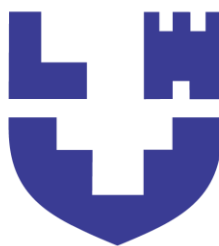


**Міністерство освіти і науки України**  
**Луцький національний технічний університет**



## **ОХОРОНА І РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

Методичні вказівки до виконання практичних робіт  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
освітньої програми Екологія  
галузі знань Е Природничі науки, математика та статистика  
спеціальності Е2 Екологія  
денної та заочної форм навчання

**Луцьк 2026**

УДК 551 (07)  
О 84

До друку:

Голова навчально-методичної ради ФАТЕ \_\_\_\_\_ Кірчук Р. В.

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій  
ЛНТУ  
Директор бібліотеки \_\_\_\_\_

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою факультету аграрних технологій  
та екології ЛНТУ, протокол № \_\_\_\_\_ від «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 року.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри екології ЛНТУ,  
протокол № \_\_\_\_\_ від «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 року.

Завідувач кафедри екології \_\_\_\_\_ к.і.н., доцент Іванців В.В.

Укладачі: \_\_\_\_\_ Федонюк В.В., к.геогр.н., доцент кафедри екології ЛНТУ  
\_\_\_\_\_ Федонюк М.А., к.геогр.н., доцент кафедри екології ЛНТУ

Рецензент: \_\_\_\_\_ І.Я. Мисковець, к. геогр. н., доцент кафедри екології ЛНТУ

Відповідальний за випуск: \_\_\_\_\_ В.В. Іванців, кандидат історичних наук, доцент,  
завідувач кафедри екології ЛНТУ

**Охорона і раціональне використання атмосферного повітря:** Методичні  
вказівки до виконання практичних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня  
вищої освіти освітньої програми «Екологія» галузі знань Е Природничі науки, математика  
та статистика, спеціальності Е2 Екологія денної та заочної форм навчання / уклад.  
Федонюк В.В., Федонюк М.А. Луцьк : ЛНТУ. 2026. 104 с.

У методичних вказівках представлені теми, питання для розгляду, вивчення та  
виконання практичних робіт здобувачами-бакалаврами другого курсу денної та заочної  
форм навчання. Видання призначене для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої  
освіти освітньої програми «Екологія» галузі знань Е Природничі науки, математика та  
статистика, спеціальності Е2 Екологія.

**Автори висловлюють подяку Державній екологічній інспекції у Волинській області  
за допомогу та консультування в процесі підготовки даних методичних вказівок.**

# **1. ВСТУП. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК**

## **1.1. Загальні положення**

Дисципліна "ОХОРОНА І РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ" є складовою частиною нормативно-методичного забезпечення навчального процесу за спеціальністю Е2 "Екологія" і передбачена в курсі підготовки бакалаврів. Зміст програми дисципліни передбачає лекційні, практичні, лабораторні та самостійні заняття, а також виконання курсового проекту по цій дисципліні. Після закінчення вивчення курсу студенти складають екзамен.

## **1.2. Мета та завдання курсу**

Основна мета курсу "**Охорона і раціональне використання атмосферного повітря**" полягає в опануванні студентами сукупністю знань щодо поняття, принципів та необхідності охорони і раціонального використання атмосферного повітря, правових основ та методів такої охорони, галузевої специфіки заходів у даній галузі.

### **Завдання дисципліни:**

-вивчити теоретичні основи раціонального ресурсозбереження у сфері природокористування в галузі охорони атмосферного повітря, джерела атмосферного забруднення, їх вплив, види забруднювачів, зміни хімічних та фізичних параметрів атмосфери під їх дією;

-освоїти методику планування і організації природоохоронних міроприємств в галузі охорони атмосфери;

-вивчити специфіку забезпечення та впровадження екологічних заходів, спрямованих на захист атмосферного повітря, в окремих галузях промисловості, енергетики, транспорту, сільського господарства та невиробничої сфери;

-опанувати основні прийоми аналізу документації в галузі охорони атмосферного повітря, яка складається у процесі екологічної експертизи, паспортизації територій і підприємств;

-оволодіти практичними методами розрахунків нормативних екологічних показників, базових нормативів плати за викиди в атмосферу, показників, що входять до розрахункової частини дозволу на газоподібні викиди, що отримується підприємством; вміти проводити оцінки збитків від неправомірної діяльності, що завдає шкоди довкіллю, а також – збитків внаслідок воєнних дій, обстрілів території України та їх наслідків;

-навчитися аналізувати, обробляти і використовувати в процесі практичної діяльності статистичні, картографічні, електронні та інші інформаційні джерела, що характеризують основні параметри атмосфери, їх зміни та вплив різних форм діяльності людини на екологічні процеси.

**Об'єктом** вивчення даної дисципліни виступають явища і процеси антропогенного характеру, що відбуваються в атмосфері - повітряній оболонці Землі, та методи їх нормування і оптимізації.

Основою курсу „Охорона і раціональне використання атмосферного повітря” є знання, що включають у себе компоненти природничих, суспільних, технічних наук. Формування і становлення її як науки ще продовжується в наш час. На сучасному етапі екологічна діяльність, спрямована на оптимізацію антропогенного навантаження на атмосферу, є обов'язковою складовою, а здебільшого і одним із головних компонентів будь-якої сфери людської діяльності – промислового виробництва, сільського господарства, енергетики, транспорту, наукових досліджень, культури.

### **1.3. Зв'язки між дисциплінами**

У реалізації освітньо-професійної програми підготовки спеціалістів дисципліна **“Охорона і раціональне використання атмосферного повітря”** виступає теоретичним фундаментом для дисциплін, які вивчаються на 3 – 4 курсах бакалаврату за спеціальністю Е2 «Екологія».

Вивчення курсу базується на теоретичних і практичних знаннях та навичках, отриманих студентами в процесі опанування таких дисциплін, як „Загальна екологія та неоекологія”, „Метеорологія і кліматологія”, „Загальна гідрологія”, „Геоecологія з основами геохімії».

#### **1.4. Вимоги до знань і умінь студентів**

У процесі вивчення дисципліни “Охорона і раціональне використання атмосферного повітря” студенти повинні **оволодіти основами знань** щодо:

- поняття, концепції охорони атмосферного повітря, сучасного стану цієї проблеми в Україні та міжнародного досвіду;
- основних методів газо- та пиловловлювання, очищення газоподібних викидів, фізико-хімічних основ цих процесів, їх технологічного забезпечення, обладнання, установок, принципів їх роботи;
- правових основ охорони і раціонального використання атмосферного повітря;
- зв'язків між характером атмосферних явищ та антропогенними процесами, що протікають в атмосфері та на поверхні землі;
- методів дослідження фізико-хімічного стану атмосфери, моніторингу процесів і явищ у повітряній оболонці планети;
- галузевої специфіки у сфері охорони і раціонального використання ресурсів атмосфери (промисловість, с/г, транспорт тощо);
- проблем та перспектив у галузі нормування антропогенного впливу людини на атмосферу та процеси, що в ній відбуваються.

Після завершення оволодіння цією дисципліною студенти повинні також **вміти**:

- застосовувати при оцінці міграцій забруднень дані про розвиток атмосферних процесів і явищ;
- проводити обробку і аналіз метеорологічних і кліматологічних спостережень;

- розраховувати обсяги допустимих викидів для об'єктів та джерел різного типу;
- готувати супровідну документацію, що оформляється у процесі отримання об'єктом дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря; при оцінці впливу на довкілля (ОВД), при оформленні СЕО, тощо;
- опанувати основні прийоми аналізу документації в галузі охорони атмосферного повітря, яка складається у процесі екологічної експертизи, паспортизації територій і підприємств;
- оволодіти практичними методами розрахунків нормативних показників, базових нормативів плати за викиди в атмосферу, показників, що входять до розрахункової частини дозволу на газоподібні викиди, що отримується підприємством;
- навчитися аналізувати, обробляти і використовувати в процесі практичної діяльності статистичні, картографічні, інформаційні комп'ютерні джерела, що характеризують основні параметри атмосфери, їх зміни та вплив на екологічні процеси.

### **1.6. Форми контролю, зміст поточного і підсумкового контролю**

При вивченні дисципліни передбачено дві основні форми контролю: поточний і підсумковий.

Поточний контроль здійснюється окремо стосовно до теоретичного курсу (у вигляді контрольних робіт, передбачено дві модульні контрольні роботи протягом семестру) і практичного курсу (у вигляді захисту практичних та лабораторних робіт, виконаних здобувачами вищої освіти).

Підсумковий контроль у вигляді екзамену здійснюється у випадку успішного проходження здобувачами поточного контролю.

## **2.ТЕМАТИКА, ЗАВДАННЯ ТА РОЗРАХУНКОВІ МЕТОДИКИ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**

(укладено за матеріалами [1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12] списку основної рекомендованої літератури та [1, 3, 5, 8, 9, 11, 18, 23] списку додаткової рекомендованої літератури)

### **МОДУЛЬ 1**

#### **2.1. Практична робота №1. Поняття про будову, фізико-хімічні властивості атмосфери та склад атмосферного повітря.**

##### **ЗАВДАННЯ:**

**1.** Повторити основні поняття щодо будови, складу та властивостей атмосфери Землі (див. теоретичні положення до даної роботи, матеріали лекцій з дисципліни «Метеорологія і кліматологія»).

**2.** Дати письмову відповідь на наступні запитання:

1. Що називають атмосферою та атмосферним повітрям?
2. Яким є хімічний склад атмосферного повітря біля поверхні Землі?
3. Чи змінюється хімічний склад повітря з висотою? Яким чином?
4. В чому різниця між поняттями «погода» і «клімат»?
5. Як змінюються з висотою основні фізико-хімічні параметри атмосфери (температура, тиск, вологість, густина повітря)?
6. Якою є будова атмосфери Землі?
7. Дати коротку характеристику основних шарів в будові атмосфери.
8. Навести приклади метеорологічних явищ та процесів, що мають екологічний вплив.
9. Що таке атмосферні аерозолі? Їх склад, види та екологічний вплив?

**Висновок:** У чому полягає екологічне значення повітряної оболонки нашої планети для людини та біосфери?

## **ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ:**

### **ПОВІТРЯ ТА АТМОСФЕРА**

Атмосфера (від грец. "атмос" - пара і "сфера" - оболонка) - це газоподібна оболонка Землі, що бере участь у її добовому та річному обертанні. Вона є об'єктом вивчення метеорології. На дні цього атмосферного океану в основному і проходить наше життя.

Повітря, на відміну від води, стискається. Тому з висотою щільність його зменшується, і атмосфера та гази, що наповнюють її поступово, без різкого переходу, зникають[1,2,4,5].

Половина всієї маси атмосфери зосереджена в нижніх 5 км, три чверті - в нижніх 10 км, дев'ять десятих - в нижніх 20 км.

Але присутність повітря - чим вище, тим більш розрідженого - реєструється на дуже великих відстанях від Землі.

Полярні сніга вказують на наявність атмосфери на висотах до 1000 км і більше.

Польоти супутників на висотах у декілька тисяч кілометрів також відбуваються в атмосфері, хоча й дуже розрідженій. Із спостережень за допомогою ракет можна зробити висновок, що атмосфера простягається, при поступовому зменшенні щільності, до середньої відстані більш як 20 000 км (від 18 000 км над полюсами до 42 000 км над екватором).

Атмосфера, як і Земля, характеризується сплюснутістю біля полюсів та збільшеною потужністю біля екватора, що пов'язано з обертальним рухом Землі навколо своєї осі та дією відцентрових сил.

### **ПОГОДА І КЛІМАТ**

Погода - це фізичний стан атмосфери, що безперервно змінюється. Погода у даний момент у даному місці характеризується сукупністю значень метеорологічних елементів (величин). Це температура повітря, хмарність, атмосферні опади, атмосферний тиск, хмарність неба, вітер та ін. За певний відтинок часу вона визначається послідовними змінами цих елементів або їх середніми значеннями за цей період.

Зміни погоди біля земної поверхні мають велике значення для сільського господарства та багатьох інших галузей господарської діяльності людини. Погода у більш високих шарах атмосфери впливає на польоти авіації. При цьому треба мати на увазі, що атмосферні процеси на різних висотах пов'язані між собою. Тому для повноцінного вивчення погоди у земної поверхні необхідно вивчати і більш високі шари атмосфери. [1,2,4,5].

Клімат - це статистичний режим атмосферних умов (умов погоди), характерний для кожного даного місця на Землі в силу його географічного розташування. Цей режим дещо змінюється від одного багаторічного відтинку часу до іншого, причому такі зміни за історичний час носять характер коливань. Але ці коливання клімату достатньо малі і не заважають йому бути сталою географічною характеристикою даної місцевості.

Існують три основних цикли атмосферних процесів, що визначають клімат. Це так звані кліматоутворюючі фактори - теплообіг, вологообіг та атмосферна циркуляція. Вони, в свою чергу, складаються з атмосферних процесів, що утворюють кругообіг води в природі.

### **СКЛАД АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

Атмосфера складається з суміші газів, що називається повітрям, у якому знаходяться в завислому стані рідкі і тверді частинки. Загальна маса останніх незначна порівняно з усією масою атмосфери.

Атмосферне повітря біля земної поверхні, як правило, є вологим. Це значить, що до його складу, разом з іншими газами, входить водяна пара, тобто вода в газоподібному стані (H<sub>2</sub>O). Вміст водяної пари в повітрі змінюється в значних межах, на відміну від інших складових частин повітря: біля земної поверхні він коливається між сотими частками відсотка і декількома відсотками. Це пояснюється тим, що при існуючих в атмосфері умовах водяна пара може переходити в рідкий і твердий стан і, навпаки, може надходити в атмосферу внаслідок випаровування з земної поверхні.

Повітря без водяної пари називають сухим повітрям. Біля земної поверхні сухе повітря на 99% складається з азоту (78% по об'єму, або 76% по

масі) і кисню (21% по об'єму, або 23% по масі). Обидва ці гази входять до складу повітря біля земної поверхні у вигляді двохатомних молекул ( $N_2$  і  $O_2$ ). 1%, що залишився, припадає майже цілком на аргон (Ar). Усього 0,03% залишається на вуглекислий газ ( $CO_2$ ). Численні інші гази входять у склад повітря в тисячних, мільйонних і ще менших частках відсотка. Це криптон (Kr), ксенон (Xe), неон (Ne), гелій (He), водень ( $H_2$ ), озон ( $O_3$ ), йод (I), радон (Rn), метан ( $CH_4$ ), аміак ( $NH_3$ ), перекис водню ( $H_2O_2$ ), закис азоту ( $N_2O$ ) і ін.

Всі перераховані вище гази завжди зберігають газоподібний стан при температурах, що спостерігаються в атмосфері, і тиску не тільки біля земної поверхні, але й у високих шарах [1,2,4,5].

Відсотковий склад сухого повітря біля земної поверхні дуже постійний і практично однаковий усюди. Істотно змінюватися може тільки вміст вуглекислого газу. У результаті процесів дихання і горіння його об'ємний вміст у повітрі закритих, що погано вентилуються, помешкань, а також промислових центрів може зростати в декілька разів - до 0,1-0,2%. У зв'язку з цим, звичайно, зменшується, але дуже незначно, відсотковий вміст азоту і кисню. Цілком незначно змінюється відсотковий вміст азоту і кисню під впливом місцевих і тимчасових змін вмісту в повітрі аміаку, йоду, радону й інших газів, що потрапляють в атмосферу з поверхні ґрунту або води.

### **ВОДЯНА ПАРА В ПОВІТРІ**

Відсотковий вміст водяної пари у вологому повітрі біля земної поверхні складає в середньому від 0,2% у полярних широтах до 2,5% в екватора, а в окремих випадках коливається майже від нуля до 4%. У зв'язку з цим стає перемінним і відсоткове співвідношення інших газів у вологому повітрі. Чим більше в повітрі водяної пари, тим менша частина її об'єму доводиться на постійні гази при тих же тиску і температурі.

Водяна пара безупинно надходить в атмосферу шляхом випари з водних поверхонь і вологого ґрунту, а також у результаті транспірації рослинами, при цьому в різних місцях і в різний час він надходить у різних

кількостях. Від земної поверхні водяна пара поширюється нагору, а повітряними плинами переноситься з одних місць Землі в інші.

В атмосфері може виникати стан насичення. У такому стані водяна пара міститься в повітрі в кількості, гранично можливій при даній температурі. Водяну пара при цьому називають як ту, що насичує, а повітря, що містить його, насиченим. Стан насичення звичайно досягається при зниженні температури повітря. Коли цей стан досягнутий, те при подальшому зниженні температури частина водяної пари стає надлишковою і конденсується, переходить у рідкий або твердий стан.

У повітрі виникають водяні краплі і крижані кристали хмар і туманів. Хмари можуть знову випаровуватися; в інших випадках краплі і кристали хмар, збільшуючись, можуть випадати на земну поверхню у виді опадів. Внаслідок усього цього утримання водяної пари в кожній ділянці атмосфери безупинно змінюється.

З водяною парою в повітрі і з її переходами з газоподібного стану в рідкий та твердий пов'язані найважливіші процеси погоди й особливості клімату. Наявність водяної пари в атмосфері істотно позначається на теплових умовах атмосфери і земної поверхні. [1,2,4,5].

Водяна пара сильно поглинає довгохвильову інфрачервону радіацію, що випромінює земна поверхня. У свою чергу і сама вона випромінює інфрачервону радіацію, велика частина якої йде до земної поверхні. Це зменшує нічне охолодження земної поверхні і тим самим також нижніх шарів повітря.

На випаровування води з земної поверхні витрачаються великі кількості тепла, а при конденсації водяної пари в атмосфері це тепло передається в повітря. Хмари, що виникають у результаті конденсації, відбивають і поглинають сонячну радіацію на її шляху до земної поверхні. Оподи, що випадають із хмар, є найважливішим елементом погоди і клімату.

Нарешті, наявність водяної пари в атмосфері має важливе значення для фізіологічних процесів, які відбуваються як у живій природі взагалі, так і в окремо взятій живій істоті чи рослині.

### **Тиск водяної пари і відносна вологість.**

Вміст водяної пари в повітрі називають **вологістю повітря**. Основні характеристики вологості - це **парціальний тиск водяної пари (тиск водяної пари,  $e$ , гПа ) і відносна вологість (  $f$ , % )**. Водяна пара, як усякий газ, має пружність (тиск). Тиск водяної пари є пропорційним її щільності (масі в одиниці об'єму) і її абсолютній температурі. Він виражається в тих же одиницях, що й тиск повітря і всіх його складових частин, тобто в гектопаскалях (мілібарах). В даний час у науковій літературі обов'язковим є вживання Міжнародної системи одиниць (СІ - система інтернаціональна), у якій основною одиницею тиску служить паскаль ( $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ ;  $1 \text{ гПа} = 102 \text{ Па}$ ).  $1 \text{ Па} = 100 \text{ гПа}$  (гектопаскалі)

Тиск водяної пари в стані насичення називають **тиском насиченої водяної пари (  $E$  )**. Це максимальний тиск водяної пари, можливий при даній температурі. Наприклад, при температурі  $0^\circ\text{C}$  тиск насиченої пари дорівнює  $6,1 \text{ гПа}$ . Якщо повітря містить водяної пари менше, ніж потрібно для насичення його при даній температурі, можна визначити, наскільки повітря близьке до стану насичення. Для цього обчислюють **відносну вологість**. Так називають відношення фактичного тиску  $e$  водяної пари, що знаходиться в повітрі, до тиску насиченої пари  $E$  при температурі повітря, виражене у відсотках:

$$f = (e/E)100, \%$$

Наприклад, при температурі  $20^\circ\text{C}$  тиск насиченої пари дорівнює  $23,4 \text{ гПа}$ . Якщо при цьому фактичний тиск водяної пари в повітрі буде  $11,7 \text{ гПа}$ , то відносна вологість повітря дорівнює  $(11,7:23,4) \times 100 = 50\%$ .

Тиск водяної пари в земній поверхні змінюється від сотих часток гектопаскаля (при дуже низьких температурах взимку в Антарктиді і Якутії)

до 35 гПа і більш (поблизу екватора). Чим тепліше повітря, тим більше водяної пари він може містити в стані насичення і, відповідно, тим більше може бути в ньому тиск водяної пари.

Відносна вологість повітря може набувати всіх значень, від нуля, у випадку сухого повітря ( $e=0$ ), до 100% для стану насичення ( $e = E$ ).

### **ЗМІНА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПОВІТРЯ З ВИСОТОЮ**

Відсотковий вміст складових частин сухого повітря в нижніх ста кілометрах із висотою майже не змінюється. Повітря, що знаходиться в постійному русі, добре перемішується по вертикалі, і атмосферні гази не розшаровуються по щільності, як це було б в умовах спокійної атмосфери (де частка більш легких газів повинна була б зростати з висотою).

Приблизно до висоти 100-200 км основним газом атмосфери все-таки залишається азот. Однак вище 100 км таке розшарування газів по щільності починається і поступово збільшується з висотою.

Вище починає переважати кисень, причому кисень в атомарному стані: під дією ультрафіолетової радіації Сонця його двохатомні молекули розпадаються на заряджені атоми.

З висоти 1000 км атмосфера складається, головним чином, із гелію і водню, причому гелій - також в атомарному стані, тобто у вигляді заряджених атомів, - переважає. Починаючи з 2400 км, в атмосфері трапляється, в основному, водень, що полишає атмосферу Землі і дисипує в космічний простір з причини настільки малої питомої ваги, що земне тяжіння не здатне його втримати в атмосфері.

Відсотковий вміст водяної пари в повітрі також змінюється з висотою. Водяна пара постійно надходить в атмосферу знизу, а розповсюджуючись нагору, конденсується, вміст її зростає. Тому тиск і щільність водяної пари зменшуються із висотою швидше, ніж тиск і щільність інших газів повітря. Загальна щільність повітря стає вдвічі менше, ніж у земної поверхні, на висоті 5-6 км, а щільність водяної пари в середньому зменшується удвічі вже на висоті 1,5-2 км. На висоті 5-6 км тиск водяної пари і, отже, його вміст в

повітрі в 10 разів менший, ніж у земної поверхні, а на висоті 10-12 км в сто разів менше. Таким чином, вище 10-15 км вміст водяної пари в повітрі мізерно малий і хмари, від яких можна чекати опадів, тут не утворюються.

