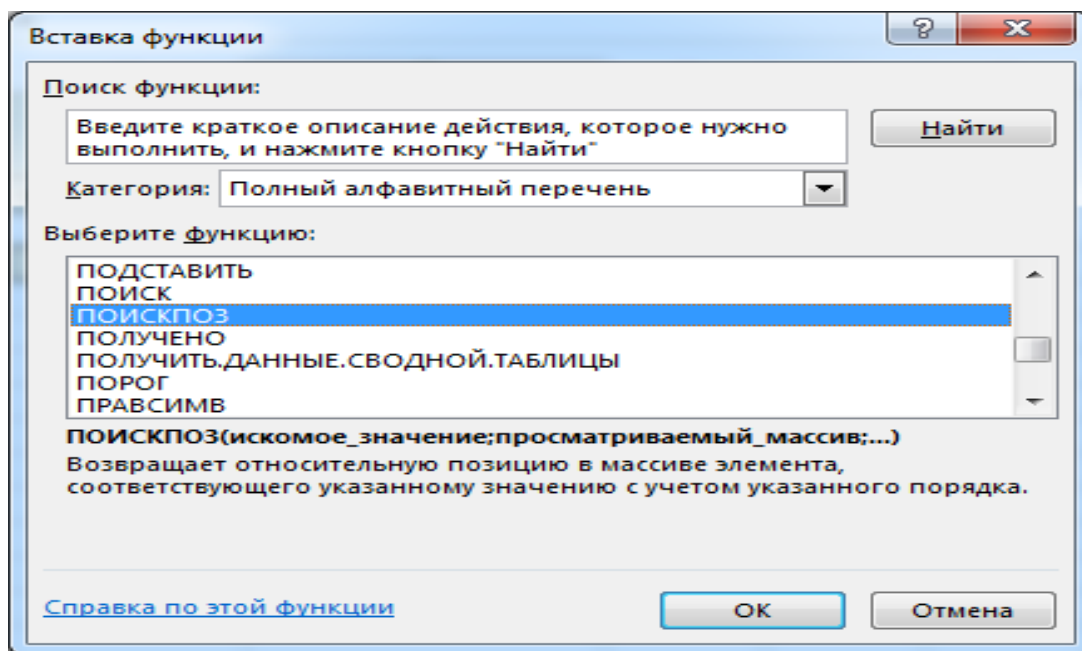


Рисунок 13. Скриншот використання функції «ПОИСКПОЗ»

У поле «Искомое_значение» виберемо комірку F1 яка містить назву речовини (рисунки 12, 14).

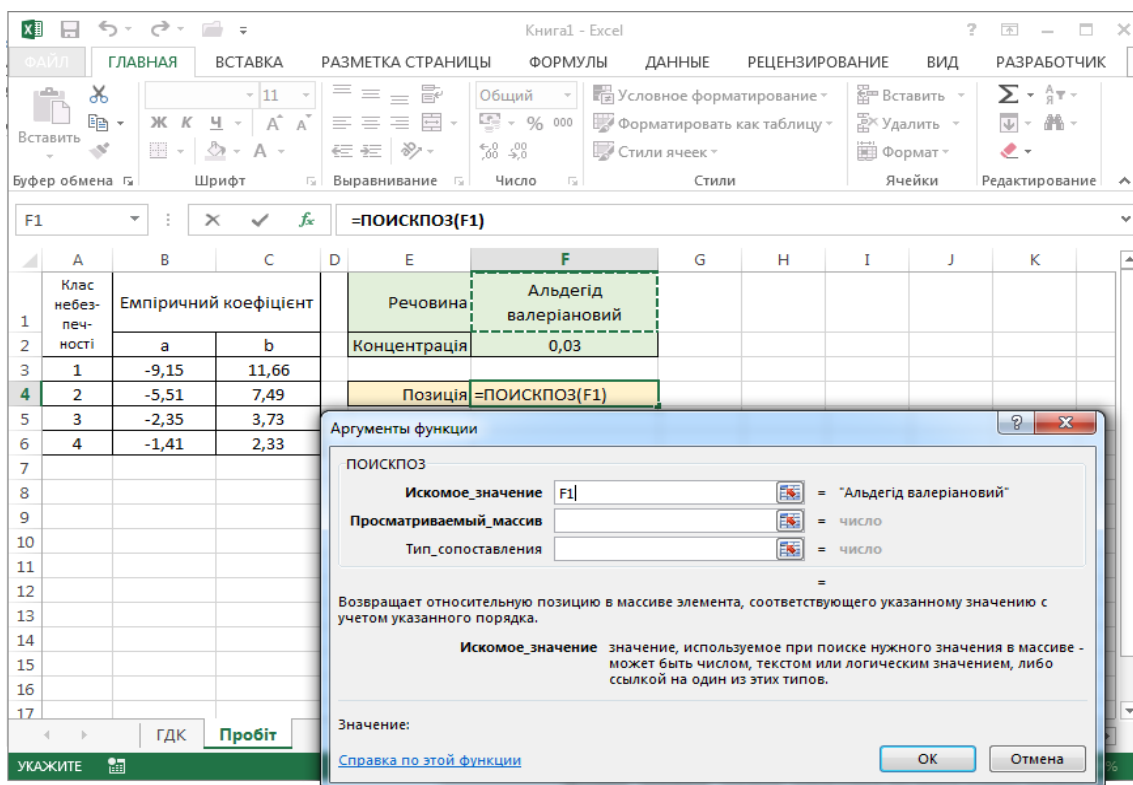


Рисунок 14. Скриншот використання поля «Искомое_значение»

У поле «Просматриваемый массив» виберемо із листа «ГДК» діапазон C3:C513, який містить назви речовин (рисунок 15).

