

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

О.С. Волошкіна, В.В. Трофімович, Ю.О. Березницька

Екологічна безпека

Конспект лекцій
для студентів, які навчаються за напрямом
підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування»

Київ 2014

УДК 504
ББК 28.081
В68

Рецензент О.А. Василенко, професор

Затверджено на засіданні вченої ради санітарно-технічного факультету, протокол № 1 від 04 вересня 2012 року.

Волошкіна О.С.

В68 Екологічна безпека: конспект лекцій /О.С. Волошкіна, В.В. Трофімович, Ю.О.Березницька. – К.: КНУБА, 2014. – 44 с.

Містить моделювання забруднення навколишнього середовища на основі складання методів матеріального балансу, ризик розвитку небезпечних процесів на підтоплених регіонах.

Призначено для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування».

УДК 504
ББК 28.081

© О.С. Волошкіна, В.В. Трофімович,
Ю.О. Березницька, 2014
© КНУБА, 2014

Зміст

| | |
|---|-----------|
| Вступ..... | 4 |
| Лекція 1. Моніторинг атмосферного повітря в Україні. Проблеми моделювання і прогнозування..... | 5 |
| Лекція 2. Моніторинг забруднення територій і акваторій методами дистанційного зондування землі (ДЗЗ)..... | 19 |
| Лекція 3. Застосування методів матеріального балансу для моделювання та прогнозування безпеки об'єктів та територій..... | 24 |
| Лекція 4. Оцінка можливого впливу виробництва на навколишнє середовище та моделювання забруднення на основі рівнянь матеріального балансу..... | 28 |
| Лекція 5. Вплив розвитку процесів підтоплення на формування підземного стоку і зсувонебезпечність територій..... | 32 |
| Список літератури..... | 40 |

ВСТУП

До модуля 3 «Моделювання і прогнозування безпеки об'єктів та територій» курсу лекцій з дисципліни «Екологічна безпека» для студентів-екологів входить питання оцінки та моделювання складових біосфери на основі моніторингових даних досліджень.

Особливої актуальності в сучасних умовах у галузі природоохоронної політики набувають дані дистанційного моніторингу в поєднанні з ГІС-платформами. Для підтримки управлінських рішень з метою забезпечення екологічної безпеки територій і акваторій створюють картографічні моделі оцінки та прогнозу.

Кількісним методам визначення ступеня забруднення навколишнього середовища, аналізу потоків матеріалів та енергії присвячено другу та третю лекції курсу. Склад та аналіз системи матеріальних балансів основних видів сировини і матеріалів та забруднювальних речовин дозволяє оцінити не тільки фактичний вплив на навколишнє середовище по виробництву в цілому, але і дає необхідну оцінку окремим джерелам цього впливу.

Матеріал п'ятої лекції дозволяє оцінити вплив негативних процесів підтоплення на фактор зсувонебезпечності по окремих регіонах України.

ЛЕКЦІЯ 1

Моніторинг атмосферного повітря в Україні. Проблеми моделювання і прогнозування

До складу речовин, які визначають високий рівень забруднення багатьох міст України входять: формальдегід, діоксид азоту та аерозолі (пил). При цьому формальдегід відсутній у викидах пересувних джерел і в незначній кількості присутній у викидах стаціонарних джерел. У деяких містах (Донецьк, Київ, Луцьк) концентрація формальдегіду змінюється закономірно протягом року з найбільшим вмістом у теплий період року. Така закономірність співпадає зі зміною середньомісячних температур і відповідає кількості сонячних і похмурих днів. Спостереження дає можливість зробити припущення про фотохімічне походження формальдегіду, розглядати його як індикатор забруднення з можливістю прогнозування стану екологічної безпеки атмосферного повітря.

Система управління антропогенним впливом на метеорологічні й екологічні показники атмосфери вимагає здійснення моніторингу необхідних геохімічних характеристик. Роль і місце моніторингу в системі майже 30 років тому було визначено Ю.А. Ізраєлем (1975 – 1984pp.) [8].

Концептуально в ході моніторингу відстежуються зміни показників якості навколишнього середовища за попередній період до теперішнього часу, досліджується можливість моделювання процесів і їх прогнозування.

Спостереження за забрудненням атмосфери в Україні здійснюється кількома суб'єктами діяльності. Державним комітетом статистики (Держкомстатом) узагальнюється звітність суб'єктів господарювання про відходи, які викидають в атмосферу, на стаціонарних постах Державної гідрометеорологічної служби (150...160 постів).

На сельбищних територіях якість атмосферного повітря контролює санітарно-епідеміологічна служба Міністерства охорони здоров'я (МОЗ).

Узагальнюються результати спостережень у вигляді Національних доповідей Мінекології і Статистичних щорічників Держкомстату. Динаміка вибірково за останні роки і склад викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря подані в табл. 1.

Валові обсяги викидів можуть стати підставою для кількох напрямів аналізу. По-перше, як характеристика існуючих технологій в т.ч. питомих відходів на одиницю продукції. По-друге, як характеристика стану основних фондів і деяких складових показників конкурентоздатності, які впливають на стан економіки. По-третє, рівень підготовки кадрів для сучасних технологій.

Таблиця 1

Викиди забруднювальних речовин, (тис. т)

| Роки | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2009 | 2010 |
|---|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Викиди забруднювальних речовин у повітря – усього | 15549,4 | 7483,5 | 5908,6 | 6615,6 | 6442,9 | 6678,0 |
| У тому числі стаціонарними джерелами забруднення | 9439,1 | 5687,0 | 3959,4 | 4464,1 | 3928,1 | 4131,6 |
| З них діоксиду сірки | 2782,3 | 1639,1 | 976,6 | 1119,5 | 1235,2 | 1206,3 |
| Діоксид азоту | 760,8 | 423,8 | 320,0 | 343,7 | 279,2 | 310,5 |
| Метан з іншими вуглеводнями | 261,6 | 235,2 | 179,7 | 811,1 | 840,7 | 844,8 |
| Неметанові леткі органічні сполуки | 200,4 | 313,0 | 263,8 | 91,1 | 66,9 | 66,0 |
| Пересувними джерелами забруднення | 6110,3 | 1796,5 | 1949,2 | 2151,5 | 2514,8 | 2546,4 |
| З них діоксиду сірки | | | 8,2 | 13,3 | 27,5 | 28,9 |
| Діоксид азоту | | 106,5 | 120,6 | 180,2 | 282,9 | 293,2 |
| Оксид вуглецю | | 1426,8 | 1546,2 | 1654,7 | 1872,0 | 1888,1 |
| Неметанові леткі органічні сполуки | | | | 5,4 | 291,6 | 293,3 |
| Сажа | | | 7,2 | 13,4 | 30,4 | 32,4 |

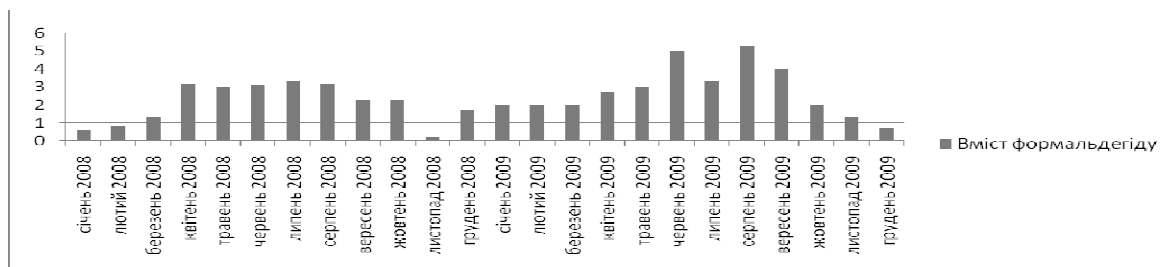
Аналіз та оцінювання поточних змін забруднення атмосфери

Перші три названі забруднювачі виявилися найбільш поширеними і найбільш значними, тому визнані як пріоритетні в усіх регіонах. На рис. 1 вибірково представлено середньомісячні концентрації формальдегіду у вигляді

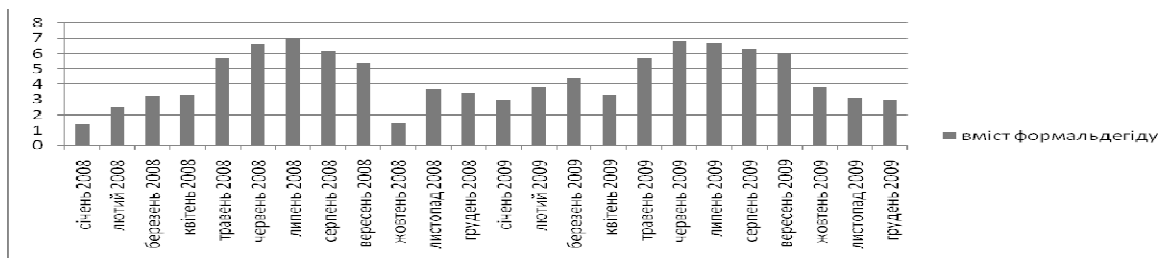
$$\frac{C_n}{ГДК_{с.д.}},$$

де C_n – концентрація під час дослідження, мг/м^3 ; $ГДК_{с.д.}$ – середньодобова нормативна концентрація, мг/дм^3 оксиду азоту за 2008-2009 рр.

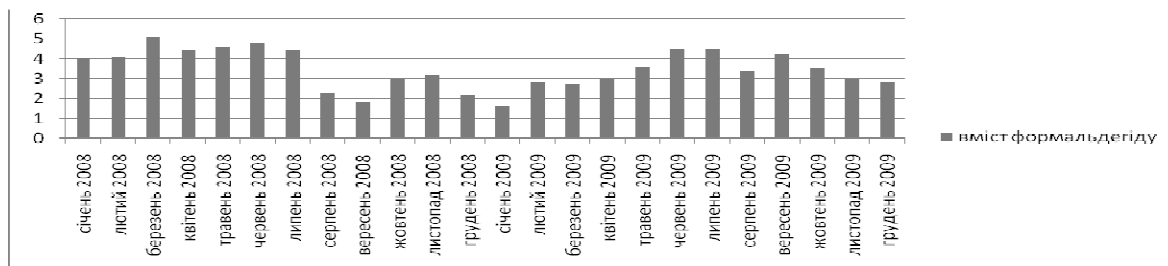
Привертає увагу те, що концентрації формальдегіду в містах Донецьк, Київ, Луцьк мають характер регулярної періодичності, в містах Северодонецьк, Рубіжне, мають лінійний характер, в містах Одеса, Херсон, Хмельницький скоріше мають випадковий характер.