### **РОЗПОДІЛ ОЗОНУ В АТМОСФЕРІ**

Зміна з висотою вмісту озону в повітрі особливо цікава. Поблизу земної поверхні озон міститься в незначних кількостях. З висотою вміст його зростає, причому не тільки у відсотковому відношенні, але і по абсолютних значеннях. Максимальний вміст  $O_3$  спостерігається на висотах 25-30 км; вище він зменшується і на висотах біля 70 км фактично сходить нанівець. Процес утворення озону з кисню відбувається в шарах від 70 до 15 км при поглинанні киснем ультрафіолетової сонячної радіації. Частина двохатомних молекул кисню розкладається на атоми, а атоми приєднуються до збережених молекул, створюючи трьохатомні молекули озону. Одночасно відбувається зворотний процес перетворення озону в кисень. У шари нижче 15 км озон надходить із шарів, що лежать вище, при перемішуванні повітря в атмосфері Землі. [1,2,4,5].

Зростання вмісту озону з висотою практично не позначається на частці азоту і кисню, тому що в порівнянні з ними озону й у верхніх шарах дуже мало. Якби можна було зосередити весь атмосферний озон під нормальним тиском, він утворив би шар тільки біля 3 мм товщиною (приведена товщина озону). Але й у такій незначній кількості озон важливий тому, що, сильно поглинаючи сонячну радіацію, він підвищує температуру тих шарів атмосфери, у яких він знаходиться. Ультрафіолетову радіацію Сонця з довжинами хвиль від 0,15 до 0,29 мкм (один мікромметр - мільйонна частка метра) він поглинає повністю. Ця радіація робить фізіологічно шкідливу дію, і озон, поглинаючи її, охороняє від неї живі організми на земній поверхні.

### **АЕРОЗОЛІ В АТМОСФЕРІ**

Крім перерахованих вище атмосферних газів, у повітря місцями можуть проникати інші гази, особливо з'єднання, що виникають при згорянні

палива (окисли сірки, вуглецю, фосфору й ін.). Найбільша кількість таких домішок надходить у повітря великих міст і промислових районів. [1,2,4,5].

До складу атмосфери входять також тверді і рідкі частки, завислі в атмосферному повітрі (**атмосферні аерозолі**): водяні краплі і кристали, що виникають в атмосфері при конденсації водяної пари, пил ґрунтового й органічного походження, тверді частки диму, сажа, попіл і краплі кислот, що потрапляють у повітря при лісових пожежах, спалюванні палива і вулканічних виверженнях, частки морської солі, що потрапляють у повітря при розбризуванні морської води під час хвилювання (звичайно в силу своєї гігроскопічності це не тверді частки, а дрібні краплі насиченого розчину солі у воді), мікроорганізми (бактерії), пилок, спори, нарешті, космічний пил, що потрапляє в атмосферу (біля 1 млн. т у рік) із міжпланетного простору, а також виникає при згорянні метеорів в атмосфері.

Особливе місце серед атмосферних домішок займають **продукти штучного радіоактивного розпаду**, що заражають повітря при іспитових вибухах атомних і термоядерних бомб. Невелику частину перерахованих домішок складають великі частки пилу, радіусом більш 5 мкм. Майже 95% часток має радіуси менше 5 мкм. Внаслідок такої малості вони можуть тривалий час утримуватися в атмосфері в завислому стані. Видаляться з атмосфери вони головним чином при випаданні опадів, приєднуючись до крапель і сніжинок. Є ряд методів і приладів для визначення їхнього вмісту в повітрі.

Всі ці домішки, або аерозолі, у найбільшій кількості містяться в самих нижніх шарах атмосфери: адже основне їхнє джерело - земна поверхня. Особливо забруднений ними повітря великих міст. Не кажучи про шкідливі газові домішки (SO<sub>2</sub>, CO і ін.), на кожний кубічний сантиметр повітря тут приходиться десятки тисяч аерозольних часток, а за рік на кожний квадратний кілометр випадають з атмосфери сотні тонн аерозолів. У сільських місцевостях кількість часток аерозольних домішок у приземному повітрі обчислюється тільки тисячами в кубічному сантиметрі, а над

океанами - тільки сотнями. З висотою число завислих часток швидко зменшується; на висотах 5-10 км їх усього десятки на кубічний сантиметр. Загалом в атмосферному стовпі над кожним квадратним сантиметром земної поверхні міститься 108-109 аерозольних часток. Загальна їхня маса в атмосфері не менше 108 т. Це величезна маса, але вона мала порівняно з усією масою атмосфери, що, як ми побачимо далі, визначається в  $5 \times 10^{15}$  т.

Бактерії в центральних частинах океанів трапляються в кількості декількох одиниць на кубічний метр повітря; у великих містах їх уже тисяча і десятки тисяч у тому ж об'ємі. [1,2,4,5].

Від кількості і роду аерозольних домішок залежать явища поглинання і розсіювання радіації в атмосфері, тобто її більша або менша прозорість для радіації. Наявність завислих часток створює в атмосфері також ряд оптичних явищ, властивих колоїдним розчинам. Найбільші великі аерозольні частки, що мають гігроскопічні властивості, виконують в атмосфері роль ядер конденсації, тобто центрів, до яких приєднуються молекули водяної пари, створюючи водяні краплі.

Аерозольні домішки можуть легко переноситися повітряними течіями на великі відстані. Піщаний пил, що потрапляє в повітря над пустелями Африки і Передньої Азії, неодноразово випадав у великих кількостях на території Південної і Середньої Європи. Дим лісових пожеж у Канаді переносився сильними повітряними течіями на висотах 8-13 км через Атлантику до берегів Європи, ще зберігаючи достатню концентрацію. Дим і попіл великих вулканічних вивержень неодноразово поширювалися у високих шарах атмосфери на величезні відстані, закутуючи всю земну кулю. Помутніння повітря й аномально червоний колір зорі спостерігалися протягом багатьох місяців після виверження. Після падіння Тунгуського метеорита в 1908 р. також спостерігалось помутніння повітря на великих відстанях. Радіоактивні продукти, що потрапляють в атмосферу при термоядерних вибухах, поширюються у високих шарах атмосфери над величезними просторами земної кулі. [1,2].

## **АТМОСФЕРНИЙ ТИСК.**

Усякий газ здійснює тиск на поверхні, що його обмежують, перпендикулярно (нормально) до цих поверхонь. Числове значення (модуль) цієї сили тиску, віднесеної до одиниці площі, і називають **тиском**. Тиск газу обумовлено рухами його молекул, тим "бомбардуванням", що вони піддають стінки посуду, в якому знаходиться газова суміш. При зростанні температури і зберіганні об'єму газу швидкості молекулярних рухів збільшуються і, отже, тиск зростає. Повітря в закритому (негерметично) помешканні досить вільно вирівнює свій тиск із зовнішнім повітрям через пори і щілини в стінах, через вікна і т.д. Тому на метеостанціях немає потреби поміщати барометри під відкритим небом - їх встановлюють усередині помешкання. [1,3].

Основним приладом для виміру атмосферного тиску є **ртутний барометр**. У цьому приладі, відомому з курсу фізики, атмосферний тиск врівноважується тиском стовпа ртуті; по змінах висоти ртутного стовпа можна судити про зміни атмосферного тиску. Інший принцип виміру атмосферного тиску, широко застосовуваний в анероїдах, барографах, метеорографах, радіозондах, заснований на деформаціях пружної, порожньої усередині металевій коробці при змінах зовнішнього тиску на неї. Прилади цього типу потрібно тарувати (градувати) за показниками ртутного барометра. Сьогодні тиск, як уже сказано вище, виражають у гектопаскалях (гПа). Середній атмосферний тиск на рівні моря близько до 1013 гПа.

## **ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ**

Температура повітря є однією з головних метеорологічних величин. Всі явища та процеси, що відбуваються в органічному та неорганічному світі, безпосередньо пов'язані з термічними умовами навколишнього середовища. Крім того, температура повітря визначає характер і режим погоди. Всі ми інтуїтивно відчуваємо, що таке температура. Рукою можна грубо відрізнити холодне від гарячого, однак ми знаємо, що при цьому неважко припуститись і помилки.

Всім відомий дослід, коли одну руку опускають в холодну, а іншу - в гарячу воду. Якщо через деякий час опустити одночасно обидві руки в посудину з теплою водою, то рука, що була до цього у гарячій воді, відчує холод, а рука, що була до цього у холодній воді - відчує жар. Цей дослід показує, що наші надійні відчуття можуть бути помилковими. Тому бажано мати такий спосіб вимірювання температури, який не залежав би від наших відчуттів і від нашого настрою. Якщо хворі відчувають жар, то це характеризує їх самопочуття. Коли лікарі зрозуміли це, вони спробували при обстеженні пацієнтів якось вимірювати їх температуру. При цьому використовувались скляні трубки, заповнені до якогось рівня водою, ртуттю, вином або ж підфарбованою рідиною. При цьому лікарі вважали, що чим вище піднімається рідина у трубці, тим вище температура. Оскільки на термометрах не було однакових шкал, лікар порівнював температуру хворого із своєю власною, яка мала постійну позначку у нижній частині шкали. Історики науки розповідають, що Галілео Галілей (1564-1642 рр.) виготовлені ним термометри теж наповнював вином. Один з таких приладів він якось надіслав своєму другу - вченому в Англію. Додав і записку, в якій повідомляв про призначення термометра. Але чи то в дорозі записка загубилася, чи то адресат не зрозумів її змісту ... Бо через деякий час Галілей одержав таку відповідь: "Вино було справді чудове. Будь ласка, надішліть мені ще один такий прилад". Німецький фізик Даніель Габріель Фаренгейт (D. G. Fahrenheit, 1686 - 1736), який працював у Великій Британії та Нідерландах, у якості двох фіксованих точок вибрав рівні, один з яких відповідав температурі тіла його дружини (якби ми використовували зараз його термометр, він показав би 100° F), а другий, 0° F, відповідав найнижчому рівню, до якого опускався ртутний стовпчик в одну із зим у Північній Ірландії. Можливо, що Фаренгейт хотів уникнути від'ємних температур, вважаючи, що Північна Ірландія у середині зими є найбільш холодним місцем на земній кулі. Свій перший спиртовий термометр він виготовив у 1709 році, а ртутний - у 1714 році. Відстань між цими двома

точками він розділив на 100 рівних частин, кожна з яких він назвав градусом (сучасна назва -  $1^{\circ} \text{F}$ ). Так у 1714 р. з'явилась шкала, названа його ім'ям. [1,2,4,5].

За допомогою такого термометра, що показував  $212^{\circ} \text{F}$  і  $32^{\circ} \text{F}$  при кипінні та замерзанні води, йому вдалося встановити, що різні рідини киплять при різних, але “фіксованих ступенях (лат. - градус) теплоти”. Андерс Цельсій (A. Celsius 1701 - 1744) запропонував використовувати два стани речовини для визначення двох точок на шкалі термометра. В якості нульової відмітки він узяв рівень ртуті, що відповідає температурі такого льоду, що тане. Через позначку 100 він помітив рівень, що відповідає температурі води, яка кипить. Поділивши цей інтервал на 100 рівних частин, Цельсій отримав стоградусну шкалу, яка й досі називається його ім'ям.

Щоб перейти від шкали Цельсія до шкали Фаренгейта і навпаки, слід врахувати, що ділення на шкалі Фаренгейта йдуть частіше, ніж по шкалі Цельсія ( $5/9^{\circ} \text{C} = 1^{\circ} \text{F}$ ) і що  $0^{\circ} \text{C}$  відповідає  $32^{\circ} \text{F}$ . Тоді  $5/9 (t^{\circ} \text{F} - 32) = t^{\circ} \text{C}$ . Шкала Цельсія не менш довільна, ніж шкала Фаренгейта, однак у науковій роботі нею користуються частіше. Повітря, як і будь-яке тіло, завжди має температуру, відмінну від абсолютного нуля. Температура повітря в кожній точці атмосфери безупинно змінюється; у різних місцях Землі в той самий час вона також різна. Біля земної поверхні температура повітря варіює в досить широких межах: крайні її значення, що спостерігалися дотепер, трохи нижче значення  $60^{\circ} \text{C}$  (у тропічних пустелях, наприклад,  $58^{\circ} \text{C}$  в Аль-Азізі, поблизу Тріполі (Лівія) 15.09. 1922 р.) і біля  $-90^{\circ} \text{C}$  (на материку Антарктиди,  $-88,3^{\circ} \text{C}$  на ст. "Восток" 24.08.1960 р.).

З висотою температура повітря змінюється в різних шарах і в різних випадках по-різному. У середньому вона спочатку знижується до висоти 10-15 км, потім зростає до 50-60 км, потім знову падає і т.д.

Температура повітря, а також землі і води в системі СІ виражається в градусах міжнародної температурної шкали, або шкали Цельсія ( $^{\circ} \text{C}$ ), загальноприйнятої у фізичних вимірах. Нуль цієї шкали припадає на

температуру, при якій тане лід, а  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  - на температуру кипіння води (те й інше при тиску  $1013\text{ гПа}$ ). [1,2,4,5].

Поряд із шкалою Цельсія широко поширена (особливо в теоретичній фізиці) абсолютна шкала температури (шкала Кельвіна). Нуль цієї шкали відповідає повному припиненню теплового руху молекул, тобто найнижчій можливій температурі. По шкалі Цельсія це буде  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$  (на практиці за абсолютний нуль нерідко приймається  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Одиниця абсолютної шкали, називана Кельвіном (К), дорівнює одиниці шкали Цельсія:  $1\text{ К} = 1^{\circ}\text{C}$ . По абсолютній шкалі температура може бути тільки додатною, тобто вище абсолютного нуля.

У формулах температура по абсолютній шкалі позначається через  $T$ , а температура по Цельсію - через  $t$ . Для переходу від температури по Цельсію до температури по абсолютній шкалі існує відома формула:

$$T = t + 273,15$$

Ряд співвідношень дозволяють визначити також перехід від температури, визначеної у градусах по шкалі Цельсія або Кельвіна, до температури, визначеної у градусах по шкалі Фаренгейта, Реомюра, Ренкіна, які застосовувалися чи застосовуються в ряді країн світу.

### **ЩІЛЬНІСТЬ (ГУСТИНА) АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

Щільність (густина) повітря безпосередньо не вимірюється, а обчислюється за допомогою рівняння стану газів. Вологе повітря дещо менш щільне, ніж сухе повітря при тих же значеннях тиску і температури. Це пояснюється тим, що водяна пара менш щільна, ніж сухе повітря. Якщо взяти якийсь об'єм сухого повітря і замінити частину молекул постійних газів більш легкими молекулами водяної пари в тій же кількості і з тими ж швидкостями руху так, що температура і тиск від цього не зміняться, то щільність отриманого вологого повітря буде дещо менше, ніж щільність сухого повітря. Різниця не дуже велика. Щільність сухого повітря при температурі  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  і тиску  $1000\text{ гПа}$  дорівнює  $1,276\text{ кг/м}^3$ .

Якщо ж повітря вологе, притому насичене, тобто тиск водяної пари 6,1 гПа (більше воно при температурі 0 °С бути не може), то щільність його при тиску 1000 гПа буде 1,273 кг/м<sup>3</sup>, тобто тільки на 0,003 кг/м<sup>3</sup> менше, ніж щільність сухого повітря. При більш високих температурах і, отже, при більшому вологоутриманні різниця збільшується, хоча і залишається невелика.

Щільність повітря в кожному місці безупинно змінюється в часі. Крім того, вона змінюється з висотою, тому що з висотою змінюються також атмосферний тиск і температура повітря. Тиск із висотою завжди зменшується, а разом із ним убуває і щільність. Температура з висотою в основному знижується, принаймні в нижніх 10-15 км атмосфери. Але спад температури тягне за собою підвищення щільності. У результаті спільного впливу зміни тиску і температури щільність із висотою, як правило, знижується, але не так сильно, як тиск. У середньому для Європи вона дорівнює біля земної поверхні 1,25 кг/м<sup>3</sup>, на висоті 5 км - 0,74 кг/м<sup>3</sup>, 10 км - 0,41 кг/м<sup>3</sup>, 20 км - 0,09 кг/м<sup>3</sup>.

На висотах біля 300 км щільність повітря має порядок розміру 10-11 кг/м<sup>3</sup>, тобто в сто мільярдів разів менше, ніж у земної поверхні. На висоті 500 км щільність повітря вже 10-12 кг/м<sup>3</sup>, на 750 км - 10-13 кг/м<sup>3</sup> або ще менше. Ці значення щільності незначні порівняно з приземними. Але усе ж до висот біля 20 тис. км щільність повітря залишається значно більшою, ніж густина речовини в міжпланетному просторі. [1,2,4,5].

Якби щільність повітря не змінювалася з висотою, а залишалася на всіх рівнях такою ж, як у земної поверхні, то висота атмосфери виявилася б рівною приблизно 8000 м. Ця висота (8000 м) називається висотою однорідної атмосфери. У дійсності щільність повітря з висотою убуває, і тому справжня висота атмосфери рівняється багатьом тисячам кілометрів.

### **ЗМІНИ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ З ВИСОТОЮ**

Розподіл атмосферного тиску по висоті залежить від того, який тиск внизу і як розподіляється температура повітря з висотою. У багаторічному

середньому виразі для Європи тиск на рівні моря дорівнює 1014 гПа, на висоті 5 км- 538 гПа, 10 км-262 гПа, 15 км- 120 гПа і 20 км - 56 гПа. На рівні 5 км тиск майже вдвічі нижче, ніж на рівні моря, на рівні 10 км - майже в чотири рази, на рівні 15 км - майже в 8 разів і на рівні 20 км-в 18 разів.

Ці значення підтверджують висновок, який можна зробити: у першому наближенні тиск убуває приблизно в геометричній прогресії, коли висота зростає в арифметичній прогресії. При більш точному дослідженні ця залежність описується кривою, що носить назву експоненти. Тому залежність тиску від висоти ще називають експоненціальною [4, 8, 15].

Тиск змінюється не тільки з висотою. На тому самому рівні він не скрізь однаковий. Це залежить від багатьох причин, які будуть розглянуті пізніше.

Знання атмосферного тиску дозволяє розрахувати **загальну масу атмосфери**. Середній атмосферний тиск на рівні моря близько до 1013 гПа. Знаючи площу земної поверхні і перевищення материків над рівнем моря, можна обчислити силу ваги, що діє на земну поверхню. Зневажаючи зміною сили ваги з висотою, можна вважати цю силу чисельно рівній масі атмосфери, помноженої на прискорення вільного падіння.

**Загальна маса атмосфери**, визначена таким чином, складає трохи більше  $5 \times 10^{18}$  кг, або  $5 \times 10^{15}$  т.

Це приблизно в мільйон разів менше, ніж маса самої земної кулі. При цьому, як уже говорилося, половина всієї маси атмосфери знаходиться в нижніх 5 км, три чверті - у нижніх 10 км і 95% - у нижніх 20 км.

### **ВЕРТИКАЛЬНИЙ РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ**

Як вже було зазначено, адіабатичні процеси визначають зміни температури у визначеній масі повітря, що адіабатично піднімається або опускається. Ні в якому разі не варто змішувати ці індивідуальні зміни з вертикальним розподілом температури в атмосфері. Температура в атмосферному стовпі може розподілятися по висоті різним способом. Цей розподіл не підпорядкований ніякій простій закономірності, і крива, що

зображує цей розподіл у більш-менш товстому шарі атмосфери, у загальному випадку є складною кривою. Уявлення про розподіл температури з висотою дає **вертикальний градієнт температури**, тобто зміна температури в атмосфері на одиницю висоти, звичайно на 100 м.

**Вертикальний градієнт температури** може змінюватися в досить широких межах. У нижніх 10 км у помірних широтах і в нижніх 15 км у тропіках він у середньому дорівнює  $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ . У нижніх сотнях метрів над нагрітою підстилаючою поверхнею він може перевищувати  $1^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ , а в тонкому приземному шарі над перегрітою землею може бути в багато разів більше. Бувають і такі випадки, коли температура повітря з висотою не падає, а зростає. Такий розподіл температури називають інверсією температури. Інверсії особливо часті по ночах у приземному шарі, але зустрічаються на різних висотах і у вільній атмосфері. Якщо температура в повітряному шарі не змінюється з висотою, тобто вертикальний градієнт її дорівнює нулю, то такий стан шару називають ізотермією. Вище 10-15 км і до висоти біля 50 км вертикальний розподіл температури навіть у середньому є ізотермічним або інверсійним.

Якщо температура повітря з висотою змінюється, то змінюється також і потенційна температура. Тільки у випадку, коли температура падає з висотою на  $1^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ , потенційна температура залишається з висотою незмінною. Це пояснюють найпростіші міркування. При зазначеному градієнті температури з якого б рівня не була опущена повітряна частка на рівень моря, вона, адіабатично нагрівшись, одержить на рівні моря ту саму температуру. Таким чином, виходить, що потенційна температура на всіх рівнях однакова [7, 11, 12].

У випадку, коли вертикальний градієнт температури менше  $1^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ , що є типовим розподілом, потенційна температура з висотою зростає. І тільки в тих випадках, коли вертикальний градієнт температури більше  $1^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ , потенційна температура з висотою зменшується. У ізотермічному шарі потенційна температура зростає з висотою на  $1^{\circ}\text{C}$  на

100 м. Ще швидше зростає вона в шарі інверсії, тобто при явищі збільшення температури повітря з висотою. [1,2,8].

### **ТРОПОСФЕРА**

Атмосфера складається з декількох концентричних шарів, що відрізняються один від іншого температурними та іншими умовами. Нижня частина атмосфери, до висоти 10-15 км, у якій зосереджено 4/5 усієї маси атмосферного повітря, зветься **тропосферою**. Для неї характерний спад температури з висотою в середньому на 0,65 °C/100 м (в окремих випадках розподіл температури по вертикалі варіює в широких межах). У тропосфері міститься майже уся водяна пара атмосфери і виникають майже всі хмари. Сильно розвинена тут і турбулентність, особливо поблизу земної поверхні, а також у так названих струменевих течіях у верхній частині тропосфери.

Висота, до якої простягається тропосфера, над кожною точкою Землі змінюється день у день. Крім того, навіть у середньому вона різна під різними широтами й у різні сезони року. У середньорічному виразі тропосфера поширюється над полюсами до висоти біля 9 км, над помірними широтами до 10-12 км і над екватором до 15-17 км. Середня річна температура повітря в земної поверхні біля 26°C на екваторі і біля -23 °C на Північному полюсі. На верхній межі тропосфери над екватором середня температура біля -70 °C, над Північним полюсом зимою біля -65 °C, а влітку біля -45 °C. Тиск повітря на верхній межі тропосфери відповідно її висоті в 5-8 разів менше, ніж у земної поверхні. Отже, основна маса атмосферного повітря знаходиться саме в тропосфері. Процеси, що відбуваються в тропосфері, мають безпосереднє і вирішальне значення для погоди і клімату біля земної поверхні. [1, 4, 6, 14].