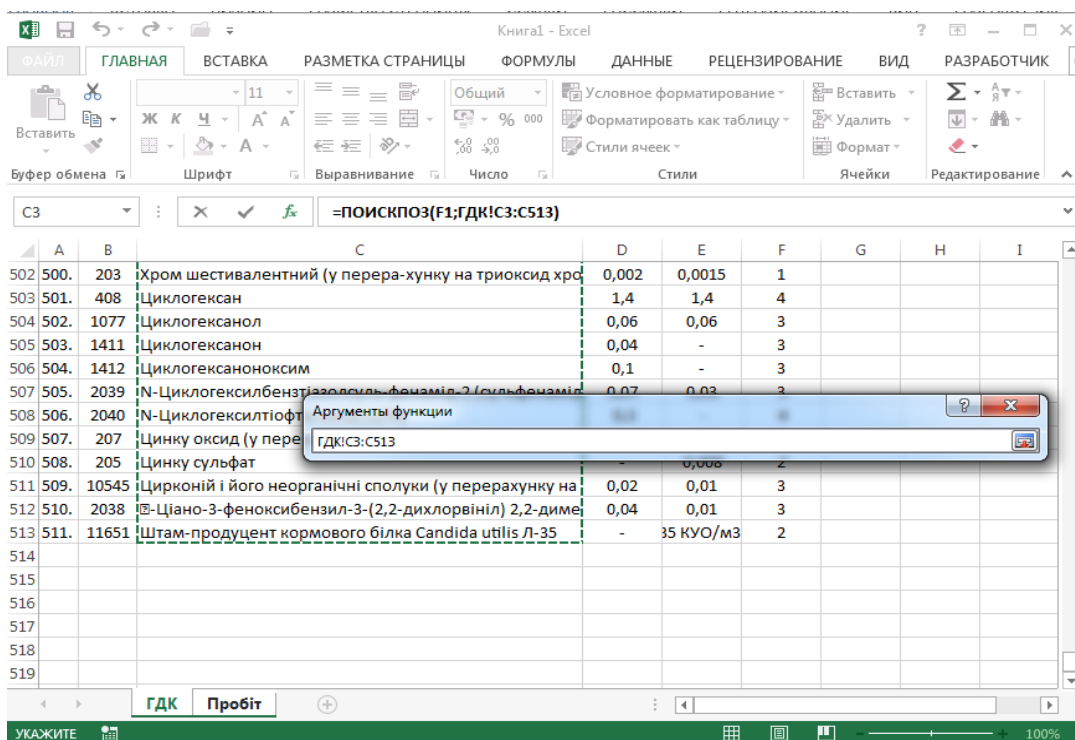


Рисунок 15. Скриншот використання поля «Просматриваемый массив»

У поле «Тип_сопоставления» ставимо нуль (рисунок 16).

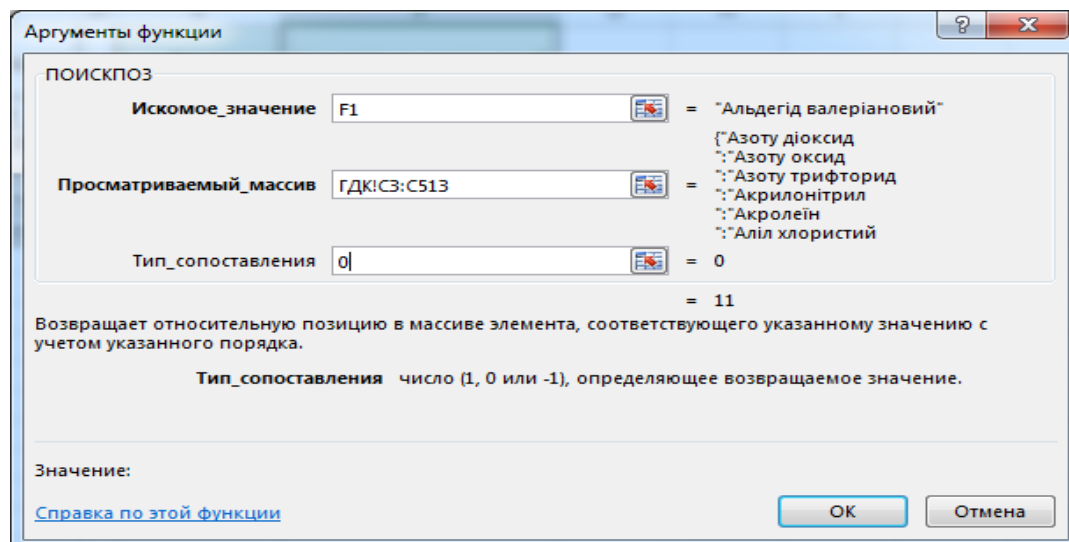


Рисунок 16. Скриншот використання поля «Тип_сопоставления»

В результаті чого автоматично визначається номер позиції речовини в таблиці ГДК (рисунок 17).

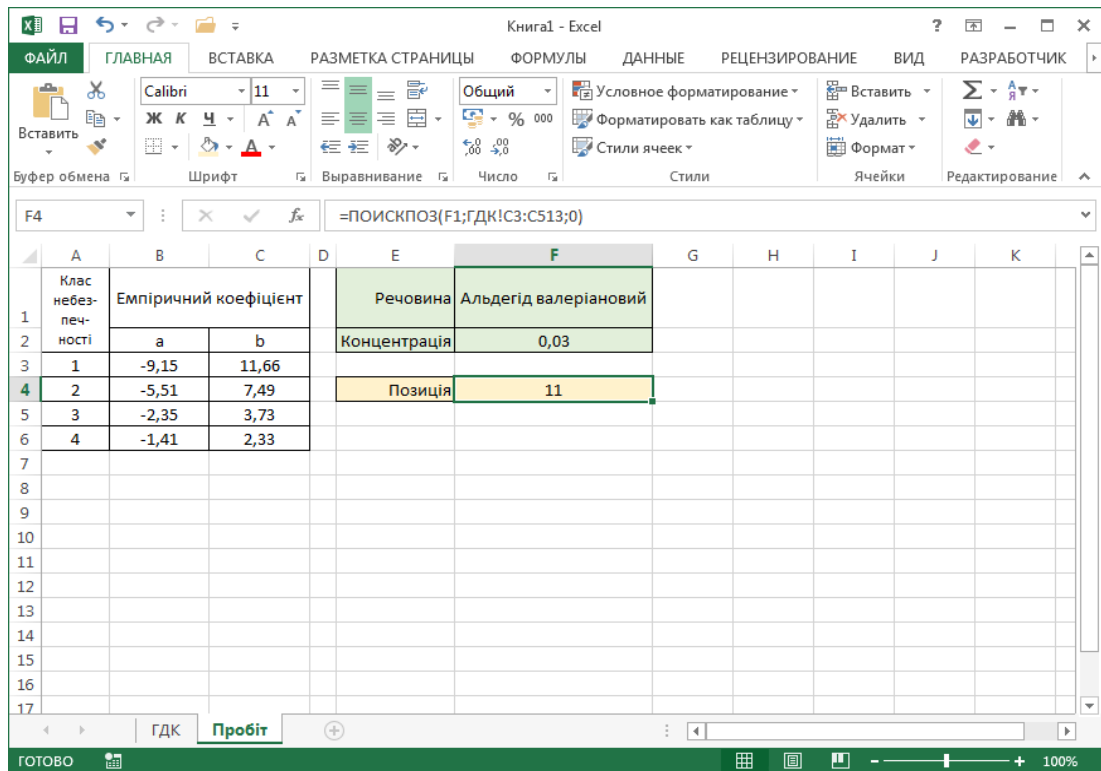


Рисунок 17. Визначена позиція речовини в таблиці ГДК

Крок 5. У комірку F5 вставимо аргументи функції «ИНДЕКС» (рисунок 18).