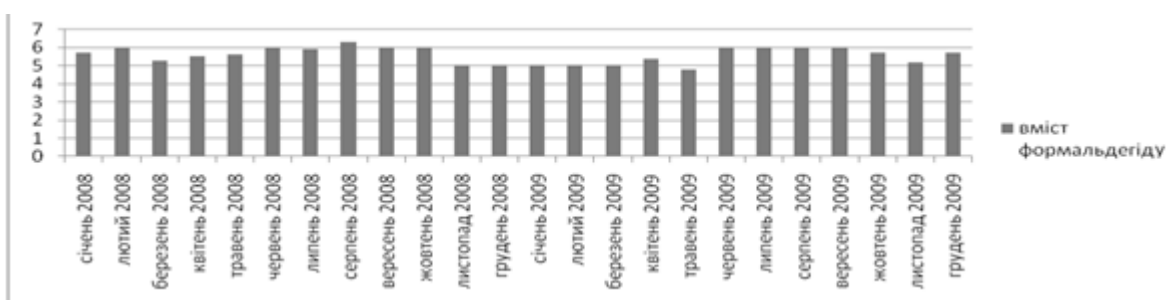
а



б

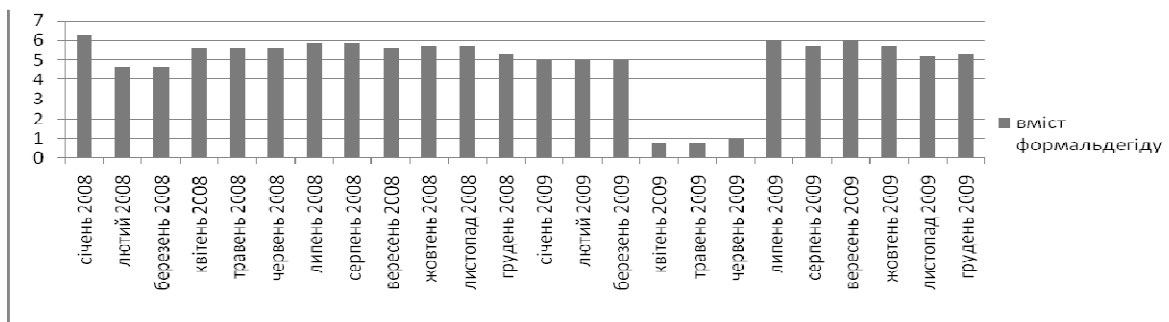


в

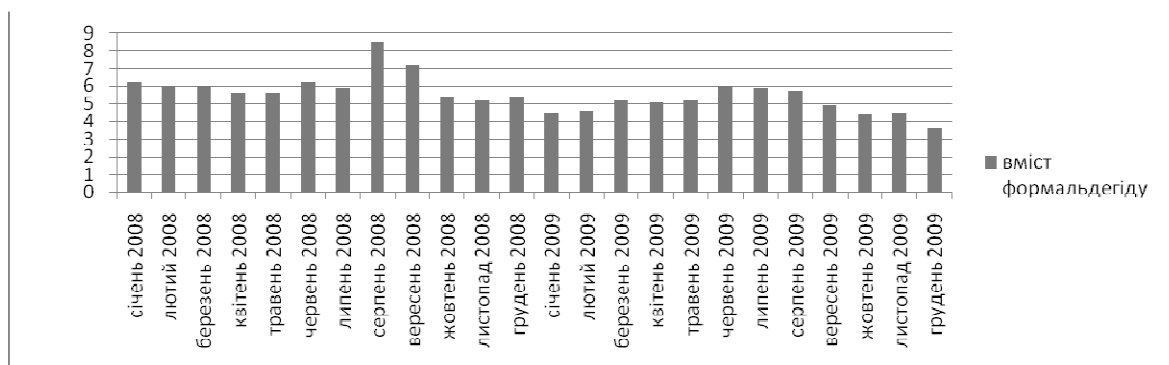


г

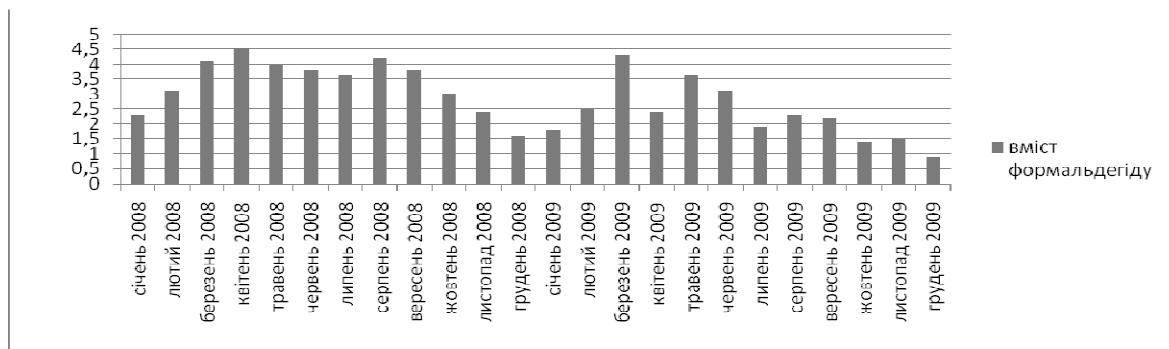
Рис.1. Середньомісячні концентрації формальдегіду за 2008-2009 рр.:
а – м. Київ; б – м. Донецьк; в – м. Луцьк; г – м. Сєверодонецьк; д – м. Рубіжне;
е – м. Одеса; є – м. Херсон; ж - м. Хмельницький (див. також с. 8)