Самий нижній тонкий шар тропосфери, товщиною 50-100 м, що безпосередньо примикає до земної поверхні, носить назву **приземного шару**.

### **СТРАТОСФЕРА І МЕЗОСФЕРА**

Над тропосферою до висоти 50-55 км лежить **стратосфера**, характерна тим, що температура в ній у середньому зростає з висотою. Перехідний шар

між тропосферою і стратосферою (товщиною 1-2 км) зветься носить назву **тропопаузи**. Вище були приведені дані про температуру на верхній межі тропосфери. Ці температури характерні і для нижньої стратосфери. Таким чином, температура повітря в нижній стратосфері над екватором завжди дуже низька; притім улітку набагато нижча, ніж над полюсом.

Нижня стратосфера більш-менш ізотермічна. Але, починаючи з висоти біля 25 км температура в стратосфері швидко зростає з висотою, досягаючи на висоті біля 50 км максимальних, притім позитивних значень (від 1 до 5°C). Внаслідок зростання температури з висотою турбулентність у стратосфері мала. Водяної пари в стратосфері мізерно мало. Однак на висотах 22-27 км спостерігаються іноді у високих широтах дуже тонкі, так звані перламутрові хмари. Вдень вони не значні, а вночі здаються світними, тому що висвітлюються сонцем, що знаходиться під обрієм. Ці хмари складаються із переохолоджених водяних крапель або кристалів льоду. [1, 4, 5, 13].

Стратосфера характеризується ще тим, що переважно в ній міститься атмосферний озон. З цього погляду вона може бути названа озоносферою. Зростання температури з висотою у стратосфері пояснюється саме поглинанням сонячної радіації озоном. 2. Над стратосферою лежить шар мезосфери, приблизно до 85-95 км. Тут температура з висотою падає до декількох десятків градусів нижче нуля. Внаслідок швидкого спаду температури з висотою в мезосфері сильно розвинута турбулентність. На висотах, близьких до верхньої межі мезосфери (82-85 км), спостерігаються ще особливого роду хмари, що також висвітлюються сонцем у нічні години, так звані сріблясті хмари. Вони вперше були описані у літературі у 1885 році. Скоріше за все, мабуть, вони складаються з крижаних кристалів, ядрами конденсації (сублімації) для яких служать частки метеоритної речовини.

На верхній межі мезосфери тиск повітря разів у 200 менше, ніж у земної поверхні. Таким чином, у тропосфері, стратосфері і мезосфері разом до висоти 80 км, знаходиться більше ніж 99,5% усієї маси атмосфери. На шари, що лежать вище, припадає незначна кількість повітря.

## ТЕРМОСФЕРА Й ЕКЗОСФЕРА

Верхня частина атмосфери, над мезосферою, характеризується дуже високими температурами і тому називається **термосферою**. У ній розрізняються, однак, дві частини: **іоносфера**, що простирається від мезосфери до висот порядку тисячі кілометрів, і **екзосфера**, зовнішня атмосферна оболонка, що поступово переходить у земну корону. [1,2,4,5].

Повітря в термосфері надзвичайно розріджене. Але і при такій малій щільності кожен кубічний сантиметр повітря на висоті 300 км ще містить біля одного мільярда (10<sup>9</sup>) молекул або атомів, а на висоті 600 км - більше 10 мільйонів (10<sup>7</sup>). Це на декілька порядків більше, ніж вміст газів у міжпланетному просторі.

**Іоносфера**, про що говорить вже сама її назва, характеризується дуже сильним ступенем іонізації повітря. Вміст іонів тут у багато разів більший, ніж у шарах, що лежать нижче, незважаючи на сильну загальну розрідженість повітря. Ці іони являють собою в основному заряджені атоми кисню, заряджені молекули окису азоту і вільні електрони. Їхнє вміст на висотах 100-400 км - порядку 10<sup>15</sup>-10<sup>16</sup> на кубічний сантиметр.

У іоносфері виділяється декілька шарів, або областей, із максимальною іонізацією, особливо на висотах 100-120 км (шар E) і 200-400 км (шар F). Але й у проміжках між цими шарами ступінь іонізації атмосфери залишається дуже високою. Положення іоносферних шарів і концентрація іонів у них увесь час змінюються. Спорадичні скупчення електронів з особливо великою концентрацією називаються електронними хмарами.

Від ступеня іонізації залежить електропровідність атмосфери. Тому в іоносфері електропровідність повітря в загальному в 10<sup>12</sup> разів більше, ніж біля земної поверхні. Радіохвилі зазнають в іоносфері поглинання, заломлення і відбиття. Хвилі довжиною більш 20 м узагалі не можуть пройти крізь іоносферу: вони відбиваються вже шарами з невеликою концентрацією іонів у нижній частині іоносфери (на висотах 70-80 км). Середні і короткі хвилі відбиваються іоносферними шарами, що лежать вище. Саме внаслідок

відбиття від іоносфери можливий далекий зв'язок на коротких хвилях. Багаторазове відбиття від іоносфери і земної поверхні дозволяє коротким хвилям зигзагоподібно поширюватися на великі відстані, огинаючи поверхню земної кулі. Оскільки положення і концентрація іоносферних шарів безупинно змінюються, змінюються й умови поглинання, відбитки і поширення радіохвиль. Тому для надійного радіозв'язку необхідне безупинне вивчення стану іоносфери. Спостереження над поширенням радіохвиль саме є засобом для такого дослідження. [3, 4, 5, 9].

В іоносфері спостерігаються полярні сяйва і близьке до них за природою світіння нічного неба - постійна люмінісценція атмосферного повітря, а також різкі коливання магнітного поля - іоносферна магнітна буря. Колір полярного сяйва залежить від того, який газ піддається бомбардуванню корпускулярними частками. Так, наприклад, азот дає яскраво-червоний, синій і фіолетовий кольори, а кисень - зелений і рожевий.

Іонізація в іоносфері зобов'язана своїм існуванням дії ультрафіолетової радіації Сонця. Її поглинання молекулами атмосферних газів призводить до виникнення заряджених атомів і вільних електронів, про що говорилося раніше. Коливання магнітного поля в іоносфері і полярні сяйва залежать від коливань сонячної активності. З змінами сонячної активності пов'язані зміни в потоці корпускулярної радіації, що йде від Сонця в земну атмосферу. Температура в іоносфері зростає з висотою до дуже великих значень. На висотах біля 800 км вона досягає 1000°C. Говорячи про високі температури іоносфери, мають на увазі те, що частки атмосферних газів рухаються там із дуже великими швидкостями. Однак щільність повітря в іоносфері настільки мала, що тіло, що знаходиться в іоносфері, наприклад, штучний супутник, не буде нагріватися шляхом теплообміну з повітрям. Температурний режим супутника буде залежати від безпосереднього поглинання ним сонячної радіації і від віддачі його власного випромінювання в навколишній простір. Атмосферні шари вище 800-1000 км виділяються під назвою **екзосфери** (або зовнішньої атмосфери, чи геокорони). Швидкості руху часток газів, особливо

легких, тут дуже великі, а внаслідок надзвичайної розрідженості повітря на цих висотах частки можуть облітати Землю по еліптичних орбітах, не зустрічаючись між собою.

Окремі частки можуть при цьому мати швидкості, достатні для того, щоб перебороти силу тяжіння. Для незаряджених часток критичною швидкістю буде 11 200 м/с. Такі особливо швидкі частки можуть, рухаючись по гіперболічних траєкторіях, вилітати з атмосфери у світовий простір, зникати, розсіюватися, дисипувати. Тому екзосферу називають ще сферою розсіювання. Розсіюванню піддаються переважно атоми водню, що є пануючим газом у найбільш високих шарах екзосфери. Порівняно недавно вважали, що екзосфера, і з нею взагалі земна атмосфера, кінчається на висотах порядку 2000-3000 км. Але за допомогою спостережень з космічних ракет і супутників визначили, що водень, що зникає з екзосфери, утворює навколо Землі так звану земну корону, що простирається більш ніж до 20 000 км. Звичайно, щільність газу в земній короні мізерно мала. На кожний кубічний сантиметр тут приходиться в середньому усього біля тисячі часток. Але в міжпланетному просторі концентрація часток (переважно протонів і електронів) принаймні в десять разів менше. [1].

За допомогою супутників і геофізичних ракет встановлено існування у верхній частині атмосфери й у навколосемному космічному просторі **радіаційного пояса Землі, що починається на висоті декількох сотень кілометрів і простягається ще на десятки тисяч кілометрів від земної поверхні.** Цей пояс складається з електрично заряджених часток - протонів й електронів, захоплених магнітним полем Землі, які рухаються з дуже великими швидкостями. Їхня енергія - порядку сотень тисяч електрон-вольт. Радіаційний пояс постійно втрачає частки в земній атмосфері і поповнюється потоками сонячної корпускулярної радіації.

## **2.2. Практична робота № 2. Розрахунок сукупної концентрації спільного компонента (СК) по речовинах – забруднювачах у викидах підприємства**

### **ЗАВДАННЯ:**

**1.** Ознайомитись з методикою розрахунку СК (спільного компонента) у викидах промислового підприємства, законспектувати основні положення, розглянути та вивчити запропонований приклад визначення СК.

**2.** За даними свого варіанту визначити, які хімічні елементи будуть СК для викиду.

**3.** Розрахувати абсолютне та відносне значення СК за кожним хімічним елементом. Провести перевірку правильності розрахунку.

**Висновок: У чому полягає значення та екологічний зміст визначення показника СК?**

### **МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ, ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Методика визначення сукупної концентрації спільного компонента була розроблена в екологічній хімії з метою встановлення пропорційної частки окремих елементів у газоподібних викидах промислових підприємств, а також у стічних водах.

Під спільним компонентом (длі – СК) розуміють хімічний елемент, що входить одночасно до складу декількох сполук (2 або більше), які містяться у викидах підприємства. Наприклад, якщо викиди одночасно містять аміак ( $\text{NH}_3$ ) та оксид азоту ( $\text{N}_2\text{O}_5$ ), то азот (N) буде СК – спільним компонентом для цих обох сполук.

Якщо промислові газоподібні викиди є багатоконпонентними, то у ряді речовин може міститися одночасно декілька елементів, які є спільними компонентами для них. Досить важливим є завдання визначення масової частки цих компонентів або їх відносної частки, оскільки це дозволяє

оцінити реальний вклад окремих хімічних елементів та, частково, їх вплив на довкілля, а також – потребу у застосуванні різних методів газо- та пилоочищення.

### **ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ СК**

Наприклад, нехай відомо, що у газоподібних викидах промислового підприємства містяться сполуки з наступними фактичними концентраціями: аміак ( $\text{NH}_3$ ) –  $30,0 \text{ мг/м}^3$ , оксид азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ ) –  $0,1 \text{ мг/м}^3$ , оксид азоту ( $\text{NO}_3$ ) –  $1,5 \text{ мг/м}^3$ . У даних сполуках нітроген, чи азот (N), є одним із спільних компонентів.

#### **Основні етапи визначення сукупної концентрації (СК) азоту:**

1. Знайдемо молекулярну масу даних сполук:

$$m(\text{NH}_3) = 17$$

$$m(\text{N}_2\text{O}) = 44$$

$$m(\text{NO}_3) = 62$$

Молекулярна маса сполуки визначається як сума атомних мас хімічних елементів, що входять до цієї сполуки. Атомні маси шукаються з використанням періодичної таблиці хімічних елементів.

2. Знайдемо концентрацію азоту в кожній сполуці:

СК (Вміст хім.елементу / Речовина) = (Атомна маса елементу \* Кількість його атомів у сполуці / Молекулярна маса речовини) \* Фактична концентрація речовини у викидах

$$\text{СК}_1 (\text{N} / \text{NH}_3) = (14/17) * 30,0 = 24,7 \text{ (мг/м}^3\text{)}$$

$$\text{СК}_2 (\text{N} / \text{N}_2\text{O}) = (14*2/44)*0,1=0,06 \text{ (мг/м}^3\text{)}$$

$$\text{СК}_3 (\text{N} / \text{NO}_3) = (14/62)*1,5 = 0,34 \text{ (мг/м}^3\text{)}$$

3. Знайдемо сукупну концентрацію азоту у цих сполуках:

$$CK = CK_1 + CK_2 + CK_3 = 24,7 + 0,06 + 0,34 = 25,1 \text{ (мг/м}^3\text{)}$$

4. Переведемо абсолютний показник СК у відносні одиниці (відсотки):

Нехай сумарна фактична концентрація речовин у викидах ( $30,0 + 0,1 + 1,5 = 31,6 \text{ мг/м}^3$ ) становить 100 %, тоді відносне значення СК азоту дорівнюватиме:

$$CK_v(N) = 25,1 * 100/31,6 = 79,3 \%$$

Отже, в загальній масі викидів даного промислового підприємства відносна частка сукупного компонента (азоту) становить 79,3 %.

**Зауваження:** спільних компонентів у речовинах-забрудниках може бути декілька, у цьому випадку для кожного з них окремо розраховується відносна частка (СК). Сума цих часток не може перевищувати 100 %.

## ПРИКЛАД РОЗРАХУНКІВ

### Розрахунок сукупної концентрації спільного компонента (СК)

#### по окремих речовинах-забруднювачах для підприємства

**Завдання:** розрахувати сукупну концентрацію спільного компонента (СК) по речовинах – забруднювачах на основі наступних вихідних даних:

Таблиця 1.

Фактичні концентрації речовин – забруднювачів для підприємства

№п/п	Речовини	Фактична концентрація, мг/м <sup>3</sup>
1	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	51,9
2	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	754,2
3	CF <sub>2</sub> ClBr	18,0
4	HCl	14,9
5	C <sub>2</sub> FCl <sub>5</sub>	289,0
6	PbCl <sub>2</sub>	169,7
7	Пил нетоксичний	713,9
8	Pb <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>5</sub>	2318,9
Σ	-	4330,5

## Розв'язання

Методика визначення сукупної концентрації спільного компоненту була розроблена в екологічній хімії з метою встановлення пропорційної частки окремих елементів у газоподібних викидах промислових підприємств, в стічних водах тощо.

**Визначаємо вміст оксигену (O) в сполуках:**  $\text{Fe}_2(\text{SO}_3)_2$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Pb}_2(\text{CO}_3)_5$ .

- Знаходимо молекулярну масу даних сполук:

$$- m(\text{Fe}_2(\text{SO}_3)_2) = 56 \cdot 2 + 32 \cdot 3 \cdot 2 + 16 \cdot 3 \cdot 2 = 400$$

$$- m(\text{H}_2\text{CO}_3) = 2 + 12 + 16 \cdot 3 = 62$$

$$- m(\text{Pb}_2(\text{CO}_3)_5) = 207 \cdot 2 + 12 \cdot 5 + 16 \cdot 3 \cdot 5 = 714$$

- Розраховуємо масову частку оксигену (O) в даних сполуках за формулою:

$$CK_n = (A/M) \cdot C_{\phi/n}$$

де: A – атомна маса хімічного елемента, що аналізується;

M – молекулярна маса речовини;

$C_{\phi}$  – фактична концентрація даної речовини у викидах;

$$CK_1 = (O/\text{Fe}_2(\text{SO}_3)_2) = (96/400) \cdot 51,9 = 12,45 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

$$CK_2 = (O/\text{H}_2\text{CO}_3) = (48/62) \cdot 754,2 = 580,73 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

$$CK_3 = (O/\text{Pb}_2(\text{CO}_3)_5) = (240/714) \cdot 2318,9 = 788,43 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

- Знаходимо сукупну концентрацію оксигену (O) в даних речовинах:

$$CK_{\Sigma} = 12,45 + 580,73 + 788,43 = 1381,61 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

- Визначаємо відносне значення СК, перевівши масову частку СК у %:

$$CK_B = (1381,61 \cdot 100) / 4330,5 = \mathbf{31,9 \%}.$$

**Визначаємо вміст вуглецю (C) в сполуках:**  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CF}_2\text{ClBr}$ ,  $\text{Pb}_2(\text{CO}_3)_5$ ,  $\text{C}_2\text{FCl}_5$ .

- Знаходимо молекулярну масу даних сполук:

$$- m(\text{H}_2\text{CO}_3) = 2 + 12 + 16 \cdot 3 = 62$$

$$- m(\text{CF}_2\text{ClBr}) = 12 + 19 \cdot 2 + 35 + 79 = 164$$

$$- m(\text{Pb}_2(\text{CO}_3)_5) = 207 \cdot 2 + 12 \cdot 5 + 16 \cdot 3 \cdot 5 = 714$$

$$- m (\text{C}_2\text{FCl}_5) = 12*2+19+35*5=218$$

- Розраховуємо масову частку вуглецю (С) в даних сполуках за формулою:

$$\text{СК}_n = (A/M) * C_{\phi/n}$$

$$\text{СК}_1 = (C/\text{H}_2\text{CO}_3) = (12/64) * 754,2 = 141,41 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

$$\text{СК}_2 = (C/\text{CF}_2\text{ClBr}) = (12/164) * 18,0 = 1,32 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

$$\text{СК}_3 = (C/\text{Pb}_2(\text{CO}_3)_5) = (60/218) * 289,0 = 31,79 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

$$\text{СК}_4 = (C/\text{C}_2\text{FCl}_5) = (24/714) * 2318,9 = 194,87 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

- Знаходимо сукупну концентрацію вуглецю (С) в даних речовинах:

$$\text{СК}_{\Sigma} = 141,41 + 1,32 + 31,79 + 194,87 = 369,39 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

- Визначаємо відносне значення СК, перевівши масову частку СК у %:

$$\text{СК}_B = (369,39 * 100) / 4330,5 = \mathbf{8,5\%}.$$

**Визначаємо вміст гідрогену (Н) в сполуках:  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCl}$ .**

- Знаходимо молекулярну масу даних сполук:

$$- m (\text{H}_2\text{CO}_3) = 2+12+16*3 = 62$$

$$- m (\text{HCl}) = 1+35 = 36$$

- Розраховуємо масову частку гідрогену (Н) в даних сполуках за формулою:

$$\text{СК}_n = (A/M) * C_{\phi/n}$$

$$\text{СК}_1 = (H/\text{H}_2\text{CO}_3) = (2/64) * 754,2 = 23,57 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

$$\text{СК}_2 = (H/\text{HCl}) = (1/36) * 14,9 = 0,45 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

- Знаходимо сукупну концентрацію гідрогену (Н) в даних речовинах:

$$\text{СК}_{\Sigma} = 23,57 + 0,45 = 24,02 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

- Визначаємо відносне значення СК, перевівши масову частку СК у %:

$$\text{СК}_B = (24,02 * 100) / 4330,5 = \mathbf{0,6\%}.$$

**Визначаємо вміст хлору (Cl) в сполуках:  $\text{CF}_2\text{ClBr}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{C}_2\text{FCl}_5$ .**

- Знаходимо молекулярну масу даних сполук:

$$- m (\text{CF}_2\text{ClBr}) = 12+19*2+35+79=164$$

$$- m (\text{HCl}) = 1+35=36$$

$$- m (\text{C}_2\text{FCl}_5) = 12 \cdot 2 + 19 + 35 \cdot 5 = 218$$

$$- m (\text{PbCl}_2) = 207 + 35 \cdot 2 = 277$$

- Розраховуємо масову частку хлору (Cl) в даних сполуках за формулою:

$$CK_n = (A/M) \cdot C_{\phi/n}$$

$$CK_1 = (\text{Cl}/\text{CF}_2\text{ClBr}) = (35/164) \cdot 18,0 = 3,84 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

$$CK_2 = (\text{Cl}/\text{H}/\text{HCl}) = (35/36) \cdot 14,9 = 14,49 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

$$CK_3 = (\text{Cl}/\text{C}_2\text{FCl}_5) = (175/218) \cdot 289,0 = 231,2 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

$$CK_4 = (\text{Cl}/\text{PbCl}_2) = (70/277) \cdot 169,7 = 42,9 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

- Знаходимо сукупну концентрацію хлору (Cl) в даних речовинах:

$$CK_{\Sigma} = 3,84 + 14,49 + 231,2 + 42,9 = 292,43 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

- Визначаємо відносне значення СК, перевівши масову частку СК у %:

$$CK_{\%} = (292,43 \cdot 100) / 4330,5 = \mathbf{6,8\%}.$$

**Визначаємо вміст свинцю (Pb) в сполуках:  $\text{Pb}_2(\text{CO}_3)_5$ ,  $\text{PbCl}_2$**

- Знаходимо молекулярну масу даних сполук:

$$- m (\text{Pb}_2(\text{CO}_3)_5) = 207 \cdot 2 + 12 \cdot 5 + 16 \cdot 3 \cdot 5 = 714$$

$$- m (\text{PbCl}_2) = 207 + 35 \cdot 2 = 277$$

- Розраховуємо масову частку свинцю (Pb) в даних сполуках за формулою:

$$CK_n = (A/M) \cdot C_{\phi/n}$$

$$CK_1 = (\text{Pb}/\text{Pb}_2(\text{CO}_3)_5) = (207 \cdot 2/714) \cdot 2318,9 = 1344,57 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

$$CK_2 = (\text{Pb}/\text{PbCl}_2) = (207/277) \cdot 169,7 = 126,82 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

- Знаходимо сукупну концентрацію свинцю (Pb) в даних речовинах:

$$CK_{\Sigma} = 1344,57 + 126,82 = 1471,39 \text{ (мг/м}^3\text{)};$$

- Визначаємо відносне значення СК, перевівши масову частку СК у %:

$$CK_{\%} = (1471,39 \cdot 100) / 4330,5 = \mathbf{34,0\%}$$

**ПЕРЕВІРКА РЕЗУЛЬТАТІВ:**

$$\mathbf{31,9\% + 8,5\% + 0,6\% + 6,8\% + 34,0\% = 81,8\%}$$

Отже, перевірка показала, що сума значень СК (81,8 %) не перевищує 100 %.

## 2.3. Практична робота № 3. Розрахунок КНП (категорії небезпечності підприємства) для промислового об'єкту

### ЗАВДАННЯ:

**1.** Ознайомитись з методикою розрахунку показника КНП та ширини СЗЗ, законспектувати основні положення.

**2.** За даними свого варіанту розрахувати значення КНП та ширину СЗЗ, що йому відповідає.

**3.** Згрупувати речовини-забруднювачі згідно зменшення значення доданка КНП.

**Висновок: У чому полягає роль та значення показника КНП? На основі яких вихідних даних він розраховується?**

### МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ, ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

I. КНП (категорія небезпечності підприємства) в Україні може характеризуватися чотирма класами безпеки: від першого - найвищого до четвертого, найнижчого.