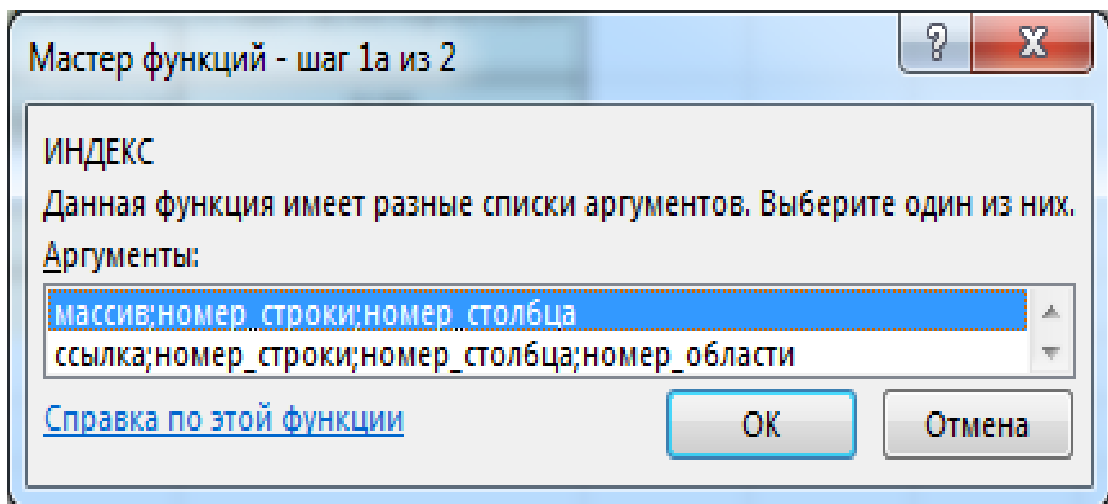


Рисунок 18. Аргументи функції «ИНДЕКС»

У полі «Массив» виберемо діапазон комірок A3:F513 із листа «ГДК» (рисунок 19).

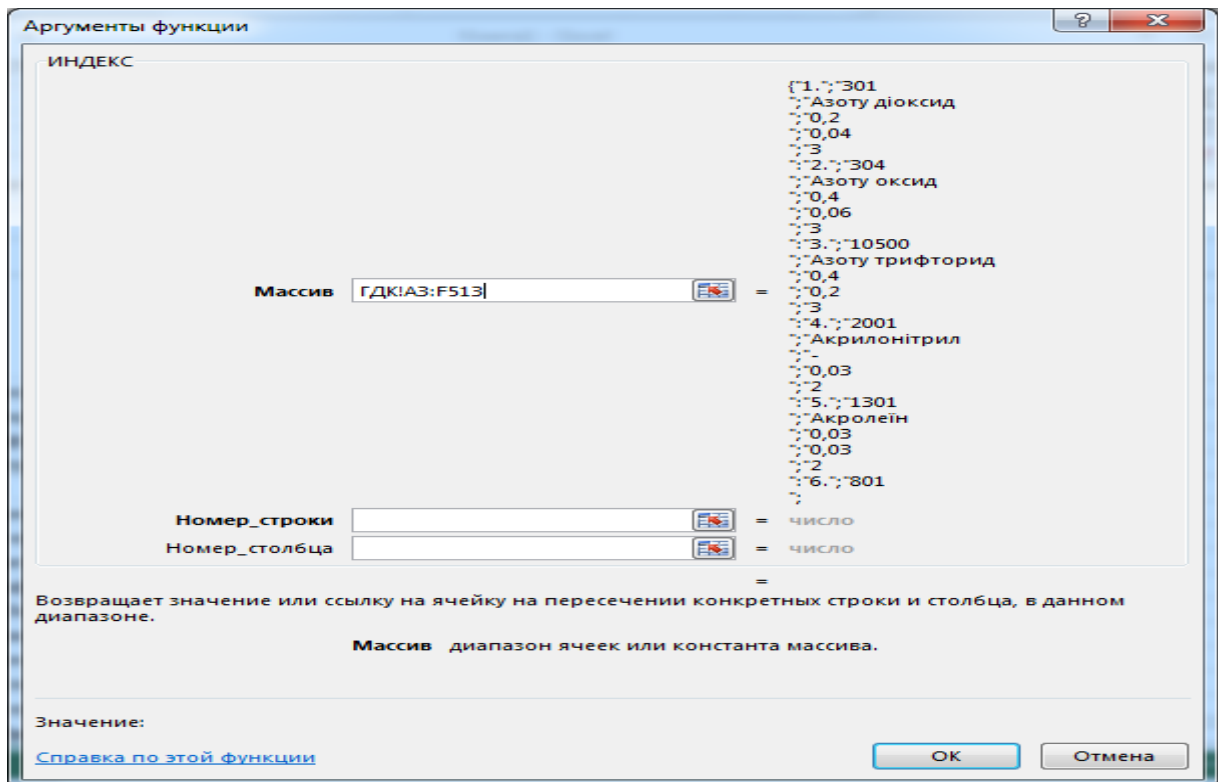
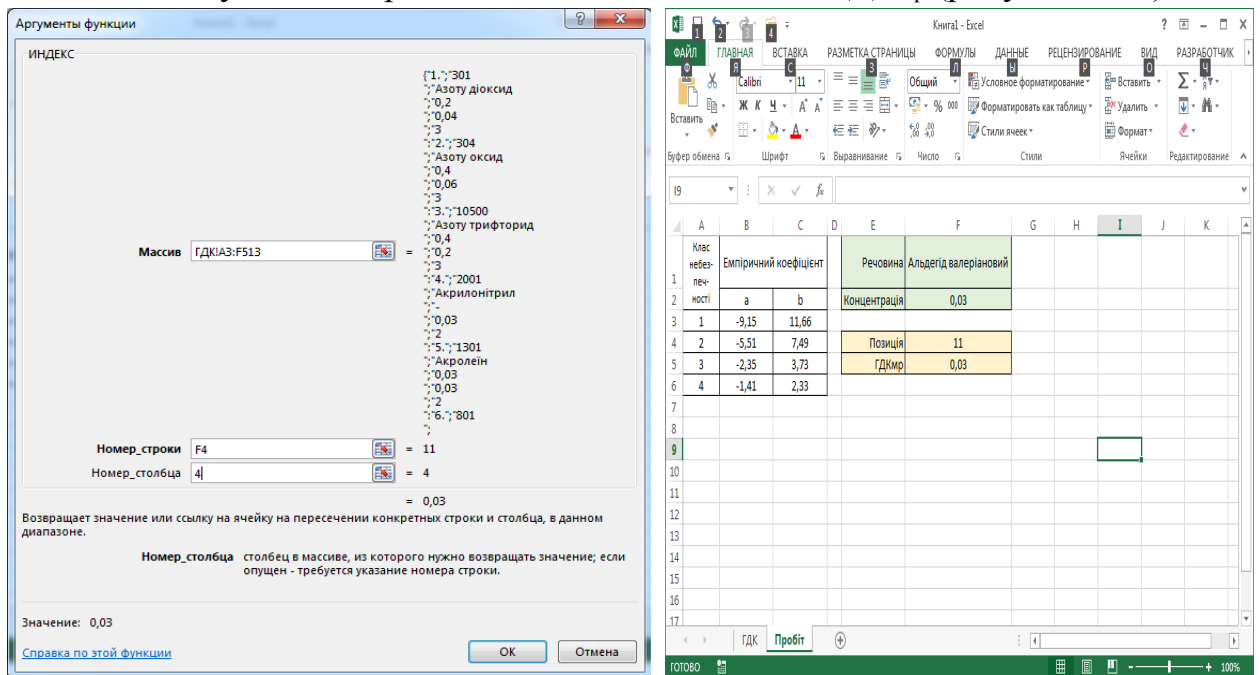