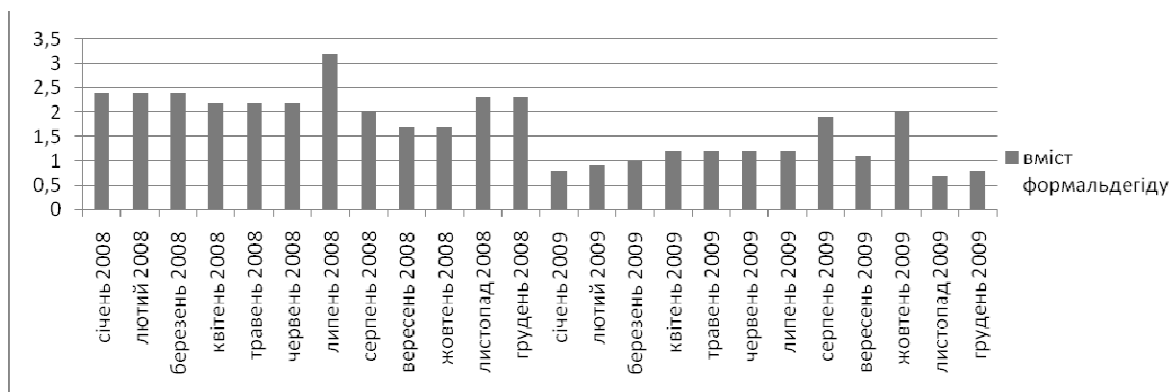
д



е



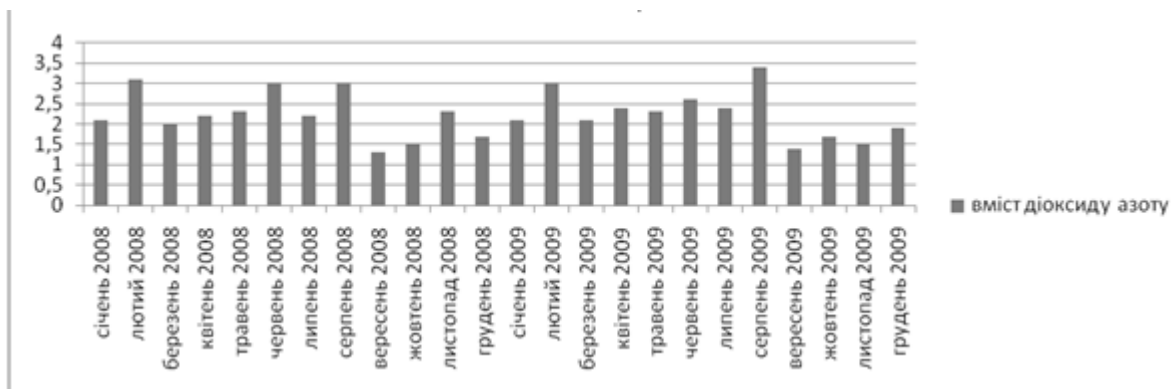
є



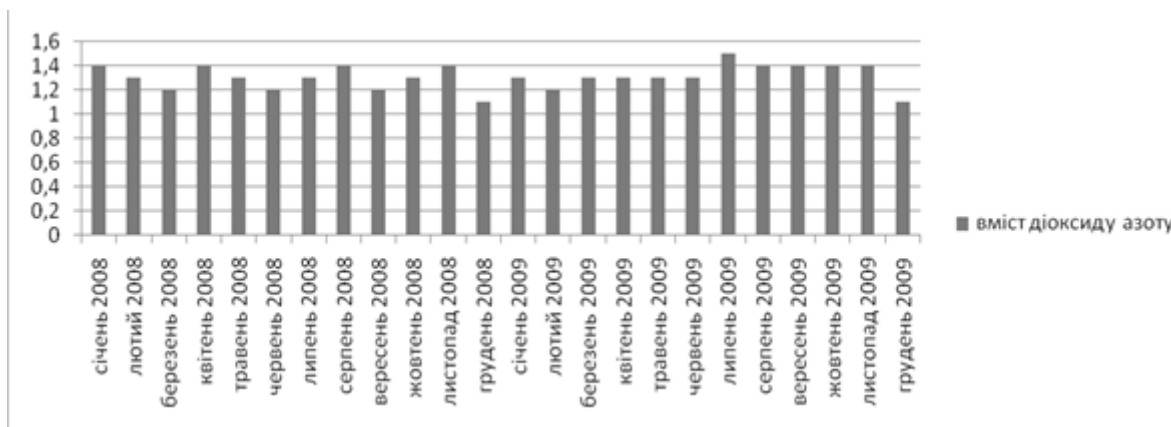
ж

Рис. 1. Закінчення

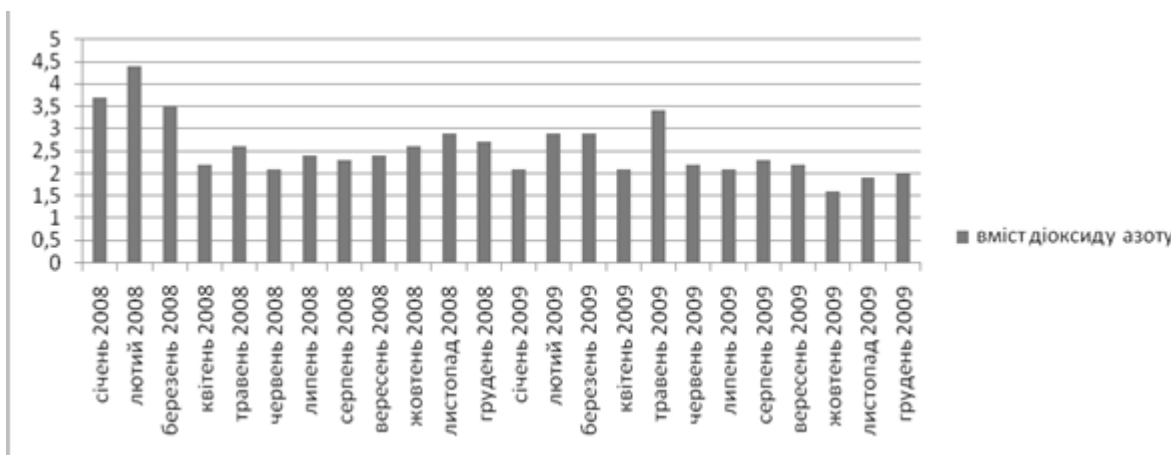
Концентрації діоксиду азоту стабільно перевищують ГДК, а середньомісячна динаміка має лінійний або випадковий характер (рис. 2).



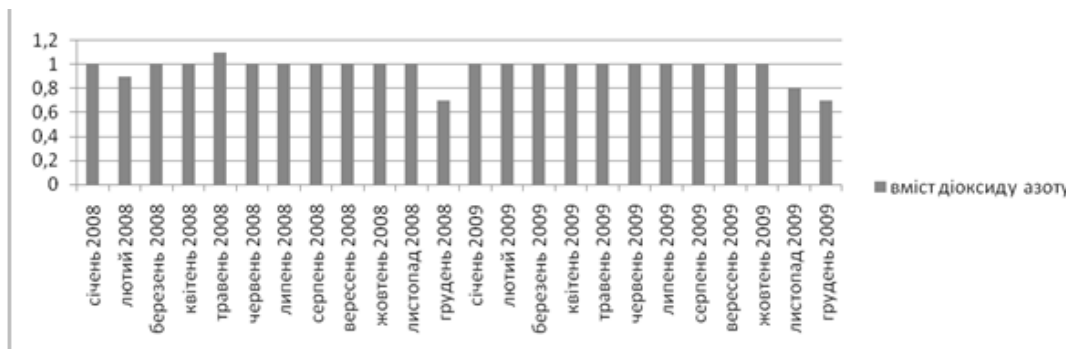
а



б



в



г

Рис. 2. Середньомісячні концентрації діоксиду азоту за 2008–2009 рр.:
а – м. Хмельницький; б – м. Одеса; в – м. Херсон; г – Лисичанськ

Для аналізу визначеної динаміки середніх концентрацій запропоновано структуровану модель основних шляхів перенесень і перетворень емісій в атмосфері (рис. 3).

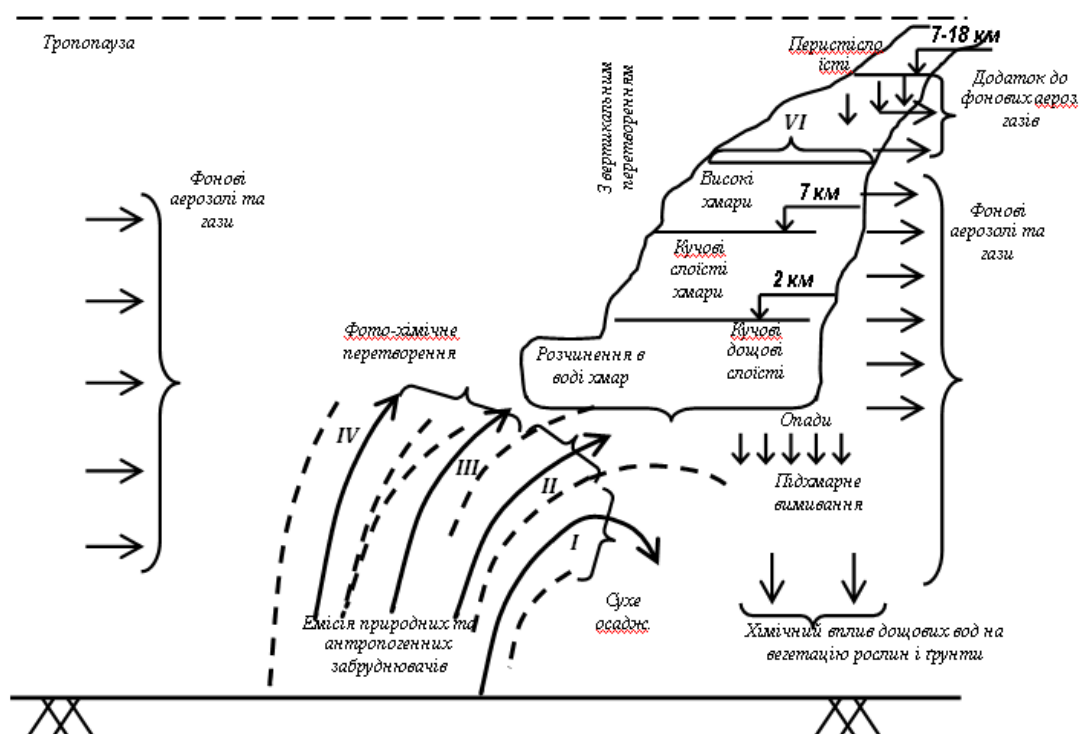


Рис. 3. Шляхи перенесень і перетворень природних та антропогенних емісій:

- I – осадження за метеоумов нестабільних за показником турбулентності атмосфери та градієнта розподілення температури по висоті;
- II – емісія в зону підхмарного вимивання опадами;
- III – емісія в хмарний покрив;
- IV – емісія у відкрити сонячному опроміненню атмосферу;
- V – випадіння опадів із забруднених хмар;
- VI – піднімання з перетворенням крапель

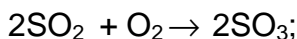
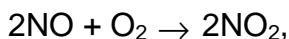
Розсіювання шкідливих речовин шляхом (I) аналітично оцінюється за допомогою методики ОНД-86 [4], в якій очікувана концентрація в атмосферному повітрі пов'язана з кількістю речовини, яка викидається за одиницю часу і обумовлена несприятливими метеоумовами. Процес швидкий і охоплює територію в радіусі кількох сотень метрів від джерела.

Шлях (II) з підхмарним вимиванням характерний для стабільних умов (інверсія та слабка турбулентність) за тривалих опадів протягом декількох годин. Розчинення у воді хмар (III) – належить до нейтральних метеоумов, супроводжується більш тривалим періодом перебування в атмосфері і завершується або випадінням опадів (V), або підніманням у верхні шари тропосфери (VI), перетворенням крапель в льодинки та їх вимерзанням з вивільненням дрібних часток типу SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- і включенням у глобальні перенесення.

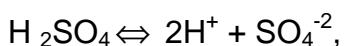
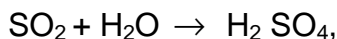
Фотохімічні перетворення (ІV) під впливом сонячного світла, за стабільних або нейтральних умов за відсутності хмар, створюють досить специфічне забруднення атмосфери протягом дня.

До переліку основних атмосферних процесів (фізичних і хімічних) входять:

- доокиснення –

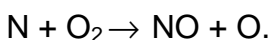
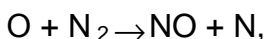
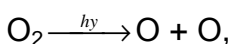


- конверсія –

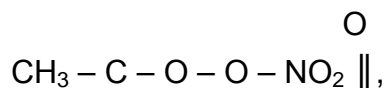


в ході якої газоподібні речовини перетворюються на тверді частки;

- конденсація, в ході якої відбувається фазовий перехід: пари → краплі;
- фотохімічні перетворення під час грозової діяльності – відома ланцюгова реакція фіксації азоту:



Під впливом сонячного світла відбуваються перетворення пероксиацетилнітрату (ПАН):



в результаті яких формуються компоненти фотохімічного смогу (рис. 4).

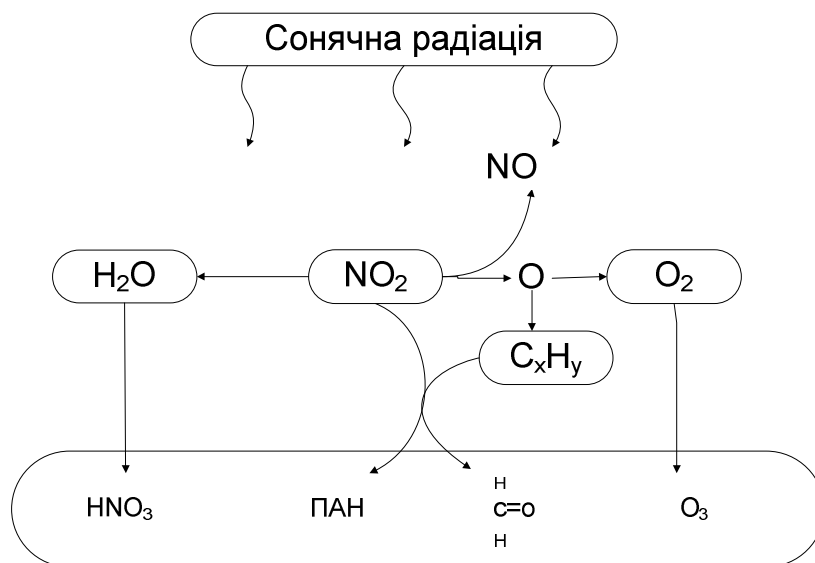


Рис. 4. Модель процесу утворення фотохімічного смогу

ПАН вважають кращим індикатором міського фотохімічного забруднення атмосфери, тому що його фонові концентрації дуже низькі. Після денного (годинного) піку поглинається поверхневими речовинами і рослинами, корелюється з концентраціями озону (рис. 5). Час існування ПАН залежить від температури і становить з ~ 30 хв за $t = 298$ °К до ~ 8 год за $t = 73$ °К. Тому у верхній тропосфері ПАН утримується місяцями.