Категорія небезпечності підприємства (КНП) залежить від обсягу і токсичності речовин, що викидаються. Числове значення показника КНП розраховується за формулою:

$$КНП = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ГДКсд_i} \right)^{a_i} \quad (3.1.)$$

$M_i$  – це маса фактичного викиду деякої речовини, в т/рік;

$a_i$  – безрозмірна константа, яка порівнює ступінь токсичності даної речовини з ступенем токсичності сірчистого газу; визначається за таблицею 3.1.

$n$  – кількість речовин-забруднювачів.

Якщо з якихось причин відсутні значення ГДК<sub>с.д.</sub> по даній речовині, то у розрахунках використовуються значення ГДК<sub>м.р.</sub> або ГДК<sub>р.з.</sub>, зменшені у 10 разів.

Деякі речовини при одночасній присутності у викидах підприємства характеризуються ефектом потенціювання чи сумації, тобто їх сумарний вплив суттєво більший від одномоментного впливу окремо взятої речовини – забрудника. Для таких речовин при піднесенні частки ( $M_i / \text{ГДК}_{\text{с.д.}i}$ ) у степінь до показника степеня  $a_i$  додають відповідний коефіцієнт  $k$ , значення якого залежить від типу даної речовини.

Якщо у викидах підприємства (за даним розрахунковим варіантом) є речовини, що мають ефект сумації, то для цих речовин до константи  $a_i$  додається коефіцієнт  $k_i$ , який залежить від наявності ефекту сумації даної речовини та інших сполук, що містяться у викидах підприємства, і визначається з табл. 3.3:

$$a = a_i + k_i$$

Коефіцієнтів  $k$  може бути і декілька, якщо дана речовина має ефект сумації з декількома іншими речовинами. Всі вони послідовно додаються до коефіцієнта  $a_i$ , сума – це показник степеня, який застосовується у формулі (3.1).

**Зауваження:** уважно ознайомлюйтеся з таблицею 3.3, щоб визначити всі можливі варіанти поєднань речовин – забрудників, що містяться у викидах підприємства. Таких поєднань може бути багато, і кожне з них – це додатковий коефіцієнт  $k_i$ , що додається до показника степеня  $a_i$ .

Для полегшення подальших розрахунків визначимо коефіцієнт переведення  $C_{факт}$  при умові однозмінної роботи підприємства та безперервності роботи наявних на ньому джерел викидів ( $C_{факт}$  - це значення, яке дається у варіанті завдання) у  $M_i$ :

$$M_i = C_{факт} \cdot 300 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 10^{-9} = C_{факт} \cdot 0,00864, \quad (5.2)$$

де: 300 – кількість робочих днів на рік, 8 – кількість робочих годин на день, 60 – кількість хвилин на годину, 60 – кількість секунд на хвилину (показники роботи промислового об'єкту, що приймаються за середні),  $10^{-9}$  – переведення мг у т (1 мг =  $10^{-9}$  т).

Коли значення КНП визначено, за таблицею 3.2 визначаємо власне саму категорію небезпечності підприємства (I, II, III, IV) і відповідну їй ширину СЗЗ (санітарно-захисної зони) для даного типу підприємства.

Зауважимо, що нормативними документами в Україні передбачено 5 категорій КНП (I, II, III, IV та V), але категорії IV і V часто об'єднують, оскільки до них відносяться об'єкти з мінімальним впливом на довкілля. Для підприємств V категорії КНП може встановлюватися СЗЗ = 50 м.

Після завершення розрахунків складається також таблиця розподілу речовин за ступенем забруднення (речовини групуються в порядку зменшення показника ( $M_i / ГДК_{с.д.і.}$ )<sup>аі</sup>).

**Таблиця 3.1**

**Визначення коефіцієнта  $a_i$**

Константа	Клас небезпечності речовини-забрудника			
	1	2	3	4
$a_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

Таблиця 3.2

*Категорія небезпечності підприємства та допустима ширина СЗЗ залежно від граничного значення КНП*

Категорія небезпечності	Значення КНП	СЗЗ, м (ширина)
I	$> 10^8$	1000
II	$10^8 > \text{КНП} > 10^4$	500
III	$10^4 > \text{КНП} > 10^3$	300
IV	$< 10^3$	100

Таблиця 3.3

*Визначення коефіцієнта  $k_i$*

Перелік речовин, що при одночасній дії мають ефект сумації	Значення коефіцієнта $k_i$ (що додається до $a_i$ )
1	2
Ацетон, акролеїн, сірчаний ангідрид	3,0
Ацетон і фенол	1,0
Ацетон і ацетофенол	0,4
Ацетон, фурфурол, формальдегід, фенол	0,3
Ацетальдегід, вінілацетат	1,5
Аерозолі окисів ванадію і марганцю	2,3
Аерозолі окисів ванадію і сірки	1,0

1	2
Аерозолі окисів ванадію і хрому	0,7
Бензол, ацетон, ацетофенол	0,9
Вольфрамівий і сірчистий ангідрид	1,5
Гексахлоран, фенол	3,0
Ізобутенилкарбінол, диметилвінілкарінол	4,3
Метилгідропіран, метилтетрагідропірен	5,8
Озон, оксиди азоту, формальдегід	2,0
Оксиди сірки, сірководень, нікель	0,3
Оксиди вуглецю, азоту, формальдегід	0,7
Бутилакрилат, метилметакрилат	0,8
Фтористий водень, солі фтору	0,8
Сірчаний ангідрид, оксиди азоту	0,9
Оксиди сірки, пил, оксиди вуглецю	1,0
Оксиди сірки, вуглецю і азоту, фенол	2,0
Оксиди сірки і фенол	3,5
Оксиди сірки і фтористий водень	0,4

1	2
Аміак, оксиди азоту і сірки	0,8
Будь-які сильні кислоти (соляна, сірчана і т.д.)	1,5
Фенол і метали	1,8
Циклогексан, бензол	2,0
Етилен, пропілен, бутилен, амілен	0,4
Оксиди сірки різної валентності	0,7

*Таблиця 3.4*

**ГДК<sub>с.д.</sub> і класи небезпечності поширених речовин-забруднювачів**

РЕЧОВИНА	ГДК <sub>с.д.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпечності
1	2	3
Тверді речовини (пил)	0,15	4
Оксиди сірки	0,05	3
Оксиди азоту (III, IV)	0,04	3
Оксид азоту (II)	0,06	2
Оксид вуглецю (II)	3,0	4
Аміак	0,04	3
Хлористий водень	0,2	3
Ціанистий водень	0,01	1
Оксид кадмію	0,001	2
Свинець	0,0003	2
Сірководень	0,005	2
Бенз(а)пірен	0,000001	2
Фенол	0,003	4
Формальдегід	0,003	2
Фтористий водень	0,005	2
Азотна кислота	0,001	1
Фреони	0,3	2
Карбонсульфур	0,5	3

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Оксид вуглецю (IV)	10,0	4
Активний хлор	0,0001	2
Метан	0,8	3
Хлориди лужних металів	0,4	3
Нітрати	12,0	2
Сірчана кислота	0,05	1
Оксид азоту (V)	0,5	2
Вугільна кислота	0,5	3
Вуглеводні (прості)	0,1	2
Сполуки ртуті	0,005	1
Метановмісні сполуки	0,4	4

**Таблиця 3.5**

**ГДК деяких шкідливих речовин (I клас небезпеки) в атмосфері населених пунктів, мг/м<sup>3</sup>**

<b>РЕЧОВИНА</b>	<b>ГДК</b>	
	<b>максимально разова</b>	<b>середньодобова</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Нітробензол	0,008	0,008
Сірчистий газ	0,5	0,05
Сірководень	0,008	0,008
Чадний газ	3,0	1,0
Аміак	0,2	0,004
Оксиди азоту	-	0,04
Пил бавовни	0,5	0,04
Пил нетоксичний	0,5	0,15
Пил токсичний	0,2	0,05
Сажа	0,15	0,05
Пари сірчаної кислоти, сульфід	0,3	0,1
Пари фтороводню	0,02	0,005
Формальдегід	-	0,003
Фенол	-	0,003
Пари свинцю, солі свинцю	-	0,0003
Пари ртуті, солі ртуті	-	0,0003
Гексахлоран	0,03	0,003
Метафос	0,001	-
Солі нікелю	-	0,0002
Діоксид селену	-	0,00005
Діоксид телуру	-	0,00001
Хлороформ	-	0,03
Хром (шестивалентний)	0,0015	0,0015
Хлор	0,1	0,03
Хлорид заліза, інші солі	-	0,004
Фосфорний ангідрид	0,15	0,05
Пари оцтової кислоти	0,2	0,06

1	2	3
Оксиди міді, хлориди міді	-	0,002
Ацетон	0,35	0,35
Нафталін	0,003	0,003
Пеніцилін	0,05	0,002

## Розрахунок коефіцієнта небезпечності категорії підприємства (КНП) для промислового підприємства (ПРИКЛАД)

→ **Завдання:** розрахувати коефіцієнт небезпечності категорії підприємства (КНП) для промислового підприємства.

Таблиця 1. ВИХІДНІ ДАНІ

Речовина	Фактична концентрація, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	ГДК мг/м <sup>3</sup>	Ki	Ai
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1024.9	2	12.0	-	1.3
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	713.9	1	0.05	1.5	1.7
N <sub>2</sub> O	169.7	3	0.04	2	1
HNO <sub>3</sub>	1234.9	1	0.001	1.5	1.7
SO <sub>2</sub>	245.2	3	0.05	2	1
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	51.9	1	0.1	-	1.7
NO <sub>2</sub>	754.2	3	0.04	2	1
CH <sub>3</sub> Cl	18.0	4	0.4	-	0.9

Розраховуємо КНП за формулою:

$$КНП = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ГДКсд_i} \right)^{a_i},$$

де: M<sub>i</sub>-маса викиду і-тої речовини, т/рік;

$a_i$ -безрозмірна константа, яка порівнює ступінь токсичності даної речовини із ступенем токсичності сірчистого газу;

$n$ -кількість речовин-забруднювачів;

$$\begin{aligned} K_{НП} &= \left( \frac{1024,9 * 0,00864}{12,0} \right)^{1,3} + \left( \frac{713,9 * 0,00864}{0,05} \right)^{1,7+1,5} + \left( \frac{169,7 * 0,00864}{0,04} \right)^{1+2} + \\ &+ \left( \frac{1234,9 * 0,00864}{0,001} \right)^{1,7+1,5} + \left( \frac{245,2 * 0,00864}{0,05} \right)^{1+2} + \left( \frac{51,9 * 0,00864}{0,1} \right)^{1,7} + \left( \frac{754,2 * 0,00864}{0,04} \right)^{1+2} + \\ &+ \left( \frac{18 * 0,00864}{0,4} \right)^{0,9} = 0,67 + 4917898,8 + 49250,1 + 7,76 + 76066,4 + 12,82 + 4323354,4 + 0,43 = \\ &= 9366591,38. \end{aligned}$$

Отже, числовий показник для визначення КНП підприємства потрапляє в категорію (згідно таблиці 3.2)  $10^8 \cdot 9366591,38 \cdot 10^4$ , тому підприємства є джерелом забруднення середньої небезпеки і відноситься до II категорії небезпечності, для якої ширина СЗЗ повинна становити 500 м. З розрахунків чітко видно, що найбільшу забруднювальну дію на довкілля чинитиме у викидах такий компонент, як  $H_2SO_4$ .

## **2.4. Практична робота № 4. Розрахунок оптимальної висоти джерела викиду (труби чи витяжного каналу вентиляційної системи) для промислового об'єкту**

### **ЗАВДАННЯ:**

**1.** Ознайомитись з методикою розрахунку висоти труби (висоти джерела викиду) на підприємстві та законспектувати основні положення.

**2.** За даними свого варіанту розрахувати оптимальне значення висоти джерела викиду  $H_{\max}$ .

**Висновок: У чому полягає роль та значення даного показника? На основі яких вихідних даних він розраховується?**

### **МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ, ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Значення  $H$  (висоти труби чи витяжного каналу вентиляційної системи), в м, визначається для випадку холодного викиду у першому наближенні за формулою:

$$H = \frac{(A * F * D * C_{\phi})^{3/4}}{8V_1 * (ГДК - C_{\phi})}$$

Ряд показників в даній формулі – це величини, які беруться згідно варіанту та матеріалів попередніх практичних робіт ( $C_{\phi}$  = фактична концентрація речовини-забруднювача у викидах, в  $\text{мг/м}^3$ , ГДК – гранично допустима концентрація цієї ж речовини, в  $\text{мг/м}^3$ )

Інші параметри у формулі залежать від географічного розміщення підприємства та характеристик самого джерела, вони визначаються наступним чином:

$A$  – це коефіцієнт, що залежить від географічної широти місцевості ( $\phi$ ) і вертикальної температурної стратифікації атмосфери і її здатності до

самоочищення. Рекомендовано для розрахунків обрати коефіцієнт А для м. Луцька або для вашого населеного пункту.

Для України:  $A = 160$  ( $\varphi > 52^\circ$  пн. ш.);

$A = 180$  ( $50^\circ < \varphi < 52^\circ$  пн. ш.);

$A = 200$  ( $\varphi < 50^\circ$  пн. ш.);

F – це коефіцієнт, який залежить від швидкості осідання речовин – забруднювачів на поверхню землі.

Для твердих аерозолів  $F = 1$ ;

Для рідких аерозолів  $F = 2$ ;

Для газоподібних речовин  $F = 2,5$ .

$V_1$  – це витрата газів, що викидається з джерела викидів за одиницю часу, в  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Визначення  $V_1$  (витрати газів, що викидаються з джерела викидів за одиницю часу) :

$$V_1 = (\pi * D^2 * W_o) / 4 \quad (\text{м}^3/\text{с}),$$

де: D – це діаметр устя джерела викиду (діаметр труби), в м (для загального випадку приймаємо  $D = 1$  м);  $\pi = 3,14$ .

$W_o$  – це середня швидкість виходу газів з джерела, в м/с (для загального випадку приймаємо  $W_o = 3$  м/с).

**Показник Н визначаємо для кожної речовини-забруднювача, що є у викидах підприємства.** Значення Н розраховують для усіх речовин-забруднювачів згідно варіанту, а потім з одержаних результатів вибирають найбільший показник. Ця величина буде висотою джерела викиду, рекомендованою для вашого підприємства, якщо викид є холодним.

**У переважній більшості випадків викид не є холодним (ми також проводимо розрахунок з урахуванням підігрітих газів, що містяться у викидах підприємства).**

Якщо викид не є холодним, то додатково розраховують величину показника х:

$$X = W_0 * (10 * D / (T_o - T_v))^{1/2}$$

де  $T_o$  – середня температура самого теплого місяця року (для нашої місцевості це  $t_{\text{липня}} = +18^\circ\text{C}$ );

$T_v$  – це температура вихідних газів викиду;  $T_v = 25^\circ\text{C}$  (середнє значення, яке приймається для загального випадку).

*Якщо  $H < X$ , то  $H_{\text{max}}$  приймається як шукана висота труби.*

*Якщо  $H > X$ , то до значення  $H$  вводиться поправка на  $T^0$ , яка обчислюється за формулою:*

$$X_T = (H_{\text{max}}/2) * (n/m)^{3/4}$$

**Після цього кінцеве значення  $H_{\text{max}}$  визначається як:**

$$H_{\text{max.кінцеве}} = H_{\text{max}} - X_T, \text{ м}$$

## **2.5. Практична робота № 5. Розрахунок основних параметрів та побудова індикатриси розсіювання викидів від стаціонарного джерела**

### **ЗАВДАННЯ:**

**1.** Ознайомитись з методикою розрахунку параметрів індикатриси забруднення атмосферного повітря та побудови її графіка, законспектувати основні положення.

**2.** За даними свого варіанту розрахувати значення додаткових параметрів для побудови індикатриси забруднення та рози вітрів у даній місцевості.

**3.** Побудувати на міліметровому папері графік індикатриси забруднення з накладеним на нього графіком рози вітрів. Провести порівняльний аналіз графічних елементів.

**Висновок: У чому полягає роль та значення індикатриси забруднення? На основі яких вихідних даних вона розраховується та будується?**

### **МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ, ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Індикатриси забруднення атмосфери – це графік, що показує імовірнісний характер географічного розподілу та поширення речовин-забруднювачів від джерела викиду у просторі.

Побудова індикатриси забруднення (її прогнозної графічної моделі) тісно пов'язана з типом рози вітрів у даній місцевості.

Графік індикатриси забруднення накладають на графік рози вітрів, порівнюють та спів ставляють їх параметри і конфігурацію, а тоді роблять висновки про можливий характер географічного розподілу та поширення речовин-забруднювачів від даного джерела (труба підприємства, витяжний канал вентиляційної системи тощо).

Побудова індикатрис забруднення для промислових підприємств, що дають викиди в атмосферу, є обов'язковим етапом при розрахунку обсягів

викидів забруднюючих речовин, побудові СЗЗ та складанні ОВД (оцінки впливу об'єкта на навколишнє природне середовище, чи довкілля).

### **Етапи побудови рози вітрів:**

- 1) проаналізувати таблицю даних щодо повторюваності вітрів різних напрямків у даному населеному пункті та розкинути число днів з вітром неосновних румбів по 8 основних румбах,
- 2) у вибраному масштабі відкласти на променях графіка рози вітрів середньорічне число днів з переважанням вітру певного румба,
- 3) сполучити 8 отриманих точок прямими лініями. Отримана двовимірна фігура і є розою вітрів, яка характеризує вітровий режим у даній місцевості.

Детальніше методика побудови рози вітрів аналізується в методичних вказівках до циклу практичних робіт з курсу «Метеорологія і кліматологія».

### **Етапи побудови індикатриси розсіювання:**

1. Розрахувати для кожної речовини-забруднювача, що міститься у викидах підприємства, значення параметра  $g_{\text{розсіюв.}}$ :

$$g_{\text{розсіюв.}} = (A * F * n * (0,5D)^2)^{1/2} / (V_1^2 * (\Gamma_{\text{ДК}} - C_{\text{ф}})) * C_{\text{ф}} * H_{\text{мах}}$$

Всі показники й параметри даного виразу були розшифровані та розраховувались чи надавалися у попередніх практичних роботах (див. практичні роботи № 3 – 4), крім параметру  $n$ .

Параметр  $n$  (коефіцієнт впливу) залежить від додаткових показників:  $f$ ,  $V_m$ ,  $V'_m$ ,  $fe$ . Ці додаткові показники визначаються за співвідношеннями:

$$f = (1000 * W_o * D) / (H^2 * \Delta T);$$

$$V_m = 0.65 * \frac{\sqrt[3]{\Delta T * V_1}}{H};$$

$$V'_m = \frac{1.3 * W_o * D}{H};$$

$$fe = 800 * (V'_m)^3;$$

### Порядок обчислення параметра $n$ :

1. Якщо  $V_m > 0,5$ , то  $n = (0,532 * V_m^2) - (2,13 * V_m) + 3,13$ ;
2. Якщо  $V_m < 0,5$ , то  $n = 4.4 * V_m$ .

2. Знайти середнє значення параметра  $g_{розсіюв.}$  у викидах (як середнє арифметичне для  $n$ -ої кількості речовин - забруднювачів)

3. Знайти довжину променів індикатриси забруднення по кожному з 8 основних румбів за формулою:

$$J_n = g_{розсіюв.n} / W_n,$$

де  $W_n$  – число днів з переважаючим вітром даного румбу в пункті.

Результати розрахунку оформити у вигляді таблиці.

4. На міліметровому папері у вибраному масштабі побудувати промені індикатриси забруднення, сполучивши їх кінцеві точки плавною лінією. Накласти графік індикатриси та рози вітрів по даному населеному пункту і проаналізувати їх характер і взаємозв'язки при оцінці поширення викидів забруднюючих речовин.

## МОДУЛЬ 2

### **2.6. Практична робота № 6. Розрахунок суми відшкодування збитків, що заподіяні в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами**

#### **ЗАВДАННЯ:**

**1.** Ознайомитись з методикою розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів (без відповідного дозволу) забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами певного суб'єкту господарювання та законспектувати основні положення.

**2.** За даними свого варіанту розрахувати значення розмірів відшкодування збитків, приймаючи фактичні викиди, подані у варіанті, як наднормативні.

**Висновок: У чому полягає роль та значення даної процедури, встановленої законом для суб'єктів господарювання? На основі яких вихідних даних розраховуються суми відшкодування збитків та від яких параметрів вони залежать найбільше?**

#### **МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ, ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря (далі - **Методика**), була прийнята та затверджена наказом *Міністерства енергетики та захисту довкілля України* від 28 квітня 2020 року (наказ № 277). Розглянемо її основні положення.

Розрахунок розмірів відшкодування збитків за наднормативні викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря (без відповідного дозволу) визначається за наступною формулою Методики:

$$З = m_i \times 1,1 \Pi \times A_i \times K_T \times K_{zi} \quad (6.1)$$

де:

$Z$  – розмір збитків, грн.

$m_i$  - маса наднормативного викиду  $i$ -тої забруднюючої речовини, т;

$1,1 \Pi$  - розмір мінімальної заробітної плати ( $\Pi$ ) на дату виявлення порушення за одну тонну умовної забруднюючої речовини, помноженої на коефіцієнт (1,1), грн/т;

$$1,1\Pi = 1,1 \times 6000 = 6600 \text{ грн/т}$$

Відповідно до статті 8 Закону України "Про державний бюджет України на 2021 рік" розмір мінімальної заробітної плати (на час фіксування порушення) становить - " $\Pi$ "- 6000 грн. (*примітка: актуальну суму мінімальної заробітної плати слід встановити самостійно, з використанням відкритих джерел інформації*);

$A_i$  - безрозмірний показник відносної небезпечності  $i$ -тої забруднюючої речовини, визначається із співвідношення за наступною формулою Методики:

$$A_i = 1/\text{ГДК}_i$$

$$\text{або } A_i = 1/\text{ОБРВ}_i$$

де:  $\text{ГДК}_i$  – середньодобова гранично допустима концентрація або орієнтовно безпечний рівень впливу (ОБРВ)  $i$  - тої забруднюючої речовини, мг/м<sup>3</sup>.

$K_T$  – коефіцієнт, що враховує територіальні соціально-екологічні особливості території, визначається за наступною формулою Методики:

$$K_T = K_{\text{нас}} \times K_{\text{ф}},$$

де:

$K_{\text{нас}}$  – коефіцієнт, що залежить від чисельності жителів населеного пункту та визначається згідно з додатком № 1 Методики.