Рисунок 19. Скриншот використання поля «Массив»

У полі «Номер_строки» виберемо комірку F4 яка містить знайдену на кроці 4 позицію, а в поле «Номер_столбца» заносимо значення 4 – номер стовчика, який містить ГДК_{мр} нашої речовини (рисунок 20 а). В результаті чого автоматично у листі «Пробіт» з'являється значення ГДК_{мр} (рисунок 20 б).



а

б

Рисунок 20. Заповнення полів «Номер_строки» і «Номер_столбца» для визначення ГДК_{мр}

Крок 6. Визначення класу небезпеки здійснюється аналогічно кроку 5, за винятком того, що у формулі «ИНДЕКС» значення третього аргументу дорівнює 6 – номер стовпчика із класом небезпеки. У комірку F6 вводимо формулу «=ИНДЕКС(ГДК!А3:F513;F4;6)» (рисунок 21).

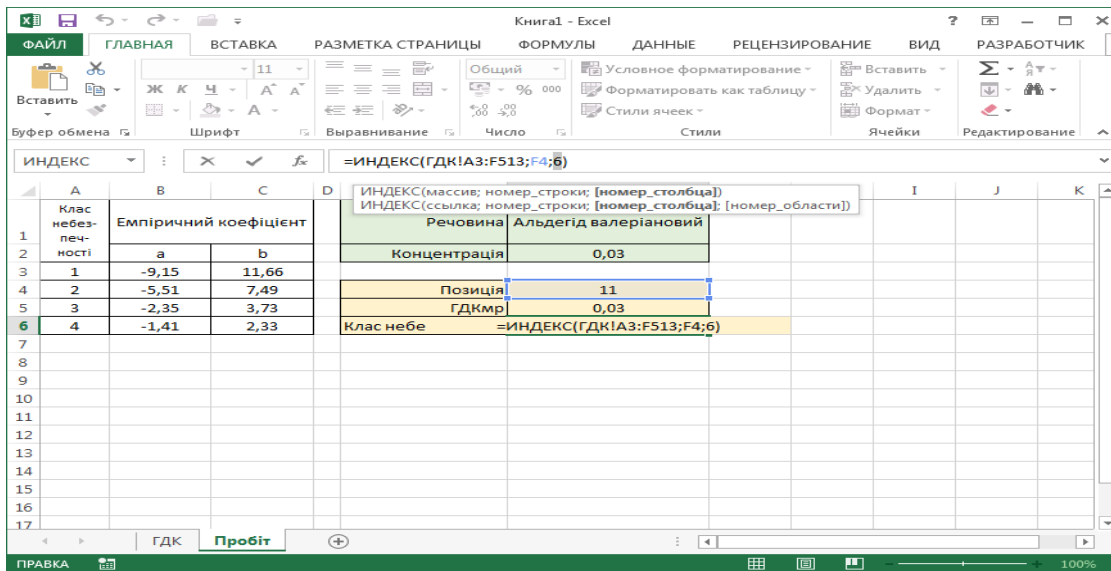
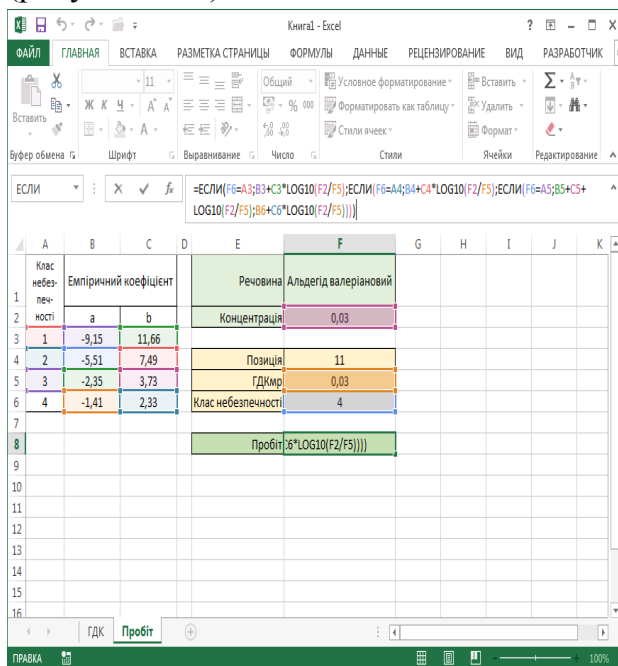