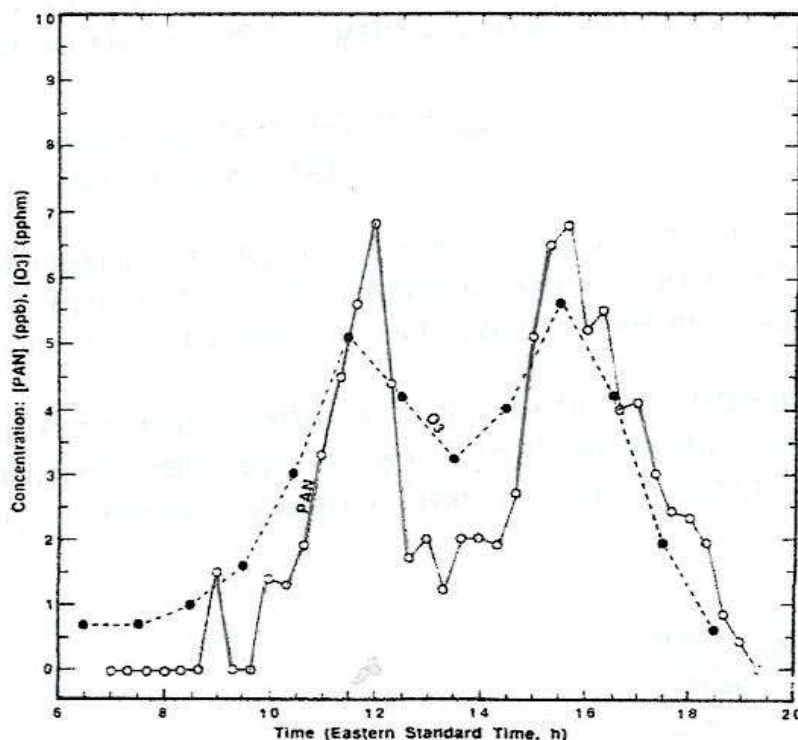
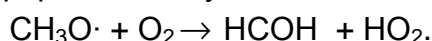


Рис. 5. Зв'язок між ПАН і O₃ в березні 1984 р., Сідней, Австралія

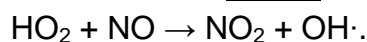
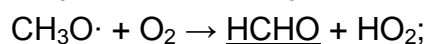
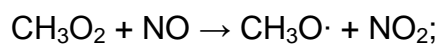
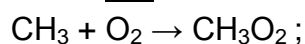
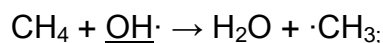
За нічних температур та значних концентрацій NO \rightarrow NO₂ і утворення метилпероксіяцетил радикала CH₃C(O)O· резервуються речовини хімічно активні і підготовлені до сходу сонця. В ході описаних перетворень мають місце умови для продукування формальдегіду:



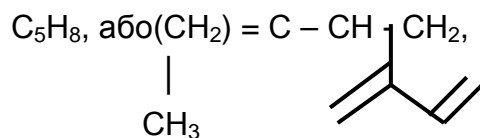
Формальдегід – ще один з компонентів фотохімічного смогу, активний в атмосферному хімічному процесі при тому, що вимивається частково дощами.

Формальдегід утворюється в атмосфері в ході кількох процесів як продукт окиснення вуглеводнів.

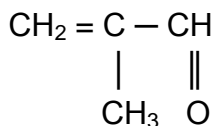
Метан перетворюється в метил радикал і далі:



Вуглеводні рослинного походження присутні всюди, в їх числі найбільш відомий ізопрен:

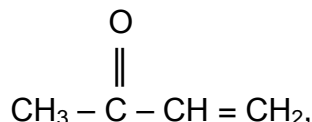


в ході окиснення якого утворюються метакролеїн



або

вініл-кетон

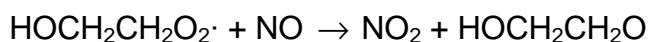
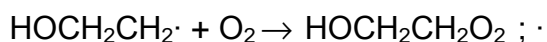
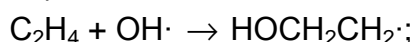


і далі HO_2 та формальдегід HCHO .

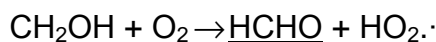
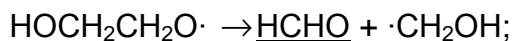
Як і в попередньому $\text{HO}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{OH}$.

До джерел антропогенного походження вуглеводнів відносяться емісії відпрацьованих газів різних видів двигунів. Найбільшу частину в викидах складають алкени (або олефіни):

Етилен в реакціях з OH і NO :



і далі радикал $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{O} \cdot$ розкладається та реагує з киснем з отриманням формальдегіду HCHO і радикала перекису водню $\text{HO}_2 \cdot$:



Таким чином можуть бути представлені фотохімічні перетворення вуглеводнів (C_xH_y) різного походження, серед них, як приклади, метан, вуглеводні біогенного походження – ізопрен і алкени, які входять в емісії двигунів внутрішнього згорання.

Ізопрен в реакціях з $\overline{\text{OH}}$ має життєвий час 1,7 год, в реакціях з озоном – 1,3 дні, з NO – 0,8 год. Життєвий час від 1,5 ($\overline{\text{OH}}$) до 8 днів (NO) [2].

Складові фотохімічного смогу являються вторинними забруднювачами, попередниками яких являються летючі вуглеводні різного походження та оксиди азоту.

Віднесення емісій в атмосферу до тієї чи іншої структурної складової вимагає залучення географічної характеристики і пов'язаних кліматичних, рельєфних, ґрунтових та хімічних факторів.

Що стосується формальдегіду, то імовірно, що він може бути використаний як озон та ПАН, як індикатор забруднення у процесі розвитку подій з емісіями по IV шляху.

Проникнення емісій у дощові хмари (III) може бути оцінене за питомою складовою часу захмареності на географічній місцевості і за розвитком метеорологічних умов, які можуть призвести до тривалих опадів (можливо, кислих) – шлях V або до переміщення у верхню тропосферу – шлях VI.

Комплекс умов для оціночних висновків по територіях (див. рис. 3) з регулярним поліноміальним або синусоїдальним характером зміни концентрацій повинен бути доповнений метеорологічними та кліматичними даними і характеристикою джерел емісій.

Дослідження фотохімічних реакцій, які супроводжуються утворенням озону, пероксиацетилнітрату і формальдегіду, дають підставу зробити висновок з приводу факту найбільшої присутності формальдегіду в моніторингових дослідженнях в Україні.

Закономірно періодичний характер присутності формальдегіду узгоджується з кліматичними і метеорологічними даними.

На рис. 6 – 8 представлено позиційно суміщені середньомісячні концентрації формальдегіду, графіки середніх температур і кількості ясних та похмурих днів для міст Київ, Донецьк, Луцьк. Концентрації формальдегіду узгоджуються з факторами клімату і метеоумовами.

Формальдегід, як вторинний забруднювач і наступник вуглеводнів кількісно змінюється без значних перепадів часу за умови, що джерела вуглеводнів рівномірно розташовані по площині (метан – ґрунти, водні об'єкти; ізопрен – рослинність; етилен – автотранспортна мережа).

Криві зміни концентрацій можуть бути апроксимовані з допомогою тригонометричної функції або поліноміальних рядів. Параметри функцій наведено на відповідних частинах графіків. У цих графіках перевищення ГДК за формальдегідом K_n розраховують за такими формулами:

$$k_n = a_n + b_n \sin(\pi n / 12), \text{ де } a_n = 1,3; b_n = 3,7; \quad (1)$$

$$k_n = 8E-06n^6 - 0,0006n^5 + 0,0178n^4 - 0,2257n^3 + 1,2454n^2 - 2,1373n + 1,6623;$$

$$R^2 = 0,8099.$$

$$k_n = a_n + b_n \sin(\pi n / 12), \text{ де } a_n = 2,7; b_n = 6,8; \quad (2)$$

$$k_n = 1E-05n^6 - 0,0011n^5 + 0,0314n^4 - 0,4079n^3 + 2,3537n^2 - 4,5684n + 4,2863;$$

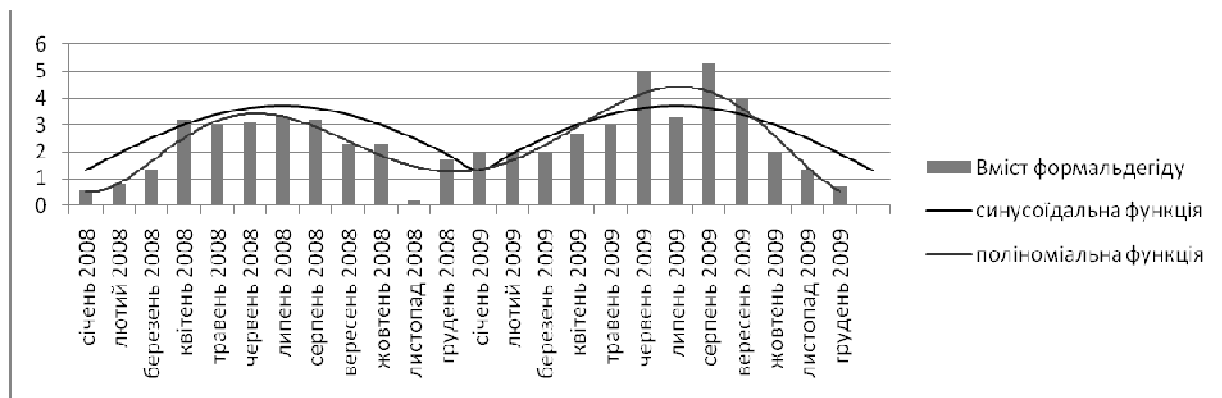
$$R^2 = 0,8018.$$

$$k_n = a_n + b_n \sin(\pi n / 12), \text{ де } a_n = 2,7; b_n = 4,6; \quad (3)$$