Чисельність населення м. Луцьк становить менше 250 тисяч чоловік. Відповідно, для населених пунктів даної категорії:

$$K_{\text{нас}} = 1,2$$

$K_{\text{Ф}}$  – коефіцієнт, що враховує народногосподарське значення населеного пункту та визначається згідно з додатком № 2 Методики. Для м. Луцька:

$$K_{\text{Ф}} = 1,25$$

Таким чином,

$$K_{\text{Т}} = 1,2 \times 1,25 = 1,5$$

$K_{zi}$  - коефіцієнт, що залежить від рівня забруднення атмосферного повітря населеного пункту (м. Луцьк)  $i$  - тою забруднюючою речовиною, визначається за наступною формулою Методики:

$$K_{zi} = \rho_{Vi} / \text{ГДК}_{\text{сд}_i}$$

де  $\rho_{Vi}$  - середньорічна концентрація  $i$ -тої забруднюючої речовини за даними прямих інструментальних вимірів на стаціонарних постах державної системи моніторингу гідрометслужби населеного пункту за попередній рік, який передує розрахунковому,  $\text{мг/м}^3$ ;

$\text{ГДК}_{\text{сд}_i}$  - середньодобова гранична допустима концентрація  $i$ -тої забруднюючої речовини, ( $\text{мг/м}^3$ ).

У разі, якщо в даному населеному пункті інструментальні вимірювання концентрації даної забруднюючої речовини не виконуються, а також якщо рівні забруднення атмосферного повітря населеного пункту  $i$ -тою забруднюючою речовиною не перевищують ГДК, значення коефіцієнта  $K_{zi}$  приймається рівним одиниці.

Наприклад, для азоту діоксиду коефіцієнт  $K_{zi}$  за даними прямих

інструментальних інструментальних вимірів на стаціонарних постах м. Луцьк становив:

Рік	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
$K_{zi}$	2,54	2,58	2,37	2,06	1,73	2,02	2,11	1,97	2,15

Визначення маси викиду забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел здійснюється по наступній формулі Методики:

$$m_i = 3,6 \times 10^{-3} \times (q_{mi} - q_{m \text{ норм}}) \times T$$

де:

$m_i$  - маса викиду  $i$ -тої забруднюючої речовини в атмосферне повітря від джерела викиду цієї забруднюючої речовини, т;

$q_{mi}$  - середнє арифметичне значення результатів вимірювань масової витрати  $i$ -тої забруднюючої речовини трьох послідовно відібраних об'єднаних проб, г/с;

$q_{m \text{ норм}}$  - значення затвердженого нормативу викиду  $i$ -тої забруднюючої речовини, наведеного в дозволі на викид, г/с;

$T$  - час роботи джерела викиду  $i$ -тої забруднюючої речовини в режимі наднормативного викиду, год.

Визначення маси викиду забруднюючих речовин в атмосферне повітря здійснюється відповідно звіту інвентаризації стаціонарних джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, документів у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами та листа про фактичний час роботи стаціонарних джерел викидів.

*У таблиці 6.1 наводиться приклад розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів (без відповідного дозволу) забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами від деякого суб'єкта господарювання.*

**Розрахунок розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів (без відповідного дозволу) забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами НАЗВА СУБ'ЄКТА ГОСПОДАРЮВАННЯ за період ЗДІЙСНЕННЯ НАДНОРМАТИВНИХ ВИКИДІВ (з \_\_\_\_\_ по \_\_\_\_\_)**

Розрахунок збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами (без відповідного дозволу) НАЗВА СУБ'ЄКТА ГОСПОДАРЮВАННЯ, ВІДОКРЕМЛЕНОГО ПІДРОЗДІЛУ (фактичне місцезнаходження об'єкта: ЗНАХОДЖЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ПОТУЖНОТЕЙ АДРЕСА) проведено на підставі:

Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря (далі - Методика), затвердженої наказом Міністерства енергетики та захисту довкілля України від 28 квітня 2020 року № 277;

Акту перевірки дотримання вимог природоохоронного законодавства НАЗВА СУБ'ЄКТА ГОСПОДАРЮВАННЯ від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_;

Матеріалів про фактичний час роботи стаціонарних джерел викидів (довідки, листи, лабораторні дослідження, журнали обліку та ін.).

Назва та номер джерела викиду, по якому допущено наднормативний викид	Назва забруднюючих речовин, що викидалися понад нормативу	Величина масової витрати г/сек		Т, год.	т, тонн	ГДК <sub>i</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Δi	I, II, грн./т	Регулюючі коефіцієнти		Загальна сума збитку, З, грн.
		середнє значення Q <sub>мі</sub>	значення затвердженого нормативу Q <sub>норм</sub>						K <sub>r</sub>	K <sub>зі</sub>	
Дж. №1 (димова труба, котлоагрегат газовий)	2017										
	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,044	0	186	0,0294624	0,04	25	6600	1,5	2,54	18521,54
	Оксид вуглецю	0,036	0	186	0,0241056	3	3,3333	6600	1,5	1	795,48
2018											

Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,044	0	534	0,0845856	0,04	25	6600	1,5	2,58	54012,13
Оксид вуглецю	0,036	0	534	0,0692064	3	3,3333	6600	1,5	1	2283,81
2019										
Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,044	0	534	0,0845856	0,04	25	6600	1,5	2,37	49615,80
Оксид вуглецю	0,036	0	534	0,0692064	3	3,3333	6600	1,5	1	2283,81
2020										
Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,044	0	540	0,085536	0,04	25	6600	1,5	2,06	43610,53
Оксид вуглецю	0,036	0	540	0,069984	3	3,3333	6600	1,5	1	2309,47
2021										
Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,044	0	348	0,0551232	0,04	25	6600	1,5	1,73	23602,38
Оксид вуглецю	0,036	0	348	0,0451008	3	3,3333	6600	1,5	1	1488,33
<b>Всього</b>										198523,28
2017										
Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,045	0	186	0,030132	0,04	25	6600	1,5	2,54	18942,48
Оксид вуглецю	0,037	0	186	0,0247752	3	3,3333	6600	1,5	1	817,58
2018										
Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,045	0	534	0,086508	0,04	25	6600	1,5	2,58	55239,68
Оксид вуглецю	0,037	0	534	0,0711288	3	3,3333	6600	1,5	1	2347,25
2019										

Дж. №3 (димова труба, котлоагрегат газовий)	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,045	0	534	0,086508	0,04	25	6600	1,5	2,3 7	50743,43
	Оксид вуглецю	0,037	0	534	0,071128 8	3	3,33 33	6600	1,5	1	2347,25
	2020										
	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,045	0	540	0,08748	0,04	25	6600	1,5	2,0 6	44601,68
	Оксид вуглецю	0,037	0	540	0,071928	3	3,33 33	6600	1,5	1	2373,62
	2021										
	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,045	0	348	0,056376	0,04	25	6600	1,5	1,7 3	24138,79
	Оксид вуглецю	0,037	0	348	0,046353 6	3	3,33 33	6600	1,5	1	1529,67
<b>Всього</b>											203081,44

Таким чином, загальна сума збитків за наднормативні викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами

**НАЗВА СУБ'ЄКТА ГОСПОДАРЮВАННЯ** становить:

$$З = 198523,28 + 203081,44 = 401\ 604,72 \text{ грн.}$$

Розрахунок виконав:

Інспектор Петренко П.П.

**Примітка:** при розрахунку практичної роботи за варіантом, у випадку відсутності інформації щодо коефіцієнтів  $K_{зі}$ ,  $q_{мі}$ ,  $q_{м \text{ норм}}$ , та  $T$  для вашої речовини – використовувати дані з прикладу.

## 2.7. Практична робота № 7. Розрахунок суми муніципальних платежів за газоподібні викиди підприємства

### ЗАВДАННЯ:

1. Ознайомитись з методикою розрахунку суми муніципальних платежів за викиди забруднюючих речовин для промислового підприємства, законспектувати основні положення.

2. За даними свого варіанту розрахувати значення суми муніципальних платежів за нормативні і понаднормові викиди підприємства.

3. Визначити загальну річну суму платежів підприємства у бюджет міста.

**Висновок: У чому полягає роль та значення муніципальних платежів? На основі яких вихідних даних вони розраховуються?**

### МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ, ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

У містах України для підприємств, які розташовані в межах міст і мають встановлені обсяги викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря, можуть визначатися і стягуватися муніципальні платежі за нормовані та понаднормові викиди. Переважно така практика є у великих промислових містах, із значними рівнями впливу суб'єктів господарювання на довкілля.

*Сума муніципальних платежів визначається за такими етапами:*

*1 етап.* Визначення суми платежів за нормовані викиди:

$$P_n = K_i * C_i \sum_{i=1}^n M_i * A, \quad (8.1)$$

де  $K_i$  – коефіцієнт, який залежить від категорії небезпечності підприємства (I-5, II – 4, III – 3, IV – 2). Даний коефіцієнт – береться відповідно до визначеного КНП за своїм варіантом у практичній роботі № 3.

$C_n$  – ставка платежів за нормативно-допустимий викид, в гривнях, за умовну тону на рік (приймаємо для Луцька 800 гр).

$M_i$  – нормативно-допустимі викиди  $i$ -тої речовини- забруднювача:

$$M_i = C_f * 10^{-6} * 300 * 8 * 60 * 60 \quad (8.1)$$

$A_i$  – показник чи коефіцієнт відносної агресивності речовини.

Він характеризується відношенням ГДК даної речовини до ГДК  $SO_2$ . Оксид сірки виступає еталонною речовиною за показником токсичності в ряді екологічних розрахунків:

$$A_i = \text{ГДК}(SO_2) / \text{ГДК}_i, \text{ де: } \text{ГДК}_{SO_2} = 0.05 \text{ мг} / \text{м}^3 \quad (8.2)$$

**2 етап.** Визначення суми платежу за понаднормові викиди речовин-забруднювачів.

$$P_{n.n.} = K_i * C_{n.n.} * \sum_{i=1}^n M_{n.n.} * A_i, \quad (8.3)$$

де  $C_{n.n.}$  – ставка платежу за понаднормові викиди (  $C_{n.n.}=500$  грн./т ).

$M_{n.n.}$  – обсяг понаднормових викидів

Приймаємо, що:

$$M_{n.n.} = 50\% C_f$$

**3 етап.** Розрахунок загальної суми муніципальних платежів до міського бюджету за викиди забруднюючих речовин.

$$P_{\Sigma} = P_n + P_{n.n.} \quad (8.4)$$

## ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ:

**Завдання:** розрахувати суму муніципальних платежів за газоподібні викиди підприємства для м. Луцька, якщо відомо, що фактичні викиди речовин - забруднювачів наступні:

№	Речовина	$C_{\phi}$ , мг/м <sup>3</sup>
1	H <sub>2</sub> S	0,04
2	Пил нетоксичний	1,33
3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,19
4	SO <sub>3</sub>	1,36
5	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	2,7
6	CO <sub>2</sub>	2,97
7	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,032
8	CO	3,02

## РОЗРАХУНКИ:

Визначаємо суму платежу за нормативні викиди речовин - забруднювачів:

$$P_n =$$

$$= 4 \cdot 200 \cdot (0,35 \cdot 10 + 11,5 \cdot 0,3 + 10,3 + 11,8 + 23,3 \cdot 0,1 + 25,7 \cdot 0,005 + 0,28 \cdot 0,1 + 26,1 \cdot 0,02) = 9617,55 \text{ грн}$$

де:

$$M_i = C_{\phi} \cdot 10^{-6} \cdot 300 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60:$$

$$M_i(\text{H}_2\text{S}) = 0,04 \cdot 10^{-6} \cdot 300 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60 = 0,35 \text{ м / р ;}$$

$$M_i(\text{пил}) = 1,33 \cdot 10^{-6} \cdot 300 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60 = 11,5 \text{ м / р ;}$$

$$M_i(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,19 \cdot 10^{-6} \cdot 300 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60 = 10,3 \text{ м / р ;}$$

$$M_i(\text{SO}_3) = 1,36 \cdot 10^{-6} \cdot 300 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60 = 11,8 \text{ м / р ;}$$

$$M_i(\text{CH}_3)_2\text{S} = 2,7 \cdot 10^{-6} \cdot 300 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60 = 23,3 \text{ м / р ;}$$

$$M_i(\text{CO}_2) = 2,97 \cdot 10^{-6} \cdot 300 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60 = 25,7 \text{ м / р ;}$$

$$M_i(\text{H}_3\text{CO}_3) = 0,032 \cdot 10^{-6} \cdot 300 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60 = 0,28 \text{ м / р ;}$$

$$M_i(\text{CO}) = 3,02 \cdot 10^{-6} \cdot 300 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60 = 26,1 \text{ м / р ;}$$

$A_i$  - коефіцієнт відносної агресивності речовини, характеризує відносну токсичність даної речовини – забруднювача порівняно з еталонною речовиною – оксидом сірки (IV):

$$A_i = \frac{ГДК_{SO_2}}{ГДК_i}$$

$$ГДК_{SO_2} = 0,05 \text{ мг/м}^3:$$

$$A(H_2S) = \frac{0,05}{0,005} = 10;$$

$$A_i(\text{пил}) = \frac{0,05}{0,15} = 0,3;$$

$$A_i(H_2SO_4) = \frac{0,05}{0,05} = 1;$$

$$A_i(SO_3) = \frac{0,05}{0,05} = 1;$$

$$A_i(CH_3)_2S = \frac{0,05}{0,5} = 0,1;$$

$$A_i(CO_2) = \frac{0,05}{10} = 0,005;$$

$$A_i(H_3CO_3) = \frac{0,05}{0,5} = 0,1;$$

$$A_i(CO) = \frac{0,05}{3} = 0,02;$$

Визначаємо суму платежу за понаднормативні викиди речовин - забруднювачів:

$$П_{nn} = K_i \cdot Ц_{n,n} \cdot \sum_{i=1}^n M_{n,n} \cdot A_i:$$

$Ц_{nn}$  - ставка платежу за понаднормативні викиди, для м. Луцька приймаємо 500грн/т,

$M_{n,n}$  - обсяг понаднормативних викидів:

$$П_{nn} = 4 \cdot 500 \cdot (0,02 \cdot 10 + 0,665 \cdot 0,3 + 0,595 + 0,68 + 1,35 \cdot 0,1 + 1,485 \cdot 0,005 + 0,016 \cdot 0,1 + 1,51 \cdot 0,02) = 1478,64 \text{ грн}$$

$$M_{n,n} = 50\% \cdot C\phi:$$

$$M_{nn}(\text{H}_2\text{S}) = 0,04 \cdot 0,5 = 0,02 \text{ m / p ;}$$

$$M_{nn}(\text{пил}) = 1,33 \cdot 0,5 = 0,665 \text{ m / p ;}$$

$$M_{nn}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,19 \cdot 0,5 = 0,595 \text{ m / p ;}$$

$$M_{nn}(\text{SO}_3) = 1,36 \cdot 0,5 = 0,68 \text{ m / p ;}$$

$$M_{nn}(\text{CH}_3)_2\text{S} = 2,7 \cdot 0,5 = 1,75 \text{ m / p ;}$$

$$M_{nni}(\text{CO}_2) = 2,97 \cdot 0,5 = 1,489 \text{ m / p ;}$$

$$M_i(\text{H}_3\text{CO}_3) = 0,032 \cdot 0,5 = 0,016 \text{ m / p ;}$$

$$M_i(\text{CO}) = 3,02 \cdot 0,5 = 1,51 \text{ m / p ;}$$

Розраховуємо загальну суму муніципальних платежів за викиди підприємства:

$$P_{\Sigma} = P_n + P_{nn} :$$

$$P_{\Sigma} = 9617,55 + 1478,64 = 11096,19 \text{ грн}$$

**Отже, загальна сума становить 11096,19 грн.**

## **2.8. Практична робота № 8. Розрахунок розміру шкоди, зумовленої неорганізованими викидами забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок руйнування резервуарів для зберігання паливо-мастильних матеріалів, через настання надзвичайної ситуації**

### **ЗАВДАННЯ:**

**1.** Ознайомитись з методикою розрахунку розміру шкоди, зумовленого неорганізованими викидами забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря на території суб'єкту господарювання, внаслідок руйнування резервуарів для зберігання паливо-мастильних матеріалів *(дана методика застосовується до випадків настання надзвичайних ситуацій, спричинених військовою агресією Російської федерації на території України)*. Законспектувати основні положення.

**2.** За даними свого варіанту розрахувати значення розміру шкоди.

**Висновок:** У чому полягає роль та значення визначення збитків, спричинених військовою агресією Російської федерації на території України внаслідок забруднення довкілля? На основі яких вихідних даних вони розраховуються?

### **ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Розрахунок неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря від джерела викиду та розрахунку розмірів шкоди, внаслідок надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану проводиться на підставі:

- Методики розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок

виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди (далі - Методика), затвердженої наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 13.04.2022 (наказ № 175);

- Матеріалів, на основі яких проводиться розрахунок (листи, акти огляду, обстеження, довідки та ін.)

### **ПРИКЛАД**

довідки про кількість витікання та послідуючого згорання дизельного палива внаслідок ракетного удару

*При складанні Довідки використано Лист від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_ ГУ ДСНС України у Волинській області про час тривалості ліквідації пожежі та проведення аварійно-рятувальних робіт внаслідок ракетних обстрілів, спричинених військовою агресією російської федерації на території Волинської області.*

Розрахунок маси неорганізованих викидів кожної забруднюючої речовини або суміші таких речовин (Мі викид) в атмосферне повітря від джерела викиду, здійснюється за наступною формулою Методики:

$$\mathbf{M_i \text{ викид} = q_i \times M_{ci},} \quad (8.1)$$

де, **i** - забруднююча речовина або суміш таких речовин (СО, NO<sub>x</sub> та ін);

- питомий показник викиду забруднюючої речовини або суміші

**q<sub>i</sub>** таких речовин, визначається згідно з додатком 1 до цієї Методики, т/т;

**M<sub>ci</sub>** - маса згорілої речовини, т.

**Розрахунок маси неорганізованих викидів кожної забруднюючої речовини або суміші таких речовин (Мі викид) в атмосферне повітря (приклад)**

Назва забруднюючих речовин		Qi	Mci	Мі викид
		Коефіцієнт питомих викидів при спалюванні нафти, нафтопродуктів та газу, т/т	Маса згорілої речовини, т	Мі викид, т
1	2	3	4	5
NOx	Азоту діоксид	0,0014	993,72	1,391208
NH3	Аміак	0,000003		0,00298116
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000013		0,01291836
CO2	Вуглецю діоксид	3,4498184		3428,15354
CO	Вуглецю оксид	0,0063		6,260436
NM VOC	НМЛОС	0,0018		1,788696
ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,0026		2,583672
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,0000049		0,004869228
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,00002		0,0198744
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,0000047		0,004670484
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,0000038		0,003776136
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,0000013		0,001291836
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,0000016		0,001589952
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000038		0,03776136
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,0000004		0,000397488
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,00052		0,5167344
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	3,02E-11	3,00103E-08	

Розмір шкоди розраховується за формулою (8.2) Методики:

$$R_{ш} = M_{і \text{ викид}} \times C_{п} \times K_{неб} \times K_{в} \times K_{мп} \times K_{пп}, \quad (8.2)$$

**R<sub>ш</sub>** - розмір шкоди, грн;

**M<sub>і викид</sub>** - маса неорганізованого викиду забруднюючої речовини або суміші таких речовин в атмосферне повітря, внаслідок надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану, т;

**C<sub>п</sub>** - ставка податку за неорганізовані викиди забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря відповідно до ст. 243 Податкового кодексу України, грн/т;

**K<sub>неб</sub>** - коефіцієнт класу небезпеки забруднюючих речовин або

суміші таких речовин, визначається згідно з додатком 3 до цієї Методики;

**Кв** - коефіцієнт впливу на довкілля в залежності від тривалості події, визначається згідно з додатком 4 до цієї Методики;

**Кмп** - коефіцієнт, що залежить від масштабу подій, визначається згідно з додатком 5 до цієї Методики;

**Кпп** - коефіцієнт, що залежить від характеру походження події, визначається згідно з додатком 6 до цієї Методики.

**Таблиця 8.2.**

**Розрахунок розміру шкоди неорганізованих викидів кожної забруднюючої речовини або суміші таких речовин в атмосферне повітря (приклад)**

Назва забруднюючих речовин		Мі викид	Сп	Кнеб	Кв	Кмп	Кпп	Рш
		Мі викид, т	Сума екоподатку, грн/тон	Коефіцієнт небезпеки забруднюючих речовин	Коефіцієнт впливу на довкілля	Коефіцієнт масштабу події	Коефіцієнт характеру походження події	Розмір шкоди, грн
NOX	Азоту діоксид	1,391208	2574,43	3	6	4	10	2578728,68
NH3	Аміак	0,00298116	482,84	2				690,92
SOx	Ангідрид сірчистий	0,01291836	2574,43	3				23945,34
CO2	Вуглецю діоксид	3428,15354	30	2				49365410,98
CO	Вуглецю оксид	6,260436	96,99	2				291455,85
NM VOC	НМЛЮС	1,788696	145,5	2				124922,53
ОКВЧ + РМ10 + РМ2,5 (Сажа)	Тверді речовини	2,583672	96,99	3				180425,05
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,004869228	109127,84	5				637642,00
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,0198744	20376,23	5				485958,41
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,004670484	109127,84	5				611615,80
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,003776136	4216,92	4				15286,72
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,001291836	69113,38	5				107139,78
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,001589952	4216,92	4	6436,51			
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,03776136	103816,62	4	3763446,49			
Se	Селену діоксид (у перерахунку)	0,000397488	18413,24	5	8782,85			

	на селен)						
Zn	Цинку оксид ( у перерахунку на цинк)	0,5167344	628,32	3			233765,68
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	3,00103E-08	3277278,63	5			118,02

Загальний розмір **Рш (заг)** шкоди, розраховується як сума розмірів шкоди, за неорганізований викид в атмосферне повітря за сумарним показником кожної забруднюючої речовини або сумішей таких речовин.

<b>Рш (заг)</b>	<b>Загальний розмір шкоди</b>	<b>58 435 771,62 грн.</b>
-----------------	-------------------------------	---------------------------

Загальний розмір шкоди, за неорганізований викид в атмосферне повітря за сумарним показником кожної забруднюючої речовини або сумішей таких речовин, зумовлений згоранням нафтопродуктів на території назва суб'єкта господарювання, територіального підрозділу, адреса місця розміщення, внаслідок руйнування резервуарів для зберігання паливо-мастильних матеріалів, через настання надзвичайної ситуації спричиненою військовою агресією Російської федерації на території України 58 435 771,62 грн. (п'ятдесят вісім мільйонів чотириста тридцять п'ять тисяч сімсот сімдесят одна гривня шістдесят дві копійки).