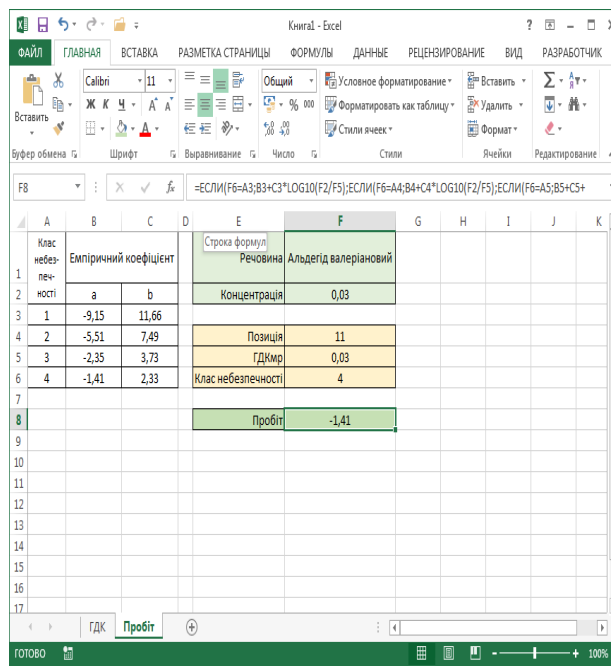
Рисунок 21. Формула визначення класу небезпеки

Крок 7. Для розрахунку значення пробітів скористаємось декілька разів формулою «ЕСЛИ». У комірку F8 вводимо формули:

«=ЕСЛИ(F6=A3;B3+C3*LOG10(F2/F5);ЕСЛИ(F6=A4;B4+C4*LOG10(F2/F5)
(рисунок 22 а); ЕСЛИ(F6=A5;B5+C5+LOG10(F2/F5);B6+C6*LOG10(F2/F5))))»
(рисунок 22 б).



а



б

Рисунок 22. Формули розрахунку значення пробітів

Крок 8. Для перерахунку *Prob* в *Risk* згідно формули (14) використовується функція Excel «НОРМ.СТ.РАСП». У комірку F9 вставляємо функцію «НОРМ.СТ.РАСП», у поле «Z» вибираємо комірку F8 із розрахованим на попередньому кроці значенням *Prob*, а в поле «Інтегральная» заносимо одиницю (числове значення логічної величини «ИСТИНА») (рисунок 23).

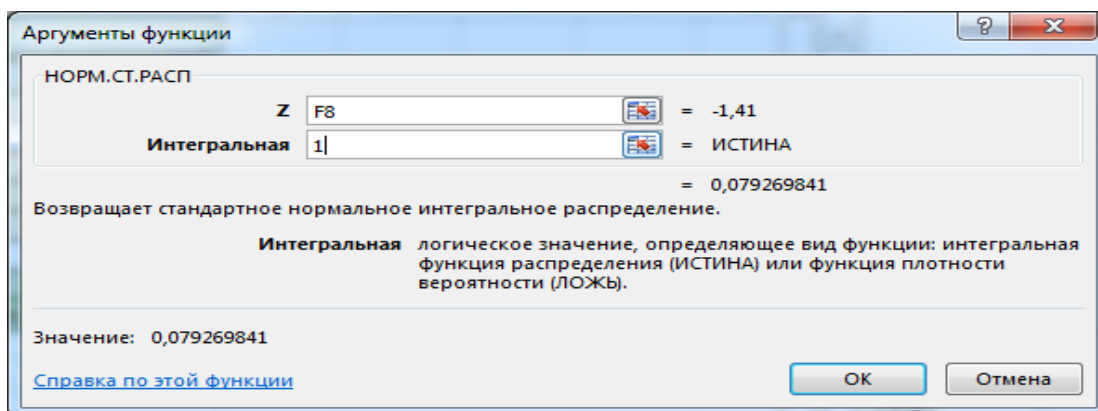


Рисунок 23. Використання функції «НОРМ.СТ.РАСП»

У листі «Пробіт» з'являється значення величини пробіту і ризику (рисунок 24).