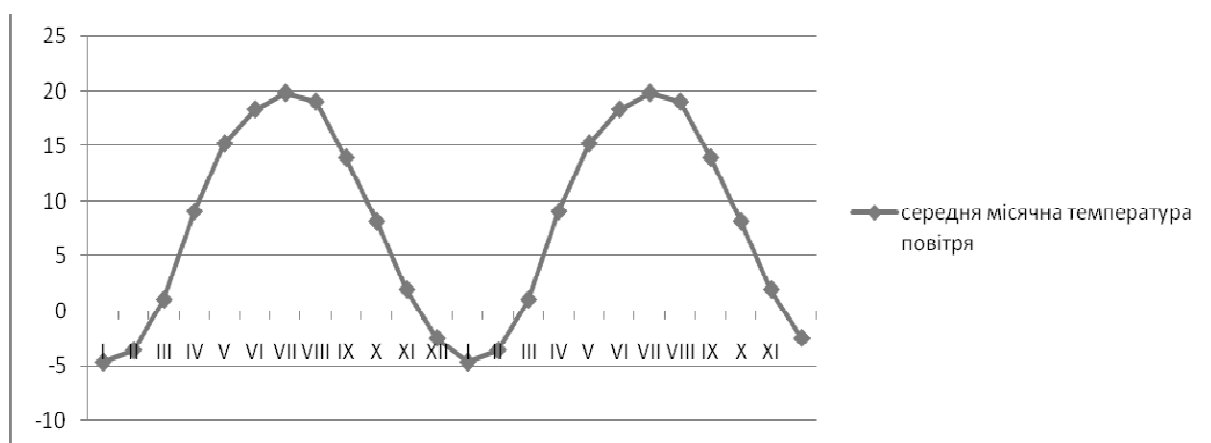
$$k_n = 3E-06n^6 - 0,0002n^5 + 0,0047n^4 - 0,0419n^3 + 0,0459n^2 + 0,6092n + 3,2765;$$

$$R^2 = 0,7313.$$

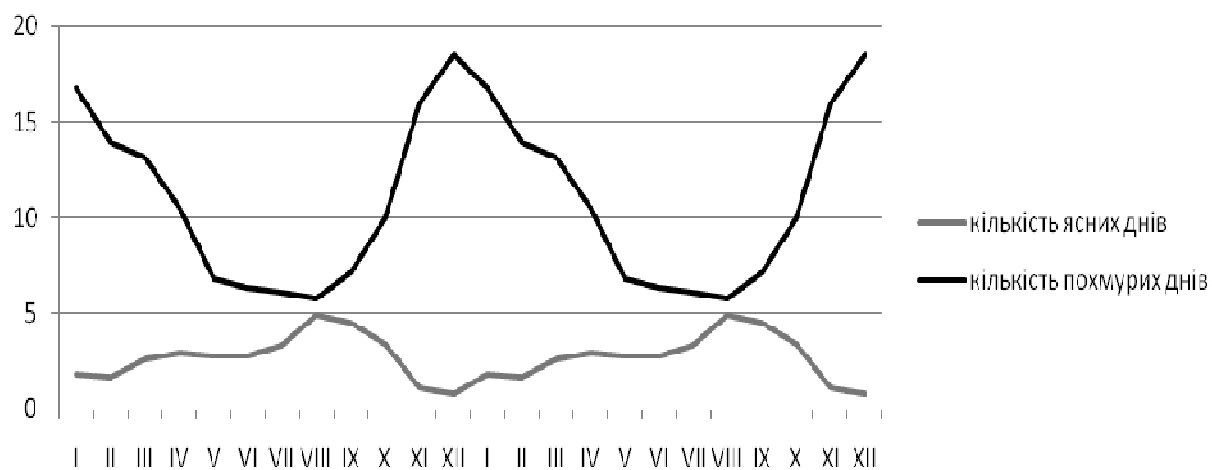
У функціях: k_n – перевищення гранично-допустимої концентрації (ГДК) за формальдегідом, n – порядковий номер місяця за дворічний період, a_n – фонове перевищення, b_n – амплітуда перевищення, E – число e , R – похибка полінома.



а

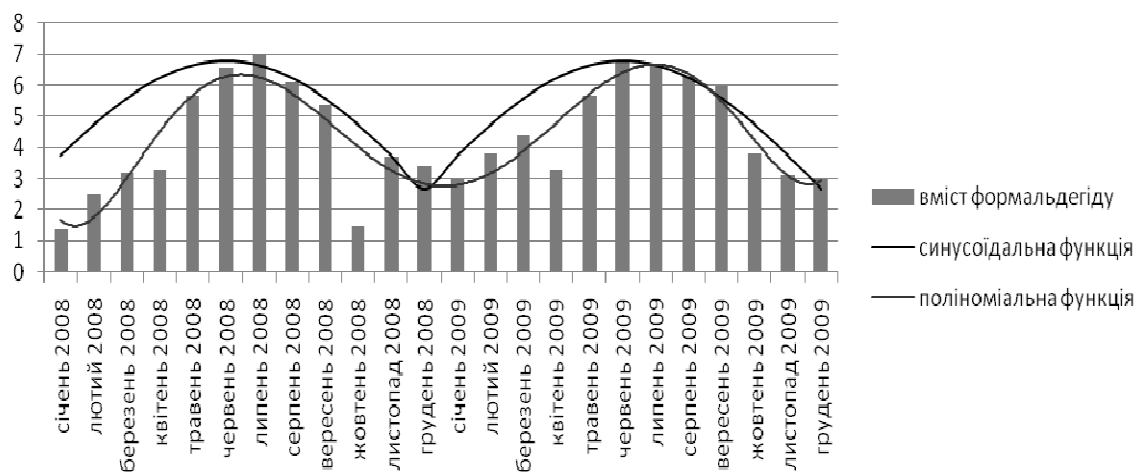


б

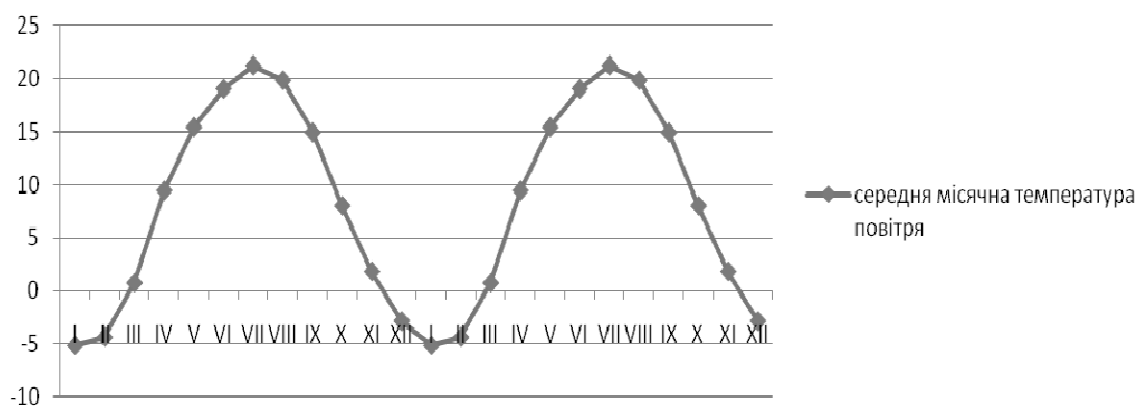


в

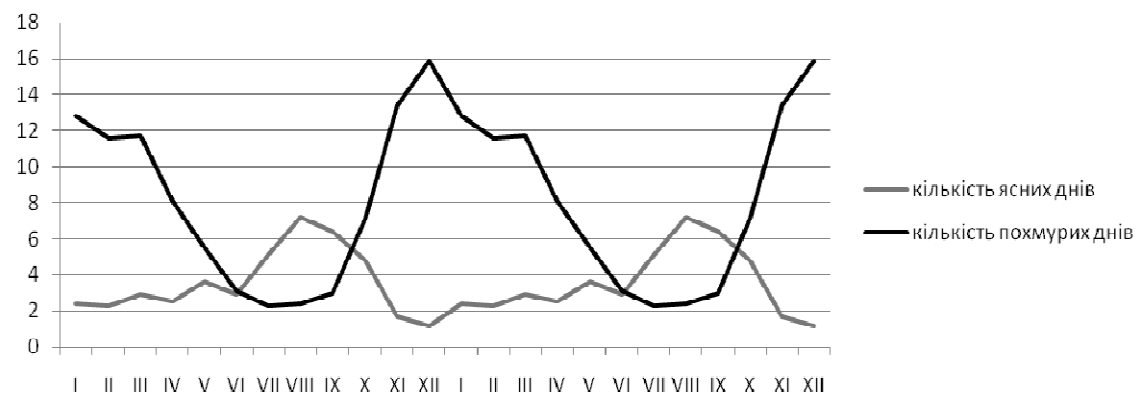
Рис. 6. Комплекс характеристик по м. Київ:
 а – середньомісячні концентрації формальдегіду за 2008 – 2009 рр.;
 б – середня місячна температура повітря; в – хмарність