*Розрахунки за наведеною методикою здійснюються за даними окремих варіантів до цієї практичної роботи, що наведені у табл. 8.1. Для виконання завдань даної роботи студенти об'єднуються в групи по 2-3 осіб і розв'язують завдання за одним із запропонованих варіантів, заповнюючи свій фрагмент таблиці 8.3, а тоді розробляючи свою таблицю, за прикладом табл. 8.2.*

**Таблиця 8.3**

**Варіанти завдань для виконання практичної роботи № 8**

Назва забруднюючих речовин		Qi	Mci	Mi викид
		Коефіцієнт питомих викидів при спалюванні нафти, нафтопродуктів та газу, т/т	Маса згорілої речовини, т	Mi викид, т
1	2	3	4	5
<b>ВАРІАНТ 1</b>				
NOX	Азоту діоксид	0,0023	772,54	
NH3	Аміак	0,000001		
SOx	Ангідрид сірчистий	0,0001		
CO2	Вуглецю діоксид	3,229915		
CO	Вуглецю оксид	0,0052		
NM VOC	НМЛОС	0,0014		
ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,0022		

Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,0000034		
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,00019		
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,0000029		
As	Миш'як, неорганічні сполуки ( у перерахунку на миш'як)	0,0000025		
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,0000012		
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,0000028		
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,0000081		
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,0000002		
Zn	Цинку оксид ( у перерахунку на цинк)	0,00632		
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	3,01E-11		
<b>Назва забруднюючих речовин</b>		<b>Qi</b>	<b>Mci</b>	<b>Мі викид</b>
		<b>Коефіцієнт питомих викидів при спалюванні нафти, нафтопродуктів та газу, т/т</b>	<b>Маса згорілої речовини, т</b>	<b>Мі викид, т</b>
<b>ВАРІАНТ 2</b>				
NOX	Азоту діоксид	0,0027	1004,23	
NH3	Аміак	0,000005		
SOx	Ангідрид сірчистий	0,00004		
CO2	Вуглецю діоксид	3,8504327		
CO	Вуглецю оксид	0,0052		
NMVOC	НМЛОС	0,0023		
OKBЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,0017		
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,0000039		
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,00001		
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,0000028		
As	Миш'як, неорганічні сполуки ( у перерахунку на миш'як)	0,0000042		
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,0000017		
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,0000014		
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000044		
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,0000008		
Zn	Цинку оксид ( у перерахунку на цинк)	0,00062		
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	3,04E-11		
<b>Назва забруднюючих речовин</b>		<b>Qi</b>	<b>Mci</b>	<b>Мі викид</b>
		<b>Коефіцієнт питомих викидів при спалюванні нафти, нафтопродуктів та газу, т/т</b>	<b>Маса згорілої речовини, т</b>	<b>Мі викид, т</b>
<b>ВАРІАНТ 3</b>				
NOX	Азоту діоксид	0,002	837,52	

NH3	Аміак	0,000004		
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000015		
CO2	Вуглецю діоксид	3,394621		
CO	Вуглецю оксид	0,0042		
NM VOC	НМЛОС	0,0013		
ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,0029		
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,0000052		
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,000032		
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,0000042		
As	Миш'як, неорганічні сполуки ( у перерахунку на миш'як)	0,0000033		
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,0000014		
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,0000023		
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000045		
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,00000032		
Zn	Цинку оксид ( у перерахунку на цинк)	0,00064		
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	3,17E-11		
Назва забруднюючих речовин		<b>Qi</b>	<b>Mci</b>	<b>Мі викид</b>
		<b>Коефіцієнт питомих викидів при спалюванні нафти, нафтопродуктів та газу, т/т</b>	<b>Маса згорілої речовини, т</b>	<b>Мі викид, т</b>
<b>ВАРІАНТ 4</b>				
NOX	Азоту діоксид	0,0024	1300,45	
NH3	Аміак	0,000006		
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000029		
CO2	Вуглецю діоксид	5,400358		
CO	Вуглецю оксид	0,0049		
NM VOC	НМЛОС	0,0029		
ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,0035		
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,000071		
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,00005		
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,00006		
As	Миш'як, неорганічні сполуки ( у перерахунку на миш'як)	0,0000053		
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,0000039		
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,0000028		
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,0003		
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,0000029		
Zn	Цинку оксид ( у перерахунку на цинк)	0,00073		
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	4,05E-11		
		<b>Qi</b>	<b>Mci</b>	<b>Мі викид</b>

Назва забруднюючих речовин		Коефіцієнт питомих викидів при спалюванні нафти, нафтопродуктів та газу, т/т	Маса згорілої речовини, т	Мі викид, т
<b>ВАРІАНТ 6</b>				
NOX	Азоту діоксид	0,0032	1535,4	
NH3	Аміак	0,000006		
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000032		
CO2	Вуглецю діоксид	5,52887109		
CO	Вуглецю оксид	0,0073		
NM VOC	НМЛОС	0,0043		
ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,0038		
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,0000083		
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,00072		
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,0000061		
As	Миш'як, неорганічні сполуки ( у перерахунку на миш'як)	0,0000054		
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,0000012		
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,0000014		
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000045		
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,0000005		
Zn	Цинку оксид ( у перерахунку на цинк)	0,0005		
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	5,75E-11		
Назва забруднюючих речовин		<b>Qi</b>	<b>Mci</b>	<b>Мі викид</b>
		Коефіцієнт питомих викидів при спалюванні нафти, нафтопродуктів та газу, т/т	Маса згорілої речовини, т	Мі викид, т
<b>ВАРІАНТ 7</b>				
NOX	Азоту діоксид	0,0011	650,8	
NH3	Аміак	0,000002		
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000011		
CO2	Вуглецю діоксид	2,0098325		
CO	Вуглецю оксид	0,0045		
NM VOC	НМЛОС	0,0012		
ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,0018		
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,0000031		
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,00001		
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,0000035		
As	Миш'як, неорганічні сполуки ( у перерахунку на миш'як)	0,0000034		
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,0000012		
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,0000013		
Ni	Нікелю оксид (у	0,000029		

	перерахунку на нікель)			
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,0000003		
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,00038		
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	2,11E-11		
Назва забруднюючих речовин		<b>Qi</b>	<b>Mci</b>	<b>Мі викид</b>
		Коефіцієнт питомих викидів при спалюванні нафти, нафтопродуктів та газу, т/т	Маса згорілої речовини, т	Мі викид, т
<b>ВАРІАНТ 8</b>				
NOX	Азоту діоксид	0,002	785,36	
NH3	Аміак	0,000004		
SOx	Ангідрид сірчистий	0,00001		
CO2	Вуглецю діоксид	3,00457221		
CO	Вуглецю оксид	0,0043		
NMVOС	НМЛОС	0,0014		
OKBЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,0019		
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,0000038		
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,000015		
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,0000037		
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,0000024		
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,0000011		
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,0000015		
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000025		
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,0000002		
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,00047		
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	2,01E-11		
Назва забруднюючих речовин		<b>Qi</b>	<b>Mci</b>	<b>Мі викид</b>
		Коефіцієнт питомих викидів при спалюванні нафти, нафтопродуктів та газу, т/т	Маса згорілої речовини, т	Мі викид, т
<b>ВАРІАНТ 9</b>				
NOX	Азоту діоксид	0,0016	1050,65	
NH3	Аміак	0,000004		
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000016		
CO2	Вуглецю діоксид	3,5672132		
CO	Вуглецю оксид	0,0042		
NMVOС	НМЛОС	0,0014		
OKBЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,0021		
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,0000058		
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,000019		
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,0000053		
As	Миш'як, неорганічні	0,0000043		

	сполуки ( у перерахунку на миш'як)			
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,0000017		
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,0000012		
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000036		
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,0000002		
Zn	Цинку оксид ( у перерахунку на цинк)	0,00063		
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	2,67E-11		
<b>Назва забруднюючих речовин</b>		<b>Qi</b>	<b>Mci</b>	<b>Мі викид</b>
		<b>Коефіцієнт питомих викидів при спалюванні нафти, нафтопродуктів та газу, т/т</b>	<b>Маса згорілої речовини, т</b>	<b>Мі викид, т</b>
<b>ВАРІАНТ 10</b>				
NOX	Азоту діоксид	0,0015	1100,54	
NH3	Аміак	0,000004		
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000016		
CO2	Вуглецю діоксид	3,5633219		
CO	Вуглецю оксид	0,0041		
NMVOС	НМЛОС	0,0019		
ОКВЧ + РМ10 + РМ2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,0029		
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,0000054		
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,00005		
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,0000064		
As	Миш'як, неорганічні сполуки ( у перерахунку на миш'як)	0,0000042		
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,0000018		
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,0000017		
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000048		
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,0000003		
Zn	Цинку оксид ( у перерахунку на цинк)	0,00061		
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	3,43E-11		
<b>Назва забруднюючих речовин</b>		<b>Qi</b>	<b>Mci</b>	<b>Мі викид</b>
		<b>Коефіцієнт питомих викидів при спалюванні нафти, нафтопродуктів та газу, т/т</b>	<b>Маса згорілої речовини, т</b>	<b>Мі викид, т</b>
<b>ВАРІАНТ 11</b>				
NOX	Азоту діоксид	0,0027	2054,32	
NH3	Аміак	0,000006		
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000028		
CO2	Вуглецю діоксид	5,76433219		
CO	Вуглецю оксид	0,0079		
NMVOС	НМЛОС	0,0032		
ОКВЧ + РМ10 + РМ2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,0054		

Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,0000082		
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,00004		
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,0000097		
As	Миш'як, неорганічні сполуки ( у перерахунку на миш'як)	0,0000076		
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,0000032		
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,0000037		
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000084		
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,0000009		
Zn	Цинку оксид ( у перерахунку на цинк)	0,00108		
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	6,54E-11		
<b>Назва забруднюючих речовин</b>		<b>Qi</b>	<b>Мсі</b>	<b>Мі викид</b>
		<b>Коефіцієнт питомих викидів при спалюванні нафти, нафтопродуктів та газу, т/т</b>	<b>Маса згорілої речовини, т</b>	<b>Мі викид, т</b>
<b>ВАРІАНТ 12</b>				
NOX	Азоту діоксид	0,0021	1280,35	
NH3	Аміак	0,000002		
SOx	Ангідрид сірчистий	0,0004		
CO2	Вуглецю діоксид	4,8721098		
CO	Вуглецю оксид	0,012		
NM VOC	НМЛОС	0,0035		
OKBЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,0062		
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,0000087		
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,00004		
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,0000089		
As	Миш'як, неорганічні сполуки ( у перерахунку на миш'як)	0,0000075		
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,0000034		
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,0000042		
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000075		
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,0000008		
Zn	Цинку оксид ( у перерахунку на цинк)	0,00123		
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	4,35E-11		

**2.9. Практична робота № 9. Розрахунок розміру шкоди, зумовленої неорганізованими викидами забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря через надзвичайну ситуацію, спричинену військовою агресією російської федерації (ракетний обстріл, вибух БПЛА та ін.)**

**ЗАВДАННЯ:**

**1.** Ознайомитись з методикою розрахунку розміру шкоди, зумовленого неорганізованими викидами забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря на території суб'єкту господарювання, внаслідок настання надзвичайної ситуації *(дана методика застосовується до випадків настання надзвичайних ситуацій, спричинених військовою агресією російської федерації на території України, а саме – обстрілами інфраструктури та територій).*

Законспектувати основні положення Методики.

**2.** За даними свого варіанту розрахувати значення розміру шкоди.

**Висновок:** У чому полягає роль та значення визначення збитків, спричинених військовою агресією Російської федерації на території України внаслідок забруднення довкілля? На основі яких вихідних даних вони розраховуються?

**ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Розрахунок неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря від джерела викиду та

розрахунку розмірів шкоди, внаслідок надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану проводиться на підставі:

- **Методики розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди (далі - Методика), затвердженої наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 13.04.2022 (Наказ №175);**

- матеріалів на основі яких проводиться розрахунок (листи, акти огляду, обстеження, довідки та ін.).

Дана Методика, зокрема, застосовується у випадку оцінки збитків та шкоди, завданої обстрілами суб'єктів господарювання, виробничих та господарських, а також невиробничих об'єктів. Її ще називають «шкодою, завданою по площі». Найчастіше, такий обстріл супроводжується пожежею та горінням легкозаймистих речовин, споруд, обладнання. Внаслідок горіння, а також самого вибуху боєприпасу (встановленого типу) в атмосферу виділяється певний обсяг забруднюючих речовин.

Розрахунок маси неорганізованих викидів кожної забруднюючої речовини або суміші таких речовин ( $M_i$  викид) в атмосферне повітря від джерела викиду, здійснюється за формулою (9.1) Методики:

$$M_i \text{ викид} = q_i \times p_o \times S, \quad (9.1)$$

де,  $i$  - забруднююча речовина або суміш таких речовин (CO, NO<sub>x</sub> та ін);

- питомий показник викиду забруднюючої речовини або суміші

$q_i$  таких речовин, визначається згідно з додатком 1 до цієї Методики, т/т;

$p_o$  - коефіцієнт середньої щільності речовин дорівнює 0,03;

$S$  - площа пожежі, кв. м.

## ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ ШКОДИ ТА ЗБИТКІВ

Таблиця 9.1.

**Розрахунок маси неорганізованих викидів кожної забруднюючої речовини або суміші таких речовин (Мі викид) в атмосферне повітря.**

Назва забруднюючих речовин		Середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т	Коефіцієнт середньої щільності речовин	Площа пожежі, кв. м	Мі викид, т
NOx	Азоту діоксид	0,001071	0,03	40	0,0012852
NH3	Аміак	0,000003			0,0000036
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000087			0,0001044
CO2	Вуглецю діоксид	2,64			3,168
CO	Вуглецю оксид	0,000041			0,0000492
NM VOC	НМЛОС	0,0000059			0,00000708
ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,000003			0,0000036
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,000000058			6,96E-08
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,000000005			0,000000006
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,000000019			2,28E-08
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,000000006			7,2E-09
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,000000016			1,92E-08
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,000000014			1,68E-08
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000000022			2,64E-08
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,000000012			1,44E-08
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,000000025			0,00000003
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	0,0000000000084			0,00000000010080

Розмір шкоди розраховується за формулою (9.2) Методики:

$$R_{ш} = M_{і \text{ викид}} \times C_{п} \times K_{неб} \times K_{в} \times K_{мп} \times K_{пп}, \quad (9.2)$$

**R<sub>ш</sub>** - розмір шкоди, грн;

**M<sub>і викид</sub>** - маса неорганізованого викиду забруднюючої речовини або суміші таких речовин в атмосферне повітря, внаслідок надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану, т;

**C<sub>п</sub>** - ставка податку за неорганізовані викиди забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря відповідно до ст. 243 Податкового кодексу України, грн/т;

**K<sub>неб</sub>** - коефіцієнт класу небезпеки забруднюючих речовин або суміші таких речовин, визначається згідно з додатком 3 до цієї Методики;

**K<sub>в</sub>** - коефіцієнт впливу на довкілля в залежності від тривалості події, визначається згідно з додатком 4 до цієї Методики;

**K<sub>мп</sub>** - коефіцієнт, що залежить від масштабу подій, визначається згідно з додатком 5 до цієї Методики;

**K<sub>пп</sub>** - коефіцієнт, що залежить від характеру походження події, визначається згідно з додатком 6 до цієї Методики.

На основі усіх вищевказаних параметрів здійснюються розрахунки і заповнюється таблиця 9.2.

**Таблиця 9.2**

**Розрахунок розміру шкоди неорганізованих викидів кожної забруднюючої речовини або суміші таких речовин в атмосферне повітря (приклад)**

Назва забруднюючих речовин		M <sub>і викид</sub>	C <sub>п</sub>	K <sub>неб</sub>	K <sub>в</sub>	K <sub>мп</sub>	K <sub>пп</sub>	R <sub>ш</sub>
		M <sub>і викид</sub> , т	Сума екоподатку, грн/тон	Коефіцієнт небезпеки забруднюючих речовин	Коефіцієнт впливу на довкілля	Коефіцієнт масштабу події	Коефіцієнт характеру походження події	Розмір шкоди, грн
<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>Азоту діоксид</b>	0,0012852	2574,43	3	4	1,2	10	476,45
<b>NH<sub>3</sub></b>	<b>Аміак</b>	0,0000036	482,84	2	4	1,2	10	0,17
<b>SO<sub>x</sub></b>	<b>Ангідрид сірчистий</b>	0,0001044	2574,43	3	4	1,2	10	38,70

CO2	Вуглецю діоксид	3,168	30	2	4	1,2	10	9123,84
CO	Вуглецю оксид	0,0000492	96,99	2	4	1,2	10	0,46
NMVOС	НМЛОС	0,00000708	145,5	2	4	1,2	10	0,10
OKBЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,0000036	96,99	3	4	1,2	10	0,05
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	6,96E-08	109127,84	5	4	1,2	10	1,82
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,000000006	20376,22	5	4	1,2	10	0,03
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	2,28E-08	109127,84	5	4	1,2	10	0,60
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	7,2E-09	4216,92	4	4	1,2	10	0,01
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	1,92E-08	69113,38	5	4	1,2	10	0,32
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	1,68E-08	4216,92	4	4	1,2	10	0,01
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	2,64E-08	103816,62	4	4	1,2	10	0,53
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	1,44E-08	18413,24	5	4	1,2	10	0,06
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,00000003	628,32	3	4	1,2	10	0,00
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	0,000000000010080	3277278,6	5	4	1,2	10	0,01

Загальний розмір **Рш** шкоди за адресою: адреса.... розраховується, як сума розмірів шкоди, за неорганізований викид в атмосферне повітря за сумарним показником кожної забруднюючої речовини або сумішей таких речовин (сума всіх чисел в останньому стовпчику попередньої таблиці):

<b>Рш</b>	<b>розмір шкоди</b>	<b>9643,15 грн.</b>
-----------	---------------------	---------------------

Отже, загальний розмір шкоди 9643,15 грн. (дев'ять тисяч шістсот сорок три гривні п'ятнадцять копійок).

*Розрахунки за наведеною методикою здійснюються за даними окремих варіантів до цієї практичної роботи, що наведені у табл. 9.3. Для виконання завдань даної роботи студенти об'єднуються в групи по 2-3 осіб і розв'язують завдання за одним із запропонованих варіантів, заповнюючи свій варіант у табл. 9.3, а тоді складаючи наступну таблицю, що складається за прикладом таб. 9.2.*

**Таблиця 9.3**

**Варіанти завдань для виконання практичної роботи № 9**

Назва забруднюючих речовин		Середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т	Коефіцієнт середньої щільності речовин	Площа пожежі, кв. м	Мі викид, т
<b>ВАРІАНТ 1</b>					
NOX	Азоту діоксид	0,001056	0,03	50	
NH3	Аміак	0,000002			
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000069			
CO2	Вуглецю діоксид	3,72			
CO	Вуглецю оксид	0,000054			
NM VOC	НМЛОС	0,0000052			
ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,000002			
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,000000043			
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,000000029			
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,000000021			
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,000000005			
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,000000016			
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,000000012			
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000000032			
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,000000017			
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,000000023			
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	0,0000000000092			

Назва забруднюючих речовин		Середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т	Коефіцієнт середньої щільності речовин	Площа пожежі, кв. м	Мі викид, т
<b>ВАРІАНТ 2</b>					
NOX	Азоту діоксид	0,002309	0,03	75	
NH3	Аміак	0,000019			
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000053			
CO2	Вуглецю діоксид	6,23			
CO	Вуглецю оксид	0,000038			
NM VOC	НМЛОС	0,0000076			
ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,000004			
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,00000004			
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,000000004			
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,000000023			
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,000000005			
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,000000028			
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,000000019			
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000000028			
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,000000015			
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,000000038			
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	0,0000000000092			
Назва забруднюючих речовин		Середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т	Коефіцієнт середньої щільності речовин	Площа пожежі, кв. м	Мі викид, т
<b>ВАРІАНТ 3</b>					
NOX	Азоту діоксид	0,002298	0,03	100	
NH3	Аміак	0,000029			
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000045			
CO2	Вуглецю діоксид	4,87			
CO	Вуглецю оксид	0,000023			
NM VOC	НМЛОС	0,0000056			
ОКВЧ + PM10 +	Тверді речовини	0,000002			

<b>PM2,5 (Сажа)</b>					
<b>Pb</b>	<b>Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)</b>	0,000000039			
<b>Cd</b>	<b>Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)</b>	0,000000006			
<b>Hg</b>	<b>Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)</b>	0,000000014			
<b>As</b>	<b>Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)</b>	0,000000027			
<b>Cr</b>	<b>Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)</b>	0,000000034			
<b>Cu</b>	<b>Міді оксид (у перерахунку на мідь)</b>	0,000000021			
<b>Ni</b>	<b>Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)</b>	0,000000031			
<b>Se</b>	<b>Селену діоксид (у перерахунку на селен)</b>	0,000000038			
<b>Zn</b>	<b>Цинку оксид (у перерахунку на цинк)</b>	0,000000954			
<b>Benzo(a)pyrene</b>	<b>Бенз(а)пірен</b>	0,0000000000045			
<b>Назва забруднюючих речовин</b>		<b>Середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т</b>	<b>Коефіцієнт середньої щільності речовин</b>	<b>Площа пожежі, кв. м</b>	<b>Мі викид, т</b>
<b>ВАРІАНТ 4</b>					
<b>NOx</b>	<b>Азоту діоксид</b>	0,003987	0,03	480	
<b>NH3</b>	<b>Аміак</b>	0,000005			
<b>SOx</b>	<b>Ангідрид сірчистий</b>	0,000098			
<b>CO2</b>	<b>Вуглецю діоксид</b>	5,78			
<b>CO</b>	<b>Вуглецю оксид</b>	0,000037			
<b>NM VOC</b>	<b>НМЛОС</b>	0,0000065			
<b>ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)</b>	<b>Тверді речовини</b>	0,000004			
<b>Pb</b>	<b>Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)</b>	0,000000123			
<b>Cd</b>	<b>Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)</b>	0,000000093			
<b>Hg</b>	<b>Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)</b>	0,000000032			
<b>As</b>	<b>Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)</b>	0,000000005			
<b>Cr</b>	<b>Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)</b>	0,000000024			