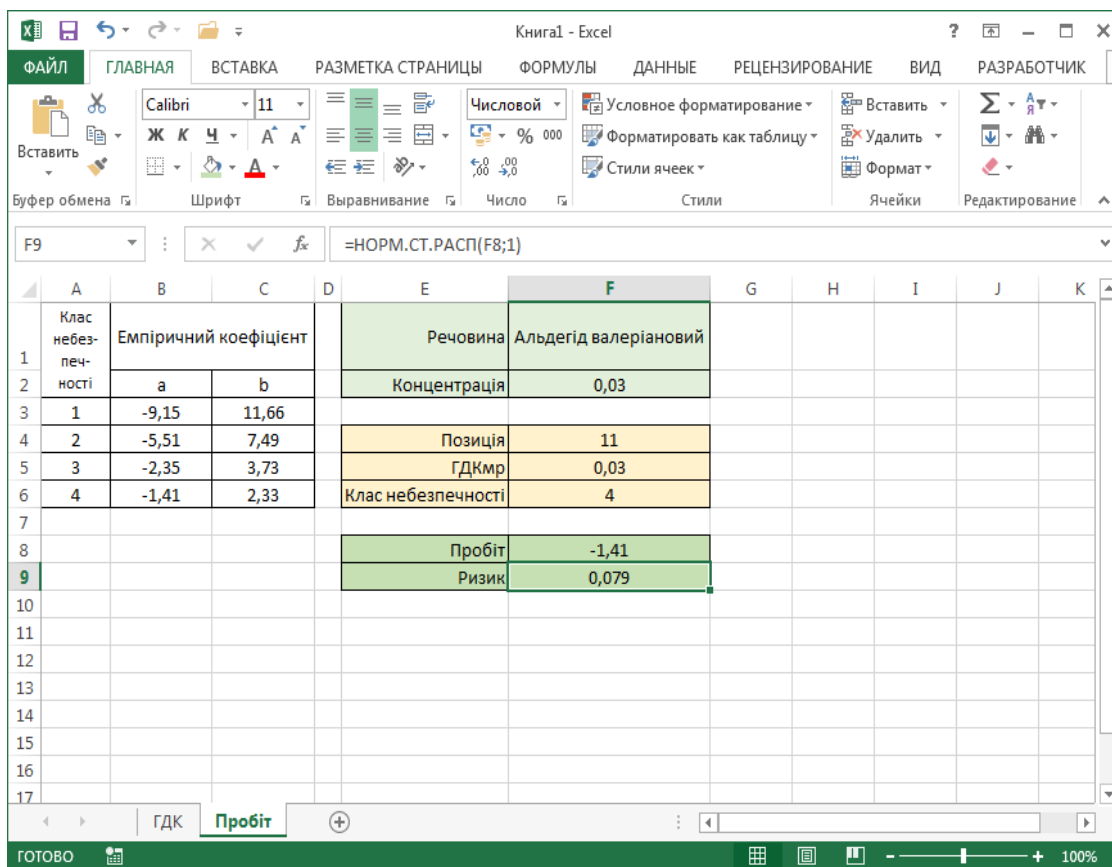


Рисунок 24. Відображення величини пробіту і ризику

ДОДАТКИ

Таблиця 1Д

Референтні концентрації за хронічного інгаляційного впливу

Речовина	CAS	RfC, мг/м ³	Джерело	Критичні органи/системи
1	2	3	4	5
Азоту діоксид	10102-44-0	0,04	WHO	Органи дихання
Азотна кислота	4697-37-2	0,04	CalEPA	Органи дихання
Акрилова к-та	79-10-7	0,001	IRIS	Органи дихання
Акрилонітрил	107-13-1	0,002	IRIS	Органи дихання
Акролеїн	107-02-8	0,00002	IRIS	Органи дихання
Алюміній та сполуки	7429-90-5	0,005	NCEA	ЦНС, органи дихання
Аміак	7664-41-7	0,1	IRIS	Органи дихання
Анілін	62-53-3	0,001	IRIS	Селезінка, кров
Ацетальдегід	75-07-0	0,009	IRIS	Органи дихання
Ацетон	67-64-1	30	ATSDR	Печінка, нирки, ЦНС
Ацетонітрил	75-05-8	0,06	IRIS	Системн.
Ацетонціангідрин	75-86-5	0,01	HEAST	Печінка, органи дихання
Ацетофенон	98-86-2	0,00002	IRIS	ЦНС, органи дихання
Барій та сполуки	7440-39-3	0,0005	HEAST	Реп род.
Бензол	71-43-2	0,06	CalEPA	Розвиток, кров, ЦНС
Берилій та сполуки	7440-41-7	0,00002	IRIS	Органи дихання, імун.
Бромметан	74-83-9	0,005	IRIS	ЦНС, органи дихання, розвиток
Брометен	593-60-2	0,003	IRIS	Печінка, ШКТ
Бутадиєн, 1,3-	106-99-0	0,008	CalEPA	Репрод.
Бутанол, 2-	78-92-2	0,3	IRIS	ЦНС
Бутеноксид, 1-	106-88-7	0,02	IRIS	Органи дихання
Бутилацетат	123-86-4	0,7	IWA	Органи дихання
Бутоксіетанол, 2-	111-76-2	13	IRIS	Кров
Ванадій та сполуки	7440-62-2	0,00007	EPA	Органи дихання
Завислі частинки (PM 10)		0,05	NAAQS	Органи дихання
Завислі частинки (PM2,5)		0,015	NAAQS	Органи дихання
Завислі частинки (TSP)		0,1		Органи дихання
Вінілацетат	108-05-4	0,2	IRIS	Органи дихання
Вінілхлорид	75-01-4	0,005		розвиток
Водень сульфід	7783-06-4	0,001	IRIS	Органи дихання
Водень фтористий	7664-39-3	0,03	CalEPA	Кісткова сист., органи дихання
Водень хлорид	7647-01-0	0,02	IRIS	Органи дихання
Водень ціанід	74-90-8	0,003	IRIS	Серц.-суд. сист., ЦНС, гормон.
Гексаметилендізоціанат	822-06-0	0,00001	IRIS	Органи дихання
Гексан	110-54-3	0,2	IRIS	ЦНС, органи дих.

Продовження Таблиці 1Д

1	2	3	4	5
Гексанон,2-	591-78-6	0,005	NCEA	ЦНС, органи дих.
Гексахлорбензол	118-74-1	0,003	CalEPA	Печінка
Гексахлорбутадиєн	87-68-3	0,09	CalEPA	Розвиток, систем.
Гексахлоретан	67-72-1	0,08	CalEPA	ЦНС, системн.
Гідразин	302-01-2	0,0002	CalEPA	Печінка, гормон.
Ді(2-етилгексил) фталат	117-81-7	0,01	CalEPA	Печінка, органи дихання
Диброметан,1,2-	106-93-4	0,0008	CalEPA	Нирки, печінка, розвиток, репрод.
Діванадій пентооксид	1314-62-1	0,00007	CalEPA	Органи дихання
Ділильних двигунів емісії		0,005	IRIS	Органи дихання
Діетиламін	124-40-3	0,00002	IRIS	Органи дихання
Диметилгідразин,1,1-	57-14-7	0,00001	ATSDR	Печінка
Діоксан,1,4-	123-91-1	0,8	EPA	Печінка, нирки, кров
Дифтор-1-хлоретан,1,1-	75-68-3	50	IRIS	ЦНС
Дихлорбензол,1,2-	95-50-1	0,2	HEAST	Нирки, розвиток, маса тіла
Дихлорбензол,1,3	541-73-1	0,008	NCEA	Нирки, розвиток
Дихлорбензол,1,4-	106-46-7	0,8	IRIS	Печінка, нирки, розвиток
Дихлордіфторметан	75-71-8	0,2	HEAST	Печінка, розвиток
Дихлорметан	75-09-2	0,4	CalEPA	Печінка, ЦНС, серц.-суд. сист.
Дихлорпропан,1,2-	78-87-5	0,004	IRIS	Органи дихання
Дихлорпропен,1,3-	542-75-6	0,02	IRIS	Органи дихання
Дихлорпропен, транс-1,3-	10061-02-6	0,02	IRIS	Органи дихання
Дихлорпропен, цис-1,3-	10061-01-5	0,02	IRIS	Органи дихання
Дихлорфторметан	75-43-4	0,6	IRIS	Системн.
Дихлоретан,1,1-	75-34-3	0,5	HEAST	Нирки
Дихлоретан,1,2-	107-06-2	0,4	CalEPA	Розвиток
Дихлоретилен,1,2-	540-59-0	0,06	IRIS	Печінки, біохім., розвиток
Епіхлоргідрин	106-89-8	0,001	IRIS	Органи дихання
Етанол	64-17-5	100		Органи дихання, ЦНС
Етиленбензол	100-41-4	1	IRIS	Розвиток, печінка, нирки, гормон.
Етилен	74-85-1	0,1	CalEPA	Кров
Етиленоксид	75-21-8	0,005	CalEPA	Кров, мутаген.
Етилмеркаптан	75-08-1	0,001	IWA	Органи дихання
Етоксietанол,2-	110-80-5	0,2	IRIS	Репрод., кров
Етоксietилацетат,2-	111-15-9	0,3	EPA	Репрод., кров
Ізопропілбензол	98-82-8	0,4	IRIS	Нирки, гормон.
Ізофорон	78-59-1	0,012	EPA	Маса тіла
Кадмій та сполуки	7440-43-9	0,0002	ATSDR	Нирки, органи дихання
Керосин	8008-20-6	0,01	ATSDR	Печінка