а

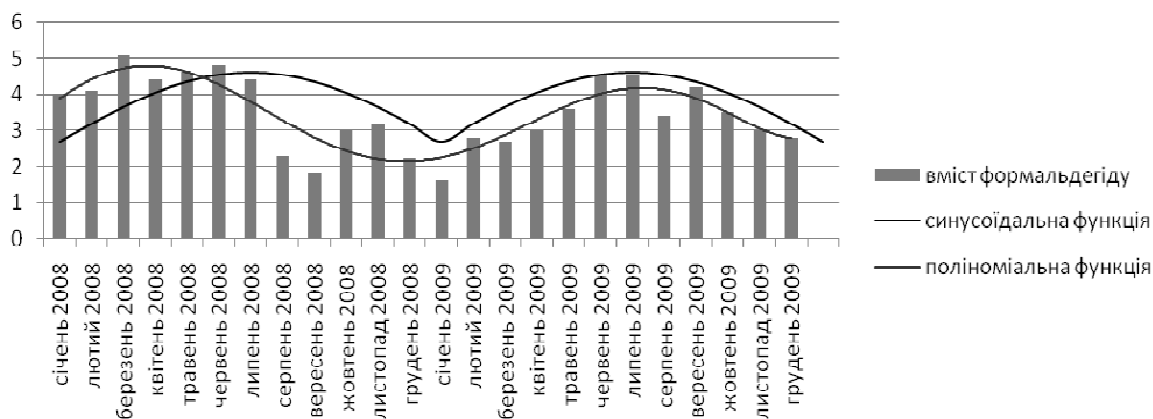


б

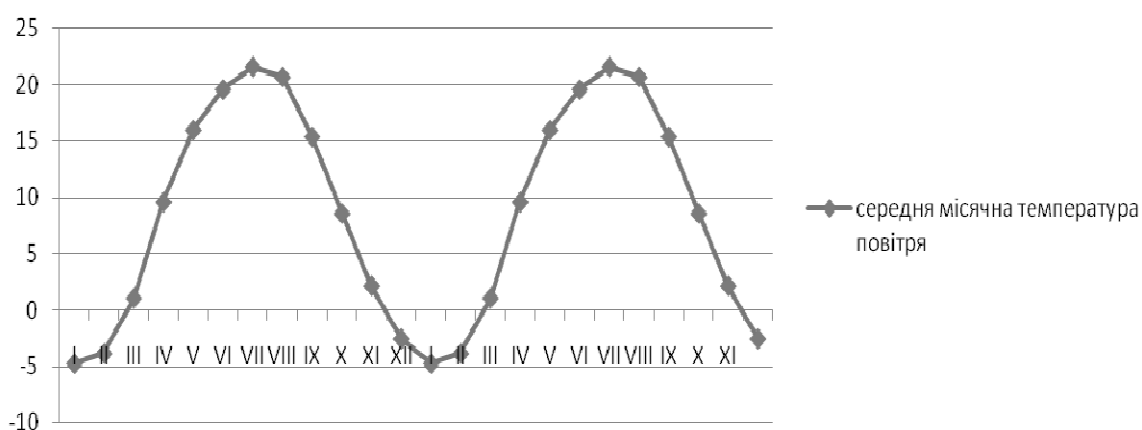


в

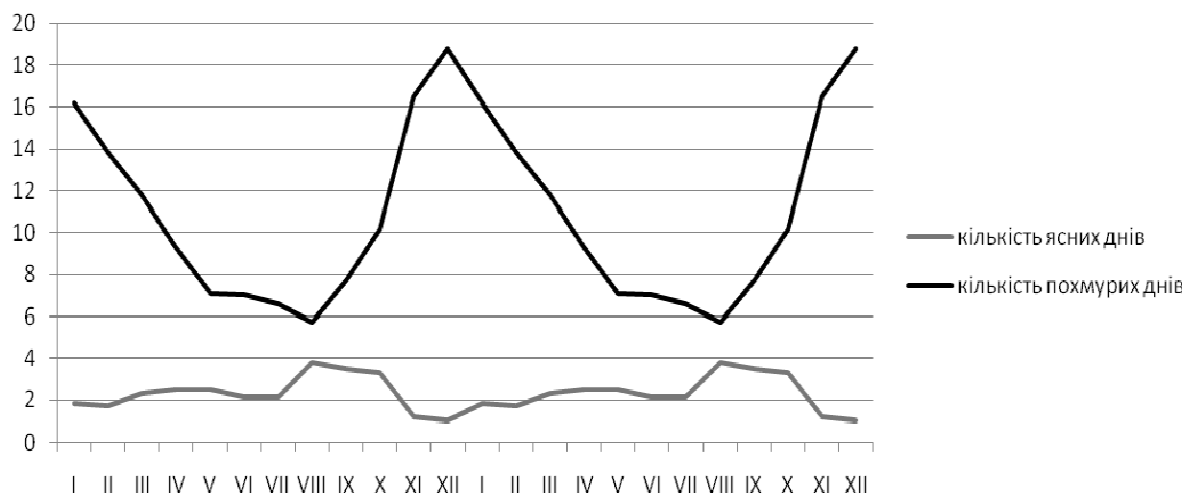
Рис. 7. Комплекс характеристик по м. Донецьк:
 а – середньомісячні концентрації формальдегіду за 2008 – 2009 рр.;
 б – середня місячна температура повітря; в – хмарність



а



б



в

Рис. 8. Комплекс характеристик по м. Луцьк:
а – середньомісячні концентрації формальдегіду за 2008 – 2009 рр.;
б – середня місячна температура повітря; в – хмарність

Для прогнозування можуть бути запропоновані тригонометричні функції апроксимації під час екстраполяції їх значень на наступний період. При цьому опрацювання даних за більш тривалий попередній період дасть можливість уточнювати значення a_n і b_n .

Що стосується розуміння інших випадків розподілення середніх концентрацій формальдегіду, то можливе припущення щодо ефекту накладання зосереджених джерел формальдегіду на рівномірно розподілені джерела первинних вуглеводнів.

Отже на основі вищевикладеного можна зробити такі висновки:

- від моменту, коли емісії з джерел потрапляють в атмосферу починаються фізико-хімічні перетворення і визначення шляхів руху цих емісій в атмосфері. Головними факторами являється клімат, метеорологічні умови, показники сталості атмосферного процесу;

- огляд результатів моніторингових досліджень дозволив виявити в деяких випадках закономірні процеси з розподілення на територіях забруднювачів. При чому найбільш потужним із забруднювачів виявився формальдегід. Це викликало необхідність виділити фотохімічні перетворення та визначити структуру можливих варіантів перенесень. Формування забруднювача формальдегіду, який переважає, мало необхідні умови: наявність попередників (летючих вуглеводнів різного походження), температури атмосфери (річний хід температур і температури теплового періоду) та сонячного опромінення (періоди ясних і хмарних днів);

- для більш повного уявлення про те, що відбувається в атмосфері навколо обраного географічного пункту, необхідно включити в обсяг досліджень і інші періоди перенесення – в першу чергу такі, які супроводжуються заокисленням хмар і підхмарним вимиванням.

Запитання для самоконтролю

1. Назвіть основні риси організації моніторингу забруднення атмосфери в Україні.
2. Назвіть поточні характеристики забруднення протягом календарного періоду.
3. Дайте визначення структурованої моделі перенесень і перетворень речовин емісій.
4. Назвіть метеоумови і характеристики сталості атмосфери, як фактор впливу на шляхи перенесень.
5. Дайте визначення фотохімічним перетворенням та визначте їх вплив на вторинне забруднення.
6. Як відбувається оцінювання поточних змін концентрацій, як відображення фотохімічних процесів?
7. Як відбувається прогнозування забруднення на основі поточних характеристик?

ЛЕКЦІЯ 2

Моніторинг забруднення територій і акваторій методами дистанційного зондування землі

Сучасні методи спостереження за еколого-санітарним станом складових навколишнього середовища умовно можна поділити на дві групи: контактні і дистанційні. Перші ґрунтуються на прямому вимірюванні параметрів стану навколишнього середовища: ґрунтового покриття, атмосферного повітря, поверхневих вод, на лабораторних аналізах відібраних проб згідно з відповідними затвердженими методиками. До другої групи належать різноманітні неконтактні методи, в яких використовують прилади, просторово віддалені від об'єкта досліджень. Як правило, такі прилади ставлять на авіа- або космічні носії, хоча можливе застосування на борту човна, катера або судна (рис. 8, 9).

Основні переваги методів дистанційного зондування землі (ДЗЗ):

- висока оглядовість, можливості отримання миттєвої інформації про процеси, які відбуваються на великих за площею територіях;
- можливість переходу від дискретних вимірювань параметрів стану об'єктів, що зондуються в окремих точках регіону, до безперервного зображення просторового розподілу відповідних показників;
- можливість отримання інформації у важкодоступних місцях;
- висока генерація інформації.

В основі ДЗЗ лежать методи вимірів власного і відбитого електромагнітного випромінювання. При цьому враховується ступінь прозорості земної атмосфери для хвиль відповідного діапазону, а також характер їхньої взаємодії із земними утвореннями.

Найбільшою інформативністю в екологічних додатках характеризується оптичний діапазон. Це обумовлено тим, що характер відбитої сонячної радіації дуже чутливий до таких параметрів земних утворень, як концентрація хлорофілу у фітоценозах і завислих речовин у поверхневих водах, вологості і складу ґрунтів і т. ін. Але космічне в оптимальному діапазоні може виконуватися тільки вдень і за відсутності хмар над районом зйомки.

Основною характеристикою взаємодії випромінювання в оптичному діапазоні із середовищем, що зондується, є коефіцієнт спектральної яскравості (КСЯ), $\rho(\lambda)$ – величина, яка дорівнює відношенню яскравості даної поверхні в заданому напрямку $B(\lambda)$ до яскравості ідеально розсіювальної поверхні $B_0(\lambda)$ коефіцієнтом відбиття рівним одиниці та освітленої так само, як і дана поверхня:

$$\rho(\lambda) = \frac{B(\lambda)}{B_0(\lambda)}. \quad (4)$$



Рис. 8. Фрагмент космічного знімка з зображенням акваторії о. Червоний лиман

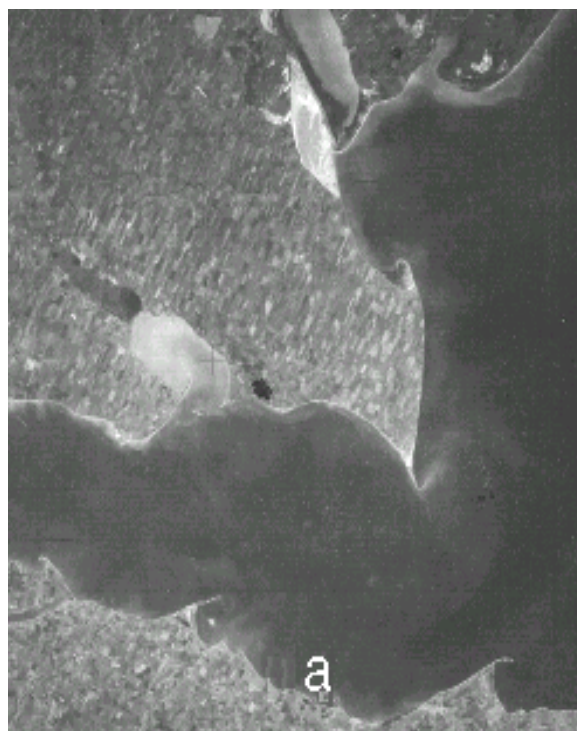


Рис. 9. Фрагменти космічних знімків західного узбережжя Азовського моря, отриманих камерою:
а – канал зйомки К4 (640...680 нм); б – канал зйомки К5 (700...740 нм)

За ідеальний розсіювач, зазвичай, беруть поверхні, які рівномірно розсіюють усі довжини хвиль спектра (гіпсові пластинки, пластинки, які покриті шаром барію та ін.).