<b>Cu</b>	<b>Міді оксид (у перерахунку на мідь)</b>	0,000000023			
<b>Ni</b>	<b>Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)</b>	0,000000028			
<b>Se</b>	<b>Селену діоксид (у перерахунку на селен)</b>	0,000000034			
<b>Zn</b>	<b>Цинку оксид (у перерахунку на цинк)</b>	0,000000018			
<b>Benzo(a)pyrene</b>	<b>Бенз(а)пірен</b>	0,000000000126			
<b>Назва забруднюючих речовин</b>		<b>Середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т</b>	<b>Коефіцієнт середньої щільності речовин</b>	<b>Площа пожежі, кв. м</b>	<b>Мі викид, т</b>
<b>ВАРІАНТ 5</b>					
<b>NOx</b>	<b>Азоту діоксид</b>	0,0023	0,03	250	
<b>NH3</b>	<b>Аміак</b>	0,0000032			
<b>SOx</b>	<b>Ангідрид сірчистий</b>	0,000075			
<b>CO2</b>	<b>Вуглецю діоксид</b>	4,32			
<b>CO</b>	<b>Вуглецю оксид</b>	0,000039			
<b>NM VOC</b>	<b>НМЛОС</b>	0,0000047			
<b>ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)</b>	<b>Тверді речовини</b>	0,000028			
<b>Pb</b>	<b>Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)</b>	0,000000043			
<b>Cd</b>	<b>Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)</b>	0,000000039			
<b>Hg</b>	<b>Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)</b>	0,000000022			
<b>As</b>	<b>Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)</b>	0,000000076			
<b>Cr</b>	<b>Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)</b>	0,000000012			
<b>Cu</b>	<b>Міді оксид (у перерахунку на мідь)</b>	0,000000026			
<b>Ni</b>	<b>Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)</b>	0,000000032			
<b>Se</b>	<b>Селену діоксид (у перерахунку на селен)</b>	0,00000008			
<b>Zn</b>	<b>Цинку оксид (у перерахунку на цинк)</b>	0,000000039			
<b>Benzo(a)pyrene</b>	<b>Бенз(а)пірен</b>	0,0000000000054			
<b>Назва забруднюючих речовин</b>		<b>Середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т</b>	<b>Коефіцієнт середньої щільності речовин</b>	<b>Площа пожежі, кв. м</b>	<b>Мі викид, т</b>
<b>ВАРІАНТ 6</b>					

NOX	Азоту діоксид	0,0024	0,03	300	
NH3	Аміак	0,000067			
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000041			
CO2	Вуглецю діоксид	3,87			
CO	Вуглецю оксид	0,000036			
NMVOС	НМЛОС	0,0000062			
ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,000028			
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,000000062			
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,000000016			
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,000000023			
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,000000029			
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,000000015			
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,000000012			
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000000038			
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,000000018			
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,000000022			
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	0,000000000109			
Назва забруднюючих речовин		Середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т	Коефіцієнт середньої щільності речовин	Площа пожежі, кв. м	Мі викид, т
<b>ВАРІАНТ 7</b>					
NOX	Азоту діоксид	0,001298	0,03	175	
NH3	Аміак	0,0000023			
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000043			
CO2	Вуглецю діоксид	5,12			
CO	Вуглецю оксид	0,000052			
NMVOС	НМЛОС	0,0000038			
ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,000002			
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,000000052			

<b>Cd</b>	<b>Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)</b>	0,000000018			
<b>Hg</b>	<b>Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)</b>	0,000000029			
<b>As</b>	<b>Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)</b>	0,000000058			
<b>Cr</b>	<b>Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)</b>	0,000000023			
<b>Cu</b>	<b>Міді оксид (у перерахунку на мідь)</b>	0,000000002			
<b>Ni</b>	<b>Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)</b>	0,000000003			
<b>Se</b>	<b>Селену діоксид (у перерахунку на селен)</b>	0,000000019			
<b>Zn</b>	<b>Цинку оксид (у перерахунку на цинк)</b>	0,000000031			
<b>Benzo(a)pyrene</b>	<b>Бенз(а)пірен</b>	0,0000000000028			
<b>Назва забруднюючих речовин</b>		<b>Середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т</b>	<b>Коефіцієнт середньої щільності речовин</b>	<b>Площа пожежі, кв. м</b>	<b>Мі викид, т</b>
<b>ВАРІАНТ 8</b>					
<b>NOX</b>	<b>Азоту діоксид</b>	0,002098	0,03	350	
<b>NH3</b>	<b>Аміак</b>	0,000028			
<b>SOx</b>	<b>Ангідрид сірчистий</b>	0,000045			
<b>CO2</b>	<b>Вуглецю діоксид</b>	3,48			
<b>CO</b>	<b>Вуглецю оксид</b>	0,000032			
<b>NMVOC</b>	<b>НМЛОС</b>	0,0000064			
<b>ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)</b>	<b>Тверді речовини</b>	0,0000034			
<b>Pb</b>	<b>Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)</b>	0,000000052			
<b>Cd</b>	<b>Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)</b>	0,000000004			
<b>Hg</b>	<b>Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)</b>	0,000000026			
<b>As</b>	<b>Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)</b>	0,000000029			
<b>Cr</b>	<b>Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)</b>	0,000000023			
<b>Cu</b>	<b>Міді оксид (у перерахунку на мідь)</b>	0,000000021			
<b>Ni</b>	<b>Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)</b>	0,000000187			
<b>Se</b>	<b>Селену діоксид (у</b>	0,000000015			

	перерахунку на селен)				
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,000000038			
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	0,0000000000079			
Назва забруднюючих речовин		Середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т	Коефіцієнт середньої щільності речовин	Площа пожежі, кв. м	Мі викид, т
<b>ВАРІАНТ 9</b>					
NOX	Азоту діоксид	0,001361	0,03	225	
NH3	Аміак	0,000004			
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000084			
CO2	Вуглецю діоксид	3,43			
CO	Вуглецю оксид	0,000055			
NMVOС	НМЛОС	0,0000072			
ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,000004			
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,000000187			
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,000000006			
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,000000025			
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,000000019			
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,000000023			
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,000000018			
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000000027			
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,000000014			
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,000000029			
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	0,000000000016			
Назва забруднюючих речовин		Середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т	Коефіцієнт середньої щільності речовин	Площа пожежі, кв. м	Мі викид, т
<b>ВАРІАНТ 10</b>					
NOX	Азоту діоксид	0,001652	0,03	190	
NH3	Аміак	0,000004			
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000076			

CO <sub>2</sub>	Вуглецю діоксид	4,28			
CO	Вуглецю оксид	0,000039			
NM VOC	НМЛОС	0,0000064			
ОКВЧ + PM <sub>10</sub> + PM <sub>2,5</sub> (Сажа)	Тверді речовини	0,000004			
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,00000006			
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,000000087			
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,000000035			
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,000000029			
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,000000034			
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,000000015			
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000000032			
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,000000023			
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,000000034			
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	0,0000000000074			
Назва забруднюючих речовин		Середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т	Коефіцієнт середньої щільності речовин	Площа пожежі, кв. м	Мі викид, т
<b>ВАРІАНТ 11</b>					
NO <sub>x</sub>	Азоту діоксид	0,002054		200	
NH <sub>3</sub>	Аміак	0,0000032			
SO <sub>x</sub>	Ангідрид сірчистий	0,000065			
CO <sub>2</sub>	Вуглецю діоксид	4,87			
CO	Вуглецю оксид	0,000054			
NM VOC	НМЛОС	0,0000057			
ОКВЧ + PM <sub>10</sub> + PM <sub>2,5</sub> (Сажа)	Тверді речовини	0,000002	0,03		
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,000000076			
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,000000029			
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,000000031			
As	Миш'як, неорганічні	0,000000005			

	сполуки (у перерахунку на миш'як)				
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,000000027			
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,000000018			
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000000026			
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,000000015			
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,000000033			
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	0,0000000000073			
Назва забруднюючих речовин		Середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т	Коефіцієнт середньої щільності речовин	Площа пожежі, кв. м	Мі викид, т
<b>ВАРІАНТ 12</b>					
NOX	Азоту діоксид	0,003075	0,03	350	
NH3	Аміак	0,0000032			
SOx	Ангідрид сірчистий	0,000065			
CO2	Вуглецю діоксид	2,79			
CO	Вуглецю оксид	0,000039			
NM VOC	НМЛОС	0,0000062			
ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	0,000029			
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,00000006			
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,000000071			
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,00000002			
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,000000007			
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,000000027			
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,000000025			
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000000038			
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,000000024			
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,000000036			
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	0,0000000000073			

## **2.10. Практична робота № 10. Аналіз екологічного стану повітряного басейну над територією України. Побудова і аналіз карт атмосферних забруднень**

### **ЗАВДАННЯ:**

**1.** Проаналізувати методику визначення індексів забруднення атмосфери (за В.А. Барановським) та її застосування при побудові карт атмосферних забруднень.

**2.** Розрахувати ІЗА за даними свого варіанту.

**3.** На 2 контурні карти України нанести регіональний розподіл атмосферних забруднень у довоєнний час та у період широкомасштабної війни (з використанням карт із відкритих джерел за відповідні періоди).

**4.** Проаналізувати та описати географічний розподіл атмосферного забруднення на 2 побудованих картах, пояснити причини та фактори такого розподілу.

**Висновок: у висновку дати порівняльний аналіз характеру атмосферного забруднення над різними регіонами України, та, зокрема, над територією Волинської області. Подумайте: яким чином дані карти підтверджують високий потенціал самоочищення атмосфери над територією України?**

### **ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ**

При побудові карт атмосферного забруднення та проведенні географічного зонування такого забруднення прийнято використовувати показник ІЗА (індекс забруднення атмосфери) , вперше запропонований вітчизняним екологом та картографом В.А.Барановським. Крім того, зони розсіювання речовин-забрудників будують з врахування індикатрис забруднення, методика побудови яких розглядалась в одній з попередніх практичних робіт.

Індекс забруднення атмосфери визначається за кратністю перевищення  $C_n$  (фактичної концентрації n-енної речовини-забрудника) значення ГДК<sub>n</sub>. При цьому враховується також клас небезпечності речовин-забрудників, ефект сумачії (синергізму), тобто однонаправленість дії речовин-забрудників, частота зафіксованих випадків перевищення нормативів ГДК у даному місті.

Наприклад, при побудові карти розподілу зон екологічного стану атмосферного повітря над територією України в атласі «Україна. Навчальний атлас» враховувався сумарний ІЗА, який розраховувався як сума ІЗА по таких речовинах-забрудниках:

1. Галогени.
2. Сірка та її сполуки.
3. Азот і його сполуки.
4. Вуглець і його сполуки.
5. Органічні сполуки, вуглеводні, зокрема, метан.
6. Завислі домішки (пилоподібне забруднення).

Для окремих міст України складається свій перелік домінуючих речовин-забруднювачів атмосферного повітря, за якими визначається показник ІЗА. Це залежить від характеру та особливостей викидів у місті, типу промислових підприємств, що переважають в його господарському комплексі тощо. Для м. Луцька, наприклад, такими домінуючими речовинами, наприклад, є оксиди сірки, вуглецю та азоту, пил (завислі пилоподібні домішки), важкі метали, радіонукліди.

ІЗА (індекс забруднення атмосфери) визначається за такою інтегральною формулою:

$$ІЗА = \sum_n \left( \frac{C_n}{ГДК_n} * A_n \right) \quad (10.1)$$

Де  $A_n$  – це коефіцієнт відносної агресивності речовини-забрудника, який визначається за співвідношенням ГДК сірчистого газу  $SO_2$  як еталонної речовини та ГДК даної, n-ої речовини-забрудника.

### 3. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

**Вибір варіанту.** Практичні роботи виконуються тільки за індивідуальними варіантами. Номер варіанта вибирається в залежності від порядкового номера студента в журналі академічної групи (№ 4 в журналі – 4 варіант, і т.д.).

**Примітка:** якщо в групі більше 25 студентів, то нумерація варіантів розпочинається спочатку ( № 26 – 1 варіант, № 27 – 2 варіант, і т.д.)

#### В-1

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2,49
2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,39
3	N <sub>2</sub> O	1,21
4	HNO <sub>3</sub>	0,049
5	SO <sub>2</sub>	2,2
6	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,09
7	NO <sub>2</sub>	4,2
8	CH <sub>3</sub> Cl	0,002

#### В-2

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,7
2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,07
3	C <sub>2</sub> FCI	1,92
4	CO <sub>2</sub>	8,03
5	CFCl <sub>3</sub>	1,9
6	CO	0,002
7	CH <sub>4</sub>	1,06
8	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,82

#### В-3

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	C <sub>2</sub> FCI	0,45
2	CO <sub>2</sub>	11,59
3	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,32
4	NO <sub>2</sub>	2,6
5	N <sub>2</sub> O	4,91
6	HNO <sub>3</sub>	5,2
7	SO <sub>2</sub>	3,7
8	NH <sub>3</sub>	1,92

## **В-4.**

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	CH <sub>4</sub>	3,9
2	HgCl <sub>6</sub>	0,91
3	Пил (неорганічний)	2,75
4	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,5
5	NO <sub>2</sub>	2,9
6	C <sub>2</sub> FCl	1,9
7	CO <sub>2</sub>	12,2
8	HCl	0,0009

## **В-5**

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3,8
2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,3
3	CS <sub>2</sub>	2,04
4	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	1,57
5	C <sub>2</sub> FCl	0,26
6	CO <sub>2</sub>	0,7
7	HgCl <sub>6</sub>	0,009
8	Пил (тверді речовини)	3,05

## **В-6**

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	CH <sub>4</sub>	1,45
2	Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	0,05
3	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0,009
4	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,24
5	NO <sub>2</sub>	8,0
6	N <sub>2</sub> O	2,3
7	HNO <sub>3</sub>	1,03
8	SO <sub>2</sub>	1,77

## **В-7**

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,7
2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,9
3	Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	1,05
4	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0,005
5	CFCl <sub>3</sub>	0,4
6	CO	0,005
7	CO <sub>2</sub>	2,9
8	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,8

## **B-8**

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	HCl	1,08
2	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,9
3	FeF <sub>3</sub>	2,2
4	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,38
5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,0
6	Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	0,007
7	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0,0009
8	CH <sub>4</sub>	2,94

## **B-9**

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	CH <sub>4</sub>	3,9
2	Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	0,095
3	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0,0007
4	N <sub>2</sub> O	1,92
5	HNO <sub>3</sub>	4,2
6	SO <sub>2</sub>	1,03
7	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,45
8	N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,58

## **B-10**

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	HgCl <sub>6</sub>	0,003
2	Пил (тверді речовини)	2,07
3	C <sub>2</sub> FCl	0,7
4	CO <sub>2</sub>	4,9
5	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,04
6	HNO <sub>3</sub>	3,5
7	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2,9
8	FeF <sub>3</sub>	0,86

## **B-11**

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	Cu <sub>2</sub> (SO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	1,7
2	K <sub>2</sub> Cr <sub>7</sub> O <sub>5</sub>	1,3
3	CS <sub>2</sub>	2,0
4	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	1,9
5	C <sub>2</sub> FCl	0,2
6	CO <sub>2</sub>	1,9
7	Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	0,002
8	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0,0003

## B-12

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	$\text{Cu}_2(\text{SO}_3)_3$	0,003
2	$\text{K}_2\text{Cr}_7\text{O}_5$	2,9
3	$\text{CS}_2$	1,72
4	$(\text{CH}_3)_2\text{S}$	1,5
5	$\text{Cr}(\text{NO}_3)_6$	0,09
6	$\text{Cr}_2\text{O}_7$	0,008
7	$\text{C}_2\text{FCl}$	1,4
8	$\text{CO}_2$	1,5

## B-13

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	0,7
2	$\text{NO}_2$	1,9
3	$\text{HgCl}_6$	0,002
4	Пил (неорганічний)	1,9
5	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	2,24
6	$\text{H}_2\text{SO}_4$	1,7
7	$\text{CS}_2$	1,3
8	$(\text{CH}_3)_2\text{S}$	2,0

## B-14

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	$\text{CH}_4$	3,8
2	$\text{CFCl}_3$	1,09
3	$\text{CO}$	0,02
4	$\text{CO}_2$	1,0
5	$\text{Cu}_2(\text{SO}_3)_3$	1,07
6	$\text{K}_2\text{Cr}_7\text{O}_5$	0,2
7	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	1,4
8	$\text{NO}_2$	1,5

## B-15

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$	1,3
2	$\text{FeF}_3$	2,0
3	$\text{CH}_4$	3,5
4	$\text{CS}_2$	2,9
5	$(\text{CH}_3)_2\text{S}$	0,8
6	$\text{CFCl}_3$	0,7
7	$\text{CO}$	0,09
8	$\text{CO}_2$	2,8

## B-16

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	CH <sub>4</sub>	3,9
2	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,2
3	HNO <sub>3</sub>	4,8
4	CFCl <sub>3</sub>	1,7
5	CO	1,9
6	CO <sub>2</sub>	3,2
7	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,06
8	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,009

## B-17

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,7
2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,04
3	Cr (NO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	2,0
4	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0,009
5	CFCl <sub>3</sub>	2,4
6	CO	0,5
7	CO <sub>2</sub>	2,9
8	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,8

## B-18

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	HCl	3,8
2	Fe (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,09
3	FeF <sub>3</sub>	2,2
4	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,31
5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,03
6	Cr (NO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	1,7
7	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0,0009
8	CH <sub>4</sub>	2,9

## B-19

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,9
2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,9
3	N <sub>2</sub> O	1,75
4	HNO <sub>3</sub>	1,93
5	SO <sub>2</sub>	2,22
6	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,9
7	NO <sub>2</sub>	0,2
8	CH <sub>3</sub> Cl	1,02

## **B-20**

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,43
2	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,4
3	C <sub>2</sub> FCl	1,8
4	CO <sub>2</sub>	2,02
5	CFCl <sub>3</sub>	1,9
6	CO	4,2
7	CH <sub>4</sub>	1,04
8	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,8

## **B-21**

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	CO <sub>2</sub>	1,4
2	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,5
3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,0019
4	Cr (NO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	2,2
5	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0,04
6	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,7
7	NO <sub>2</sub>	5,9
8	HCl	1,02

## **B-22**

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	HCl	0,9
2	CFCl <sub>3</sub>	1,8
3	CO	1,7
4	CO <sub>2</sub>	1,02
5	HgCl <sub>6</sub>	0,2
6	Пил (неорганічний)	1,56
7	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,9
8	NO <sub>2</sub>	2,8

## **B-23**

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	C <sub>2</sub> FCl	1,6
2	CO <sub>2</sub>	2,3
3	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,0
4	NO <sub>2</sub>	0,7
5	N <sub>2</sub> O	4,9
6	HNO <sub>3</sub>	2,55
7	SO <sub>2</sub>	1,32
8	HCl	2,1

## **B-24**

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	HCl	1,9
2	Cu <sub>2</sub> (SO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	1,3
3	K <sub>2</sub> Cr <sub>7</sub> O <sub>5</sub>	2,0
4	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,7
5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,9
6	N <sub>2</sub> O	0,25
7	HNO <sub>3</sub>	1,07
8	SO <sub>2</sub>	3,8

## **B-25**

№	Речовина	Фактична концентрація, мг/м.куб
1	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,5
2	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,5
3	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,08
4	N <sub>2</sub> O	4,8
5	HNO <sub>3</sub>	0,7
6	SO <sub>2</sub>	1,9
7	HgCl <sub>6</sub>	0,0002
8	Пил (неорганічний)	3,8

## 4. БІБЛІОГРАФІЯ

1. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В., Крусір Г.В., Клименко М.О., Сакалова Г.В. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 1. Захист атмосфери. Одеса: 2025. 432 с. URL: [https://oldiplus.ua/tehnologii-zahistu-navkolishnogo-seredovischa-ch-1-zahist-atmosferi/?srsrtid=AfmBOooGkp5usEUN\\_bHCv\\_T6xhdS-QJ1-UoL-tg3kkaGfQjYuJl8Klju](https://oldiplus.ua/tehnologii-zahistu-navkolishnogo-seredovischa-ch-1-zahist-atmosferi/?srsrtid=AfmBOooGkp5usEUN_bHCv_T6xhdS-QJ1-UoL-tg3kkaGfQjYuJl8Klju)
2. Недострелова Л.В. Фізика геосфер Землі: ґрунтів, атмосфери і гідросфери. Конспект лекцій. Частина II. Особливості взаємодії атмосфери з діяльним шаром земної поверхні. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2023. 47 с.
3. Владимірова О.Г., Сапко О.Ю. Нормування антропогенного навантаження на окремі складові довкілля: навчальний посібник для здобувачів вищої освіти спеціальності 101 «Екологія». – Одеса: ОДЕУ. 2022. 289 с.
4. Рубцова І. Поняття й особливості детермінанти «Охорона атмосферного повітря». Екологічне право. № 6. 2021. С. 107 – 112. URL: <http://pgp-journal.kiev.ua/archive/2021/6/17.pdf>
5. Стратегія екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату України до 2030 року // КМУ. 2020. 15 с.
6. Гавриленко О.П. Сучасний стан та основні проблеми ресурсів атмосферного повітря в Україні [Текст] : / О.П. Гавриленко // Екогеографія України: навчальний посібник / Олена Гавриленко. К. : Знання, 2018. 646 с. : карти. (Сер. "Вища освіта XXI століття").
7. Клименко М.О., Залеський І.І. Техноекологія : підручник. Херсон: ОЛДІ ПЛЮС, 2017 348 с.
8. Колесніков М.О. Екологічна хімія атмосфери. Навчальний посібник. Мелітополь: «Люкс», 2012. 108 с.
9. Апостолюк С., Джигирей В. Промислова екологія. Навчальний посібник. К. : Знання. 2012. 430 с.
10. Клапченко В.І. Основи фізики атмосфери та навколишнього середовища: навч. посіб. / авт.-уклад. В.І. Клапченко та ін. – Київ: КНУБА, 2015. 139 с.
11. Хімія та екологія атмосфери [Текст] : Навчальний посібник / Б. М. Федішин, Б. В. Борисюк, М. В. Вовк // [за ред. Б. М. Федішина] ; Міністерство аграрної політики України (Київ), Державний агроекоекологічний університет. – К. : Алерта, 2003. – 272 с.
12. Гігієна населених місць // Міністерство охорони здоров'я України, Академія медичних наук України, Державна установа "Інститут гігієни та медичної екології ім. О. М. Марзєєва АМН України" ; [гол. ред. А. М. Сердюк]. – К. : Полімед, 2017. – Вип. 50. – С. 30-43.
13. Сніжко С.І. Урбометеорологічні аспекти забруднення атмосферного повітря великого міста: монографія / С.І. Сніжко, О.Г. Шевченко. – К.: Видавництво географічної літератури «Обрії», 2011. – 297 с.
14. Гетьман І. П. Правова охорона атмосферного повітря // Екологічне право України в запитаннях та відповідях [Текст] : навчальний посібник / А. П. Гетьман [та ін.]. – Харків : Одиссей, 2008. – С.274-293.
15. Кобецька Н.Р. Правове регулювання охорони атмосферного повітря [Текст] : // Н.Р. Кобецька. Екологічне право України : Навчальний посібник / Надія Кобецька; Міністерство освіти і науки України. – К. : Юрінком Інтер, 2007. – 351 с.