Продовження Таблиці 1Д

1	2	3	4	5
Кобальт та сполуки	7440-48-4	0,00005	CalEPA	Органи дихання
Ксилол	1330-20-7	0,3	IRIS	ЦНС, кров, біохім.
о-Ксилол	95-47-6	0,44	CEPA	Розвиток
Марганець та сполуки	7439-96-5	0,00005	IRIS	ЦНС
Мідь та сполуки	7440-50-8	0,00002	CalEPA	Органи дихання, системн.
Метанол	67-56-1	4	CalEPA	Розвиток
Меліл-2-пентанол,4-	108-10-1	0,08	HEAST	Печінка, нирки
Метилізоціанат	624-83-9	0,001	CalEPA	Органи дихання, системн.
Метилмеркаптан	74-93-1	0,001	IWA	Органи дихання, ЦНС
Метилметакрилат	80-62-6	0,7	IRIS	Органи дихання
Метил-трет-бутиловий ефір	1634-04-4	3	IRIS	Печінка, нирки
Перилен	198-55-0	0,07	MADEP	Нирки
Піридин	110-86-1	0,007	EPA	Печінка, біохім.
п-Ксилол	106-42-3	0,44	CEPA	Розвиток, ЦНС, органи дихання
Поліхлоровані біфеніли	1136-36-3	0,0012	CalEPA	Печінка, нирки, гормон.
Пропілен	115-07-1	3	CalEPA	Органи дихання
Пропілен оксид	75-56-9	0,03	IRIS	Органи дихання
Ртуть та сполуки	7439-97-6	0,003	IRIS	ЦНС
Свинець та його неорганічні сполуки	7439-92-1	0,00015	CalEPA	ЦНС, розвиток, кров
Селен	7782-79-2	0,00008	CalEPA	Органи дихання, системн.
Сірки діоксид	7446-09-5	0,08	NAAQS	Органи дихання
Сірковуглець	75-15-0	0,7	IRIS	ЦНС, розвиток
Стирол	100-42-5	1	IRIS	ЦНС
Стиролу оксид	96-09-3	0,006	CalEPA	Органи дихання, системн.
Тетрахлордibenзо-п-діоксин,2,3,7,8-	1746-01-6	0,00000004	CalEPA	Печінка, розвиток, гормон., репрод., кров
Тетрахлордibenзофуран,2,3,7,8,-	51207-31-9	0,00000004	CalEPA	Печінка, розвиток, гормон., репрод., кров
Тетрахлоретан	56-23-5	0,04	CalEPA	Печінка, розвиток
Тетрахлоретан,1,1,2,2,-	79-34-5	0,2	NCEA	Печінка
Тетрахлоретилен	127-18-4	0,035	CalEPA	Нирки, печінка, розвиток, ЦНС
Тетрахлорфенол	25167-83-3	0,09	CalEPA	Печінка
Толуїлендізоціанат,2,4-	584-84-9	0,00007		Органи дихання
Толуол	108-88-3	0,4	IRIS	ЦНС, розвиток, органи дихання
Толуол-2,6-дізоціанал	91-08-7	0,00007		Органи дихання

Продовження Таблиці 1Д

1	2	3	4	5
Толуолдіізоціанат (суміш ізомерів)		0,00007	CalEPA	Органи дихання
Тоулолдіізоціанат, 1,3-	26471-62-5	0,00007	IRIS	Органи дихання
Трикрезол	1319-77-3	0,004	CalEPA	Кров
Триметилбензол, 1,2,4-	95-63-6	0,006	NCEA	ЦНС, нирки, біохім.
Триметилбензол, 1,3,5-	108-67-8	0,006	NCEA	ЦНС, нирки, біохім.
Трифтор-1,1,2-трихлоретан, 1,2,2-	76-13-1	90	CalEPA	Маса тіла
Трихлорбензол, 1,2,4-	120-82-1	0,2	HEAST	печінка
Трихлорбензол, 1,3,5-	108-70-3	0,0036	HC	Розвиток, нирки, органи дихання
Трихлорфторметан	75-69-4	20	CalEPA	Розвиток, нирки, органи дихання
Трихлоретан, 1,1,1-	71-55-6	1	NCEA	Нирки, розвиток, ЦНС
Трихлоретан, 1,1,2-	79-00-5	0,4	CalEPA	Розвиток
Трихлоретилен	79-01-6	0,6	CalEPA	Розвиток
Триетиламін	121-44-8	0,007	IRIS	Органи дихання
Вуглецю оксид	630-08-0			ЦНС, серц.-суд., кров
Фенол	108-95-2	0.006	EPA	Серц.-суд. сист., нирки, ЦНС, печінка
Формальдегід	50-00-0	0,003	CalEPA	Органи дихання, імун.
Фосген	75-44-5	0,0003	CalEPA	Органи дихання
Фосфор	7723-14-0	0,00007	CalEPA	Реп род., системн., волосся
Фосфорна кислота	7664-38-2	0,01	IRIS	Органи дихання
Фталевий ангідрид	85-44-9	0,01	CalEPA	Органи дихання
Флориди	16984-48-8	0,03	CalEPA	Органи дихання, кісткова сист.
Фурфурол	98-01-1	0,05	HEAST	Органи дихання
Хлор	7782-05-5	0,0002	CalEPA	Органи дихання
Хлор діоксид	10049-04-4	0,0002	IRIS	Органи дихання
Хлор-1,2-дибромпропан, 3-	96-12-8	0,0002	IRIS	Репрод.
Хлорацетофенон, альфа-	532-27-4	0,00003	IRIS	Органи дихання
Хлорбензол	108-90-7	0,059	NCEA	Печінка, нирки
Хлорбута-1,3-діен, 2-	126-99-8	0,007	HEAST	Органи дихання, розвиток
Хлордіоксини дібензофурані	i	0,00000004	CalEPA	Печінка, репрод., розвиток, гормон.
Хлордифторметан	75-45-6	50	IRIS	Нирки, ендокрин. (наднирники, гіпофіз), розвиток
Хлорметан	74-87-3	0,1	ATSDR	ЦНС
Хлороформ	67-66-3	0,098	ATSDR	Печінка, розвиток, нирки