Як приклад, розглянемо фізику формування інформативного сигналу під час зондування водних поверхонь. У процесі відбиття світла середовищем світловий потік, який випромінюється водною поверхнею, складається з потоку, відбитого від межі поділу повітря-вода, і світлового потоку з-під водної поверхні.

Перша величина називається коефіцієнтом дзеркального відбиття (КДЗВ) і її інтенсивність залежить від властивостей та стану водної поверхні. Друга складова – коефіцієнт дифузного відбиття (КДВ). Її величина залежить від первинних гідрооптичних характеристик, таких як показник поглинання, показник розсіювання тощо. Показник КДВ залежить від концентрації розчинених та завислих у воді речовин.

До чинників, які впливають на КДЗВ належать коливання водної поверхні, наявність на ній нафтових плівок піни та інших поверхневих утворень, заростання водойм макролітами тощо.

До завдань екологічної безпеки об'єктів належить ідентифікація на поверхні акваторії нафтових плівок. Ефективність ідентифікації плівок можна оцінити за критерієм контрасту коефіцієнта відбиття [16]:

$$K(\lambda) = \frac{(R(\lambda) - R_{\phi}(\lambda))}{R_{\phi}(\lambda)}, \quad (5)$$

де R , R_{ϕ} – спектральні коефіцієнти відбивання відповідно нафти і фонові водної поверхні.

В оптичному діапазоні коефіцієнт відбивання нафти більший, ніж води. Він приблизно сталий, а коефіцієнт відбивання води спадає зі збільшенням довжини хвилі. Отже, на космічних знімках оптичного діапазону товсті нафтові плівки виглядають світлішими, ніж фонові вода. Зміна реєстрованого методами ДЗЗ сигналу залежить від товщини плівки, через поглинання світла нафтою.

Для вирішення задач моніторингу екологічної безпеки водних об'єктів необхідно знати просторовий розподіл концентрацій завислих речовин у воді. На космічних знімках в оптичному діапазоні ділянки акваторій з вищою концентрацією завислих речовин, як правило, світліші. Але космічне зондування Землі в оптичному діапазоні може виконуватися тільки вдень і за відсутності хмар над районом зйомки. В тепловому інфрачервоному діапазоні можна виявляти варіації фізико-хімічних параметрів природних утворень за їхніми температурними змінами, як удень, так і вночі. Зйомка у надвисокочастотному діапазоні чутлива до геометричних і діелектричних характеристик поверхонь, що зондуються.

Технологія отримання інформації природних ресурсів, яка базується на методах тематичної обробки космічних знімків, використовує можливості сучасних геоінформаційних технологій (ГІС).

Теоретичні засади цієї технології досить детально викладено в роботах [17, 316]. Розглянемо методику моніторингу забруднення водойм точковими та дифузними джерелами скидів стічних вод [4].

До точкових джерел відносимо організовані та зареєстровані скиди промислових і комунально-господарських стічних вод, а до дифузних – поверхневий стік із сільськогосподарських угідь. Космічний моніторинг забруднення водойм цими джерелами можна реалізувати тільки у випадках, коли лінійні розміри зон їхнього впливу на гідрооптичні чи гідроелектричні

показники природних поверхневих вод у декілька разів перевищують просторовий дозвіл залучених до цього космічних знімків. Найчастіше можливість ідентифікації зон забруднення водойм обумовлена відмінностями концентрацій завислих речовин у стічних і фонових водах.

Картографування меж зон поширення стічних вод без виділення різних градацій рівня забруднення можна здійснити стандартними засобами інтегрованих ГІС без додаткової тематичної обробки або з використанням методу лінійного розтягування контрасту. У тих випадках, коли потрібно не просто окреслити зону поширення стічних вод, а й виділити всередині неї ділянки з різною концентрацією забруднювальних речовин, треба застосувати спеціальну тематичну обробку – наприклад, сегментацію яскравості, основувану на класифікації елементів зображення методом природних інтервалів.

Суть цього методу полягає в аналізі гістограми яскравості зображення з метою виділення на ній різних модальностей. При цьому попередньо потрібно виділити контури берегів. Після цього будують гістограму розподілу яскравості тільки для елементів зображення власне акваторії. Під час роботи з багатозональними космічними знімками цю гістограму будують для одного з каналів оптичного діапазону, в якому полімодальність гістограми виражена чіткіше. На гістограмі визначають рівні яскравості K_i , що відповідають мінімумам гістограми (тут i – номер локального мінімуму ($i=1 \dots N-1$), де N – кількість модальностей, виділених на гістограмі). Потім проводять сегментацію зображення за таким граничним правилом:

$$X \in \begin{cases} \omega_0, & \text{якщо } K < K_1, \\ \omega_i, & \text{якщо } K > K_i, \end{cases}$$

де ω_0 – клас елементів зображення, що відповідають фоновим водам; ω_i – клас, що відповідає i -му рівню забруднення (передбачається, що зі збільшенням індексу i рівень забруднення зростає). Для переходу від відносних оцінок якості поверхневих вод до кількісних концентрацій забруднювальних речовин, необхідно знайти регресійні моделі типу $C=f(I)$, де C – концентрація забруднювальної речовини, I – яскравість зображення в зоні поширення.

На еколого-санітарний стан переважної більшості водойм України суттєво впливає поверхневий стік із сільгоспугідь. Він транспортує забруднювальні речовини, які сприяють порушенню природного перебігу гідрохімічних та гідробіологічних процесів у водоймах. Особливо помітний вплив поверхневого стоку на слабкопроточні водосховища степової і лісостепової зон. Зниженню його ступеня можна посприяти впровадженням широкого спектру водоохоронних заходів.

Що стосується стоку з сільгоспугідь, то до них, в першу чергу, відносимо протиерозійні, а також ті, які зменшують інтенсивність процесів його формування або здійснюють перехоплення з подальшим застосуванням технологій освітлення, наприклад, у міні-ставках. Вибір складу таких заходів та їх ефективність залежать від точності і повноти врахування індивідуальних

особливостей окремих ділянок поверхневого водозбору водойми. До них належать: характер землекористування, ступінь лісистості, ширина та напрямок лісосмуг, потенційна схильність окремих ділянок водозбору до розвитку водної ерозії ґрунтів, густина яружно-балкових систем, переважні типи ґрунтів, обсяги внесених агрохімікатів та органічних добрив, локалізація зрошувальних систем тощо. Кількісні та якісні параметри більшості з них можна отримати тематичною обробкою космічних знімків. Основні її завдання в цьому випадку полягають в необхідності:

- складання карти ерозійної небезпеки ґрунтів поверхневих водозборів для рангування ділянок їх територій за ступенем впливу на еколого-санітарний стан водойм з метою обґрунтування черговості впровадження водоохоронних заходів і їх технічного змісту;
- визначення локалізації гирл тимчасових водотоків, що впадають у водойми, та будівельних майданчиків споруд для перехоплення і подальшого освітлення поверхневого стоку;
- отримання порівняльних оцінок ефективності споруд та окремих ділянок водоохоронних зон, спрямованих на зниження рівня забруднення водойм поверхневим стоком;
- виділення ділянок водойм, що підлягають навантаженню речовинами техногенного походження, які змиваються поверхневим стоком із територій промислових підприємств або житлових масивів, не обладнаних системами збору та каналізації поверхневого стоку.

Загальна схема картографування ерозійної небезпеки ґрунтів зводиться до визначення меж ділянок поверхневого водозбору з приблизно однорідними характеристиками ерозійної небезпеки ґрунтів, до розрахунку кількості ґрунту, що змивається в середньому за рік з території, та виокремлення тієї його частки, яка надходить безпосередньо до водних об'єктів. При цьому необхідно виявити маршрути транспортації поверхневого стоку та локалізації ділянок берегової лінії, де він розвантажується. Ця обставина є надзвичайно важливою, оскільки поверхневий стік транспортує не лише продукти ерозії ґрунтів, а й сорбовані на них забруднювальні речовини – залишки добрив, пестицидів, іноді – радіонуклідів. Щоб запобігти потраплянню їх у водні об'єкти, будують ставки-деструктори або освітлювачі. В них завислі наноси осідають на дно, а потім утилізуються. Маючи схеми транспортації поверхневого стоку, можна обрати оптимальну локалізацію подібних споруд та визначити ділянки першочергового впровадження водоохоронних заходів на поверхневому водозборі як великих, так і середніх та малих водойм (ставків). Схеми транспортації поверхневого стоку можуть бути корисними під час розслідування причин надзвичайних ситуацій – наприклад, масової загибелі риби в річці або водосховищі, а також під час планування заходів, спрямованих на усунення наслідків техногенної аварії, що супроводжується викидами на поверхневий водозбір забруднювальних речовин, наявність яких у поверхневих водах небажана або навіть неприпустима.

Але, як відмічається в багатьох наукових роботах, методи ДЗЗ із космосу не можуть цілком замінити традиційні контактні методи спостереження за навколишнім середовищем, а тільки ефективно доповнюють їх. У процесі вирішення більшості завдань моніторингу навколишнього середовища найефективнішим є комплексне застосування методів ДЗЗ і контактних методів спостереження.

Запитання для самоконтролю

1. Назвіть недоліки і переваги контактних і дистанційних методів моніторингу навколишнього середовища. Як вони доповнюють один одного?
2. Від яких характеристик залежать коефіцієнти дзеркального відбиття (КДзВ) і дифузного відбиття (КДВ)?
3. Які задачі вирішуються за допомогою моніторингу методами ДЗЗ водних об'єктів?
4. Що таке оптичний діапазон?

ЛЕКЦІЯ 3

Застосування методів матеріального балансу для моделювання та прогнозування безпеки об'єктів та територій

Кінець ХХ століття і розвиток світової економіки привів людство до висновку необхідності радикальної зміни свого ставлення до природи. Зазвичай, ми говоримо про використання або витрату матеріальних ресурсів, але насправді, ми тимчасово використовуємо будь-які види ресурсів Землі. Згідно з законом збереження маси, під час виготовлення та використання продуктів ми можемо переводити елементи та з'єднання з однієї фізичної форми в іншу, але ми не можемо ані створити будь-яку річ з нічого, ані перетворити в ніщо будь-яку кількість речовини, яка підлягає вимірюванню.