### **Правові документи в галузі охорони атмосферного повітря:**

1. Закон України "Про охорону атмосферного повітря" (зі змінами та доповненнями) від 16 жовтня 1992 року № 2707-ХІІ.

2. Положення про Реєстр статистичних одиниць та формування основ сукупностей одиниць статистичних спостережень за діяльністю підприємств, Держкомстат, 2009.

3. Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" (зі змінами та доповненнями) від 26 червня 1991 року {Вводиться в дію Постановою ВР № 1268-XII від 26.06.91, ВВР, 1991, № 41, ст.547}.

**Основні наукові праці Федонюк В.В., розробника робочої програми, за тематикою курсу «Охорона та раціональне використання атмосферного повітря»**

1. Fedoniuk M.A., Fedoniuk V.V., Ivantsiv V.V. (2019) Possibilities for improvement of environmental monitoring of precipitation in the city (a case of Lutsk). *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. Харків: 2019. - Вип. 50. С. 210-219. [Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series «Geology. Geography. Ecology»]. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-50-16>

2. Fedoniuk, V., Fesyuk, V., & Fedoniuk, M. (2023). Analysis of the dynamics and precipitation regime in the cross-border region Poland-Belarus- Ukraine (2010-2018). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 32(2), 241-253. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112323>

1. Fedoniuk V., Khrystetska M., Fedoniuk M., Merlenko I., Bondarchuk S. (Федонюк В.В., Христецька М.В., Федонюк М.А., Мерленко І.М., Бондарчук С.П.) Shallowing of the Svityaz Lake in the context of regional climate change (Обміління озера Світязь в контексті регіональних кліматичних змін) / V. Fedoniuk, M. Khrystetska, M. Fedoniuk, I. Merlenko, S. Bondarchuk // *Journal of Geology, Geography and Geoecology* (Вісник Дніпровського університету. Геологія. Географія. Геоєкологія). – Дніпро: 2020. - № 4 (29) 673-683. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/112060>

3. Мерленко І.М., Федонюк В.В., Мерленко Н.О. Адаптація до сучасних кліматичних змін агрономічних технологій в Північно-Західному Поліссі / Вплив кліматичних змін на просторовий розвиток територій Землі: наслідки та шляхи вирішення: Збірник наукових праць IV Міжнародної науково-практичної конференції (Херсон, 10-11 червня 2021 року). Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2021. С.228 – 230.

4. Федонюк В.В., Жадько О.А., Іванців В.В., Федонюк М.А. Порівняльний аналіз комфортності погоди протягом курортного сезону в національних природних парках Волині. *Екологічні науки. Екологічні науки* : науково-практичний журнал. К. : Видавничий дім «Гельветика», 2023. № 4 (49). С. 232 – 237. UPL: <http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2023/4/31.pdf>

5. Федонюк В.В., Іванців В.В., Федонюк М.А. Вплив карантинних обмежень, викликаних епідемією COVID-19, на інтенсивність транспортного руху та екологічний стан у м. Луцьку. *Розвиток транспорту*. Одеса: ОНМУ. 2022. № 1 (12). С. 168 – 180. DOI <https://doi.org/10.33082/td.2022.1-12.14>

6. Федонюк В.В., Іванців О.В., Іванців В.В., Федонюк М.А. Оцінка можливостей та перспектив біоіндикації екологічного стану атмосфери у містах (на прикладі Луцька) / Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022: колективна монографія. Полтава – Львів: НУПП імені Юрія Кондратюка, НУ «Львівська політехніка». Дніпро : Середняк Т. К., 2022. (664 с.) С. 519 – 534. ISBN 978-617-8111-24-3. UPL: [https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/conf/2021/1mnpk-pertzdd/monografiia\\_2022\\_ov.pdf](https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/conf/2021/1mnpk-pertzdd/monografiia_2022_ov.pdf)

7. Федонюк, В. В. and Мерленко, І. М. and Федонюк, М. А. and Бондарчук, С. П. and Ковальчук, Н. С. and Вознюк, С. Т. and Fedoniuk, V. V. and Merlenko, I. M. and Fedoniuk, N. A. and Bondarchuk, S. P. and Kovalchuk, N. S. and Vozniuk, S. T. (2021) Оцінка потенційного впливу рільництва у Рівненській області на екологічний стан атмосферного

повітря. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування (4(96)). pp. 128-144. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/23492/>

8. Федонюк В.В., Соніч І.І. Дослідження екологічних параметрів стану атмосферного повітря в зонах поблизу медичних закладів міста Луцька. Студентський науковий вісник. Серія природничі та технічні науки. Науковий збірник. Випуск 44, ч. 2. Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2021. С. 48 – 58.

9. Федонюк В.В., Федонюк М.А. Застосування ІКТ при викладанні дисциплін метеорологічного циклу / Вплив кліматичних змін на просторовий розвиток територій Землі: наслідки та шляхи вирішення: Збірник наукових праць IV Міжнародної науково-практичної конференції (Херсон, 10-11 червня 2021 року). Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2021. С.316 – 319.

10. Федонюк В.В., Іванців В.В., Федонюк М.А. Іванців О.В. Картографування екологічного стану повітряного басейну м. Луцька на основі ліхеноіндикації // Часопис картографії: Зб. наук. праць. – К. : КНУ ім. Тараса Шевченка, 2016. – Вип. 16. – С. 259-271.

11. Федонюк М.А., Федонюк В.В., Федонюк А.А. Дослідження рівнів електромагнітних випромінювань пристроїв мобільного зв'язку у рекреаційних зонах Шацького НПП // Збірник праць "Природа західного Полісся та прилеглих територій". Том 1. Географія. – Л. : 2017 – С.52-56.

12. Федонюк М.А., Федонюк В.В. Проблеми теплового забруднення селітебних територій: дослідження та моніторинг // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: наук.-техн.ж./Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (ІФНТУНГ). – Івано-Франківськ, ІФНТУНГ, № 1 (15). – 2017. – С.231-239.

13. Федонюк В. В. Зміни агрокліматичних чинників в зоні Полісся в контексті глобального потепління (на прикладі Волинської області) / В.В. Федонюк, І.М. Мерленко, М.А. Федонюк, Р.В. Линюк, Н.С. Ковальчук // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – Рівне : 2019. – № (2(86)). – С.124-134.

14. Федонюк Віталіна, Федонюк Микола, Прохоренко Анастасія. Вираженість острова тепла у м. Луцьку (за аналізом ТІ–зображень LANDSAT-8) / В. В. Федонюк, М. А. Федонюк, А. Ю. Прохоренко // Збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції «Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні – 2019», 15-16 травня 2019 року, НУБіП України, Київ. – К.: НУБіП України, 2019. – С. 147-150

#### **Апробаційні публікації, публікації із здобувачами ОП «Екологія» та учнями - слухачами МАН:**

1. Pankevych A., Fedoniuk V., Vovk O., Pankevych S. Assessment and mapping of microclimatic features in complex architectural structures in Lutsk. GeoTerrace-2024. International Conference of Young Professionals. 7-8 Oct 2024, European Association of Geoscientists & Engineers. Volume 2024, p. 1 – 5. URL: <https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.2024510012>

DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2024510012>

2. Павлюк М.М., Федонюк В.В. Оцінка та візуалізація комфортності клімату в Україні. Волинь у дослідженнях юних науковців: збірник тез наукових робіт слухачів наукових товариств Волинської обласної МАН. Луцьк: БОМАН, 2025. С. 383 – 386. URL:

<https://drive.google.com/file/d/1uIYk7RSdbhrIFybfX0mIU0XKzr1ZrCKy/view?usp=sharing>

3. Толстушко А.М., Федонюк В.В. Динаміка метеорологічних явищ в Луцьку у 2014 – 2023 рр. в контексті змін клімату. Волинь у дослідженнях юних науковців: збірник тез наукових робіт слухачів наукових товариств Волинської обласної МАН. Луцьк:

ВОМАН, 2025. С. 393 – 396. URL: <https://drive.google.com/file/d/1uIYk7RSdbhrIFybfX0mIU0XKzr1ZrCKy/view?usp=sharing>

4. Pavliuk M., Fedoniuk V., Vavdiiuk N., Fedoniuk Yu. Distribution of V.Boksha's Bioclimatic Index in Ukraine and the Development of an Automated Application for Its Determination. GeoTerrace-2025. International Conference of Young Professionals. 6-9 Oct 2025, European Association of Geoscientists & Engineers. Volume 2025. P. 1 – 5. URL: <https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.202552084>

DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202552084>

5. Моцик В.Б., Іванців Я.В., Федонюк В.В. Оцінка змін клімату в природно-заповідних об'єктах Волинської області. Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VIII Міжнародний молодіжний конгрес, 02-03 березня 2023, Україна, Львів : Збірник матеріалів —Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2023. С. 83-84. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2023/feb/29834/zbirnykviiiimizhnarodnyymolodizhnyykongres02-03032023.pdf>

6. Федонюк В.В., Федонюк М.А. Вивчення наслідків впливу військових дій на екологічний стан атмосферного повітря здобувачами ОП «Екологія». *Подолання екологічних ризиків і загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022*. Збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції «Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022». 26–27 травня 2022 року, Полтава – Львів. Полтава : НУПП, 2022. С. 624 – 626. URL: <https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/conf/2022/i-mnnpk-podolannia-eko-rizikiv/zbirnik-materialiv.pdf>.

7. Федонюк М.А., Федонюк В.В. До питання проведення радіометрії міських територій/International conference «Health effects of the Chernobyl accident» Міжнародна наукова конференція «Радіологічні та медичні наслідки Чорнобильської катастрофи – тридцять років по тому». (18–19 квітня 2016 р., м. Київ. Ukraine - С.295-296.

8. Панькевич С.Г., Федонюк М.А., Федонюк В.В. Оцінка надходження у довкілля продуктів зношення автомобільних шин (на прикладі Луцького району) // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «ЕКОГЕОФОРУМ-2017. Актуальні проблеми та інновації» - 22-25 березня 2017 р., м. Івано-Франківськ. – 2017. – С.73-74.

9. Федонюк М., Федонюк В. Особливості розподілу поля температур та динаміки теплового режиму в селітебних зонах / Еко Форум – 2017 : збірник тез доповідей I спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму, 30 травня – 1 червня 2017 р. / Запорізька міська рада, Запорізька ТПП. – Запоріжжя: Запорізька торгово-промислова палата, 2017. –С.60-63.

10. Федонюк М.А., Федонюк В.В. Оцінка електромагнітного забруднення від базових станцій мобільного зв'язку у м. Луцьку/М.А.Федонюк, В.В. Федонюк // 5-й Міжнародний конгрес “Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування”: збірник матеріалів. – Львів : 26-29 вересня 2018 р., Вид-во Львівської політехніки, 2018. – С. 70-71.

11. Федонюк М.А., Федонюк В.В., Костів О.Т. Режим опадів у Волинській області у контексті його впливу на розвиток крейдяного карсту / М.А. Федонюк, В.В. Федонюк, О.Т. Костів // Рельєф і клімат: Матеріали II Міжнародної наукової конференції (26-28 вересня 2018 р.). – Чернівці, Чернівець. нац. ун-т, 2018. – С.30-31.

12. Федонюк М.А., Федонюк В.В. Дотримання нормативів електромагнітного випромінювання (ЕМВ) у національних парках Вонині під час курортного сезону (на прикладі Шацького НПП) // М.А. Федонюк, В.В. Федонюк // Матеріали Всеукраїнської науково-практ. конф. «Цивільна безпека як чинник розвитку виробничої та невиробничої сфер суспільства», 19-21 квітня 2018 р. – Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2018. – 130-133 с.

13. Федонюк М.А., Федонюк В.В. Костів О.Т. Аналіз динаміки та хімічного складу атмосферних опадів на Волині за період 2010-2018 рр. в контексті кліматичних змін. Чиста вода і ремедіаційні технології. Наголос на Чорнобильській катастрофі та інших антропогенних забрудненнях. Мат. сем. з міжн. уч. Київ, 23 квітня, 2019. С. 13-14.
14. Федонюк Віталіна, Федонюк Микола, Прохоренко Анастасія. Вираженість острова тепла у м. Луцьку (за аналізом TIR–зображень LANDSAT-8) / В. В. Федонюк, М. А. Федонюк, А. Ю. Прохоренко // Збірник матеріалів VII Міжнар. наук.-практ.конф. «Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні – 2019», 15-16 травня 2019 року, НУБіП, Київ. – К.: НУБіП України, 2019. – С. 147-150.
15. Федонюк В.В. Дослідження окремих параметрів екологічного стану територій, прилеглих до лікувальних установ м. Луцька / В.В. Федонюк, І.І.Соніч, М.А. Федонюк / Авіація, промисловість, суспільство : матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 60-річчю КЛК ХНУВС (м. Кременчук, 14 трав. 2020 р.) : у 2 ч. / МВС України, Харків. нац. ун-т внутр. справ, Кременчуц. льотний коледж. – Х. : ХНУВС, 2020. – Ч. 1. – С. 341 – 343.
16. Федонюк В.В., Соніч І.І., Федонюк М.А. Дотримання санітарно-гігієнічних нормативів у зонах поблизу медичних закладів м. Луцька / В.В. Федонюк, І.І. Соніч, М.А. Федонюк // Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука практика: матеріали XVIII Міжн. наук.-метод. Конф., 23-24.квітня 2020 року. – Луцьк: ІВВ ЛНТУ, 2020. – С. 185 – 188.
17. Соніч І., Федонюк В. Деякі аспекти екологічного стану атмосферного повітря у місті Луцьку. Сучасні технології у агровиробництві та природокористуванні. Тези І-ої студентської науково-технічної конференції, 24-25 листопада 2021 р. Луцьк: Факультет аграрних технологій та екології, Луцький НТУ. 2021. С.80 – 85.
18. Гусар О.Н., Федонюк В.В. Динаміка хмарності в Луцьку у XXI ст. та її вплив на геліоенергетичний потенціал. Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI ст. Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції, 19-20 травня 2022 р. К. : КПІ імені Ігоря Сікорського. Інтерсервіс. 2022. С. 305 – 307.
19. Василюк М., Федонюк В.В. Вітровий режим Луцька протягом 50 років та його екологічний вплив. Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VII Міжнародний молодіжний конгрес, 10 – 11 лютого 2022 р., Україна, Львів : Збірник матеріалів. К. : Яроченко Я.В., 2022. С.31–32.
20. Зубрицький Б.С., Федонюк М.А., Федонюк В.В. Дослідження гроз на Волині за допомогою сайту [Blitzortung.org](http://Blitzortung.org). // Екологічні нотатки. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017. - № 5. – Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2017. – С.17-23.
21. Федонюк В.В., Іванців О.В. Аналіз екологічного стану повітряного басейну м. Луцька на основі ліхеноіндикаційного дослідження // В.В. Федонюк, О.В. Іванців // Екологічні нотатки. – № 4. – Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2017. – С.79-88.
22. Федонюк В.В., Костів О.Т. Дослідження кислотності атмосферних опадів у Луцьку та її впливу на середовище міста // В.В. Федонюк, О.Т. Костів // Екологічні нотатки. – № 4. – Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2017. – С.69-79.
23. Прохоренко А.Ю., Федонюк В.В. Дослідження умов формування та екологічного впливу міського острова тепла (на прикладі Луцька)/А.Ю. Прохоренко, В.В.Федонюк // Матеріали науково-практ. конф. за результатами II туру Всеукраїнського конкурсу наукових студентських робіт з напрямку «Гідрометеорологія» – Одеса: 20-22 березня 2019 р., ОДЕКУ.– С. 54-58.
24. Іванців О.І., Федонюк В.В. Оцінка впливу параметрів мікроклімату на ріст та розвиток лишайників при проведенні ліхеноіндикаційних досліджень / О.В. Іванців, В.В. Федонюк // Тези III факультетської студентської наукової конференції «Сучасні аспекти ресурсозбереження» (ФЕТЕ) – Луцьк, 2019. – С. 10-12.

25. Прохоренко А.Ю., Федонюк М.А., Федонюк В.В. Дослідження просторових та часових відмінностей полів температури на тери торії м. Луцька / А.Ю. Прохоренко, М.А. Федонюк, В.В. Федонюк // Тези III факультетської студентської наукової конференції «Сучасні аспекти ресурсозбереження» (ФЕТЕ) – Луцьк, 2019. – С. 15-18.

26. Гаврилюк К.О., Федонюк В.В., Федонюк М.А. Дослідження еколого-хімічних показників атмосферних опадів у м. Луцьку. Студент. науковий вісник. Серія "Природничі та технічні науки". Наук. збір. Випуск 27. – Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2019. – С.236-250.

27. Бовчалюк Л.М., Федонюк В.В. Оцінка впливу на екологічний стан атмосфери рільництва (на прикладі с/г підприємства «Случ») // Л.М. Бовчалюк, В.В. Федонюк // Енергетична безпека навколишнього середовища – Матеріали V Міжнар. науково-практичної конференції (03-05 жовтня 2019 року). – Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2019. – С. 52-55.

28. Роїк І.О., Федонюк В.В. (наук. кер.). Проект інформаційного ресурсу «Погодатрикоти» - веб-сайту для метеочутливих людей // Юний науковець року: збірник тез доповідей наук. конф. слухачів секцій КУ «ВО МАН». Л.: КУ «ВО МАН», 2020. – С.35.

29. Федонюк В.В., Іванців О.В., Турко С.В. Студентський проект моніторингу екологічного стану повітря у м. Луцьку // Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти: матер. Всеукр. наук.-практ. заоч. конф. студ., аспір. та молод. учених, м. Маріуполь, 29 травня 2020 р. / за заг. ред. Г.О. Черніченка. – Маріуполь: МДУ, 2020. – 147 с. (С. 138 – 140).

30. Гаврилюк К.О., Павлусь А.М., Федонюк В.В. Розробка навчальних інформаційних матеріалів за темою «Стережись блискавки!» // Тези IV факультетської студентської наукової конференції «Сучасні аспекти ресурсозбереження» (ФЕТЕ) – Луцьк, 2020. – С. 14 – 16.

31. Линюк Р. В., Мерленко І. М., Федонюк В. В. Зміни агрономічних технологій на Волині в контексті глобального потепління клімату // Тези IV факультетської студентської наукової конференції «Сучасні аспекти ресурсозбереження» (ФЕТЕ) – Луцьк, 2020. – С. 16 – 18.

32. Федонюк В.В., Іванців В.В., Іванців О.В. Перспективи організації біоіндикаційного моніторингу екологічного стану повітря у м. Луцьку // ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»// Вплив кліматичних змін на просторовий розвиток територій Землі: наслідки та шляхи вирішення: Збірник наукових праць III Міжнародної науково-практичної конференції (Херсон, 11-12 червня 2020 року). – Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2020 – 293 с. – С.235-237.

33. Мерленко І.М., Федонюк В.В., Линюк Р.В., Дубинюк Д.М. Агрономічна оцінка сучасних змін кліматичних чинників на Волині в контексті глобального потепління // ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»// Вплив кліматичних змін на просторовий розвиток територій Землі: наслідки та шляхи вирішення: Збір. наук. пр. III Міжнародної наук.-практ. конф. (Херсон, 11-12.06.2020 року). – Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2020 – 293 с. – С.152 – 155.

34. Федонюк В.В., Роїк І.О. Проблеми метеорологічної чутливості та методи її зниження. Сучасна наука та освіта Волині : зб. мат. наук.-практ. онлайн-конф.(20.11.2020 р.) / упорядник О. Ю. Ройко. – Луцьк : Вежа-Друк, 2020. – С.217 – 220.

## **ЗМІСТ**

Ст.

<b>1. ВСТУП. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК.....</b>	<b>3</b>
<b>2.ТЕМАТИКА, ЗАВДАННЯ ТА РОЗРАХУНКИ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ.....</b>	<b>7</b>

### **МОДУЛЬ 1**

<b>2.1. Практична робота № 1. Поняття про будову, фізико-хімічні властивості атмосфери та склад атмосферного повітря.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2. Практична робота № 2. Розрахунок сукупної концентрації спільного компонента (СК) по речовинах – забруднювачах у викидах підприємства.....</b>	<b>29</b>
<b>2.3. Практична робота № 3. Розрахунок КНП (категорії небезпечності підприємства) для промислового об'єкту.....</b>	<b>35</b>
<b>2.4. Практична робота № 4. Розрахунок оптимальної висоти джерела викиду (труби чи витяжного каналу вентиляційної системи) для промислового об'єкту.....</b>	<b>44</b>
<b>2.5. Практична робота № 5. Розрахунок основних параметрів та побудова індикатриси розсіювання викидів від стаціонарного джерела.....</b>	<b>47</b>

### **МОДУЛЬ 2**

<b>2.6. Практична робота № 6. Розрахунок суми відшкодування збитків, що заподіяні в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами.....</b>	<b>50</b>
<b>2.7. Практична робота № 7. Розрахунок суми муніципальних платежів за газоподібні викиди підприємства.....</b>	<b>57</b>
<b>2.8. Практична робота № 8. Розрахунок розміру шкоди, зумовленої неорганізованими викидами забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок руйнування резервуарів для</b>	

зберігання паливо-мастильних матеріалів, через настання надзвичайної ситуації.....	62
2.9. Практична робота № 9. Розрахунок розміру шкоди, зумовленої неорганізованими викидами забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря через надзвичайну ситуацію, спричинену військовою агресією російської федерації (ракетний обстріл, вибух БПЛА та ін.).....	73
2.10. Практична робота № 10. Аналіз екологічного стану повітряного басейну над територією України. Побудова і аналіз карт атмосферних забруднень.....	87
3. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ.....	89
4. БІБЛІОГРАФІЯ.....	96

Охорона і раціональне використання атмосферного повітря: Методичні вказівки до виконання практичних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Екологія» галузі знань Е Природничі науки, математика та статистика, спеціальності Е2 Екологія денної та заоч. форм навчання /уклад. Федонюк В.В., Федонюк М.А. Луцьк : ЛНТУ. 2026. 104 с.

Комп'ютерний набір  
Редактор

В.В. Федонюк

Підп.до друку 2026  
Формат 60x84/16 Папір офс.Гарн.Таймс.  
Ум. друк. арк. . Обл.-вид. арк.  
Тираж \_\_\_\_\_ прим. Зам.

Інформаційно-видавничий відділ  
Луцького національного технічного університету  
43018 м.Луцьк, вул. Львівська,75  
Друк – ІВВ ЛНТУ