	2	3	4	5
Хлорпікрин	76-06-2	0,004	CalEPA	Печінка, органи дихання, системн.
Хлор пропан,2-	75-29-6	0,1	HEAST	Печінка
Хлорфенол,2-	95-57-8	0,0014	EPA	Розвиток, репрод.
Хлоретан	75-00-3	10	IRIS	Розвиток, ШКТ
Хром (III)	16065-83-1			Органи дихання
Хром (VI)	18540-29-9	0,0001	IRIS	Органи дихання
Хромово кислота	7783-94-5	0,00001	IRIS	Органи дихання
Ціаніди	57-12-5	0,003	IRIS	Нервова сист., гормон.
Циклогексан	110-82-7	0,28	NATICH	ЦНС, органи дихання
Циклогексанол	108-93-0	0,00002	EPA	М'язова сист.
Цинк та сполуки	7440-66-6	0,0009	CalEPA	Органи дихання

Примітки: WHO – Всесвітня організація охорони здоров'я, CalEPA – каліфорнійське Агентство з охорони навколишнього середовища, IRIS – інтегрована інформаційна система про ризики (U.S.EPA), NCEA – Національний центр оцінки навколишнього середовища (U.S.EPA), ATSDR – Агентство з реєстрації токсичних сполук і захворювань, HEAST – зводні таблиці оцінок ефектів для здоров'я (U.S.EPA), IWA – рекомендації з оцінки ризику впливу промислових відходів (Канада), NAAQS – американські національні стандарти якості атмосферного повітря, EPA – публікації Агентства США з охорони навколишнього середовища, CEPA – Канадське Агентство з охорони навколишнього середовища, MADEP – Массачузетський департамент з охорони навколишнього середовища, HC – публікації Міністерства охорони здоров'я Канади; NATICH – база даних U.S.EPA.

Список використаної літератури:

1. Караєва Н.В. Методологія економічної оцінки соціальних втрат внаслідок екодеструктивної діяльності підприємств енергетики / Н.В. Караєва, Л.О. Левченко // Управління розвитком складних систем. – 2014. Вип. 20. – С. 162 – 169.
2. Караєва Н.В. Система критеріїв та показників ефективності екологізації електроенергетики в умовах глобалізації [Електронний ресурс] / Н. В. Караєва // Східна Європа: економіка, бізнес та управління. – 2016. – №3. – Режим доступу до журналу <http://eastern-europe-ebm.in.ua/index.php/3-2016-ukr>.
3. Karaieva N. V. Methodology of social and environmental external costs estimation in the Ukraine's energy sector [Online] / N. V. Karaieva, G. V. Kramarev // Economic Processes Management: International Scientific E-Journal.

http://epm.fem.sumdu.edu.ua/download/2016_3/epm_2016_3.pdf.

4. Караєва Н. В. Характеристика можливостей комп'ютерних систем і програмних засобів для економіко-екологічного аналізу господарської діяльності [Електронний ресурс] / Н. В. Караєва // Глобальні та національні проблеми економіки. – Грудень 2017. – № 14. – Режим доступу до журналу: <http://global-national.in.ua/issue-14-2016>.
5. Методичні рекомендації МР 2.2.12-142-2007. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. Затв. Наказом МОЗ України від 13.04.07 № 184. – Київ, 2007. – 40 с.
6. Порядок декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 11.07.2002р. №956. ДНАОП 0.00-8.22-02.
7. Березуцький В.В. Небезпечні виробничі ризики та надійність: навчальний посібник для студентів за напрямком підготовки 6.170202 «Цивільна безпека»/ В.В. Березуцький, М.І. Адаменко – Харків. : ФОП Панов А. М., 2016. – 385 с.
8. Нормативи порогових мас небезпечних речовин для ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 11.07.2002р. №956. ДНАОП 0.00-3.07-02. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.qdpro.com.ua/document/11441>.
9. Moghissi A.A., Narland R.E., Congel F.J. Eckerman K.F. Methodology for environmental human exposure and health risk assessment // Dyn. Exposure and Hazard Assessment Toxic chem. Ann Arbor., Michigan, USA, 1980. – p. 471-489.
10. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04. – М. : Федеральный центр Госсанэпид-надзора Минздрава России. – 2004. – 143 с.
11. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко,

С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин [и др.]; под ред. Ю.А. Рахманина, Г.Г. Онищенко. – М. : НИИЭС и ГОС, 2002. – 408с.

12. Большаков А.М. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения / А.М. Большаков, В.Н. Крутько, Е.В. Пуцилло. – М. , 1999. – 254 с.

13. Инструкция 2.1.6.11–9–29–2004 [Электронный ресурс] / Министерства здравоохранения республики Беларусь «Оценка риска для здоровья населения от воздействия химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух» – Режим доступа : <http://med.by/methods/pdf/2.1.6.11-9-29-2004.pdf>.

14. Караєва Н. В. Методологічні аспекти та програмні засоби оцінки ризику здоров'ю населення при несприятливому впливі факторів навколишнього середовища [Текст] / Н. В. Караєва // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2018. – 1(47). – С. 164-169.

15. Перелік гранично допустимих концентрацій (ГДК) та орієнтовних безпечних рівнів діяння (ОБРД) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.eco.ck.ua/docs/Perelik%20rechovyn,%20klas%20nebezpeky.doc.