Ми можемо збирати пил та сажу, які викидаються через димові труби промислових підприємств, але ці відходи необхідно кудись дівати. Ми можемо зібрати сміття та очистити стічні труби від твердих мастил та мулу, але ці речовини повинні бути утилізовані, при цьому забруднюється атмосфера (коли вони спалені) або ґрунт чи підземні води (коли захоронені на суходолі), або річки, океани (коли вони скинуті), або їх повторно треба використати.

Одним із способів зробити навколишнє середовище чистішим є переведення деяких потенційно шкідливих хімічних сполук в менш шкідливі, і навіть зовсім нешкідливі – фізичні або хімічні форми. Для цього необхідно знати їх кількісні характеристики.

На перший погляд може здатися, що визначення витратних характеристик не викликає особливих труднощів, оскільки існують прямі методи виміру за допомогою приладів (манометри, лічильники та ін.), які обладнані у визначених

місцях дослідних систем. Однак це потребує великих витрат часу і ресурсів. Та ж інформація може бути визначена аналітичним шляхом.

Методи складання матеріальних, енергетичних, ексергетичних балансів та використання відповідних технологічних розрахунків є на сьогоднішній день, на думку багатьох дослідників, найбільш цінними з існуючих методів визначення масштабу проблеми забруднення. Вони дозволяють скласти загальну картину забруднення та визначити можливі наслідки передбачуваних заходів з охорони навколишнього середовища (рис.10).

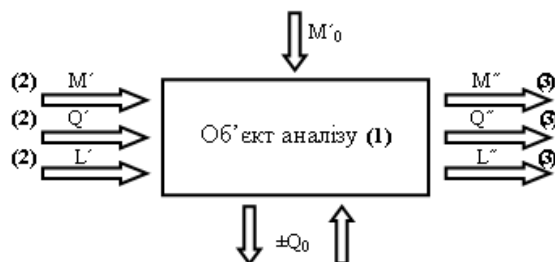


Рис. 10. Схема матеріальних та енергетичних потоків у реальній системі:
1 – об'єкт аналізу; 2, 3 – відповідні джерела та вихід потоків речовини (M), теплових потоків(Q) та роботи(L)

Система, що аналізується, характеризується матеріальним, енергетичним (тепловим) та ексергетичним балансами. В основі складання цих балансів лежать закони збереження маси та енергії. Максимальна робота, яку здійснює система під час взаємозв'язку із навколишнім середовищем, отримала назву ексергії.

Матеріальний баланс системи, яка представлена на рис.10, має вигляд:

$$\Sigma M' + M'_0 = \Sigma M'' \pm \Delta M, \quad (6)$$

де $\Sigma M'$ і $\Sigma M''$ – сумарні матеріальні потоки, які входять в об'єкт та виходять з нього;

M'_0 – потік речовини, яка поступає з навколишнього середовища в об'єкт;

ΔM – зміна маси речовини в об'єкті. Для стаціонарного процесу $\Delta M = 0$.

А коли об'єднати потік маси з навколишнього середовища (він може також дорівнювати нулю) з рештою потоків, то матеріальний баланс матиме вигляд:

$$\Sigma M' = \Sigma M''.$$

Енергетичний баланс системи має вигляд:

$$\Sigma Q' + \Sigma L' = \Sigma Q'' + \Sigma L'' \pm \Delta Q_0, \quad (7)$$

де Q' та Q'' – потоки тепла, які входять в об'єкт і виходять з нього; L' та L'' – робота, яка підводиться до об'єкта і отримується з нього; Q_0 – тепло, яке віддається в навколишнє середовище або отримується з навколишнього середовища.

Для потоків ексергії баланс, аналогічний балансу речовини або енергії, скласти неможливо. Це обумовлено тим, що будь-який реальний процес незворотний і супроводжується втратами ексергії. Тому рівняння потоків ексергії має вигляд нерівності:

$$\Sigma E'_m + \Sigma E'_q + \Sigma E'_e > \Sigma E''_m + \Sigma E''_q + \Sigma E''_e \quad (8)$$

або в загальному вигляді:

$$\Sigma E' > \Sigma E''. \quad (9)$$

Для того, щоб ця нерівність перетворилася в тотожність, необхідно до правої частини додати витрати ексергії внаслідок незворотності процесів, які проходять в об'єкті, які можна підрахувати за рівнянням Гюї-Стодоли:

$$\Sigma \Delta E = T_0 \Sigma \Delta S, \quad (10)$$

де $\Sigma \Delta S$ – зміна ентропії всіх речовин, які беруть участь у процесі.

З урахуванням останнього зауваження, нерівність ексергії прийматиме вигляд:

$$\Sigma E' = \Sigma E'' + \Sigma \Delta E. \quad (11)$$

Співвідношення (9), зазвичай, називають ексергетичним балансом. Його можна представити у вигляді діаграми Грасмана (рис. 11), на якій ширина заштрихованої частини в умовному масштабі відповідає потокам енергії.

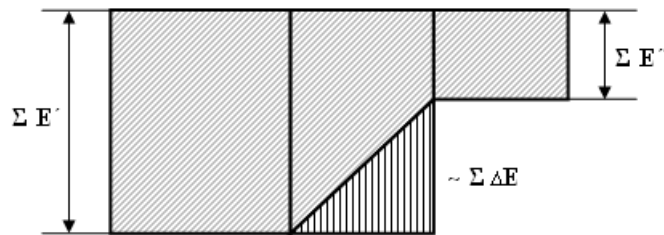


Рис. 11. Ексергетична діаграма Грасмана

Матеріальні й енергетичні баланси мають велике значення для аналізу та оцінки виробничого процесу. За їх допомогою встановлюють питоме значення виходу продукції, витрат та втрат сировини, палива та інших матеріалів, коефіцієнтів корисної дії енергії.

Баланси використовують під час визначення розмірів апаратури, її потужності та ряду інших технічних показників виробництва.

Спочатку складають матеріальний баланс, а потім – на його основі – енергетичний. Іноді показники цих балансів подаються в грошових еквівалентах і на їх основі з додаванням ряду інших показників можуть бути складені економічні баланси виробництва.

Для оцінки функціонування системи, незалежно від рівня її складності доцільно використовувати модель «чорного ящика» з вхідними та вихідними потоками речовини й енергії (рис.12).

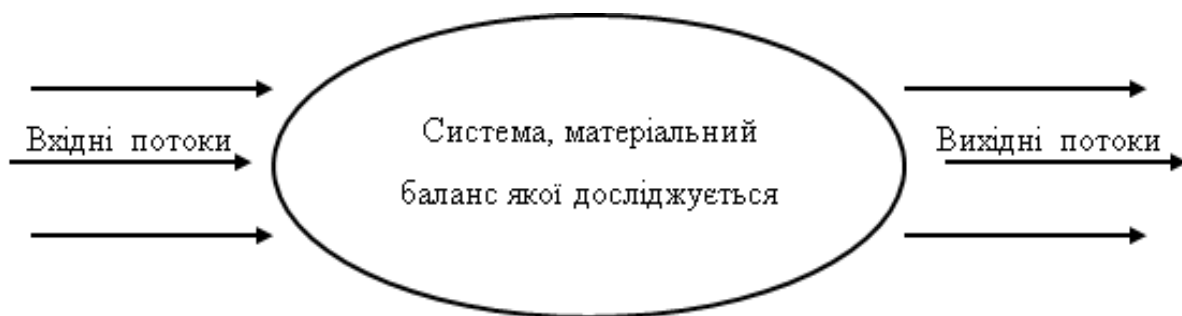


Рис. 12. Модель «чорного ящика» системи

Системи, які розглядаються, можуть бути прості (робоче середовище у замкнутому просторі) та складні (галузь промисловості), а також закриті (без обміну з навколишнім середовищем) та відкриті (які мають обмін а навколишнім середовищем).

Якщо в результаті хімічних перетворень одна речовина не переходить в іншу, то вся маса речовини, яка поступає в замкнуту систему або накопичується в ній, або покидає її:

$$M_{\text{вх}} - M_{\text{вих}} = M_{\text{нак}}. \quad (12)$$

Переміщення речовини може бути відображено або одиницями об'ємної витрати л/год, або одиницями масової витрати т/год, г/с, кг/молей/год.

Концентрація компонентів твердих сумішей, зазвичай, відображається у масових одиницях, а концентрація компонентів газових сумішей – в об'ємних.

Для практичної обробки даних під час складання рівнянь матеріального балансу системи необхідно попередньо обробити дані.

Один з можливих варіантів обробки включає такі етапи:

1) побудова діаграми або технологічної схеми до поставленої задачі з визначенням усіх відомих потоків та кількісних параметрів (такі параметри, як тиск, температура тощо на даному етапі можна не вказувати);

2) визначення сфери розв'язання задачі (наприклад, проміжок часу або маса продукту, що поступає);

3) визначення наскрізного компонента (елемент або частка, або речовина, які проходять крізь систему, не змінюючись. Як наскрізний компонент часто використовують повітря, воду або інертні тверді речовини);

4) визначення меж системи. Оскільки закон збереження маси працює як для всієї системи, необхідно вибрати таку ділянку, через яку проходить тільки один невизначений потік.

Під час аналізу системи, в якій проходить одна або кілька хімічних реакцій, для кожної реакції записують окреме рівняння, а також розраховують масу кожного реагенту і продуктів її взаємодії за рівнянням хімічної реакції та пропорційне співвідношення всіх компонентів, які беруть участь у реакції.

Запитання для самоконтролю

1. Які задачі забруднення навколишнього середовища можна розв'язувати за допомогою методу матеріального балансу?
2. Як Ви розумієте модель «чорного ящика» системи? У яких випадках вона застосовується?
3. Наведіть рівняння матеріального балансу системи.
4. Наведіть рівняння енергії балансу системи.

ЛЕКЦІЯ 4

Оцінка можливого впливу виробництва на навколишнє середовище та моделювання забруднення на основі рівнянь матеріального балансу

Склад та аналіз системи матеріальних балансів основних компонентів матеріалів, води, забруднювальних речовин, як метод екологічної експертизи, дозволяє оцінити не тільки фактичний вплив (контрольований і неконтрольований) на навколишнє середовище по виробництву в цілому, але й дає необхідну оцінку окремим джерелам впливу на середовище.

Як приклад, наведемо розрахунок балансовим методом сумарних викидів від устаткування комплексної підготовки газу [215]. Схему даного устаткування подано на рис.13.

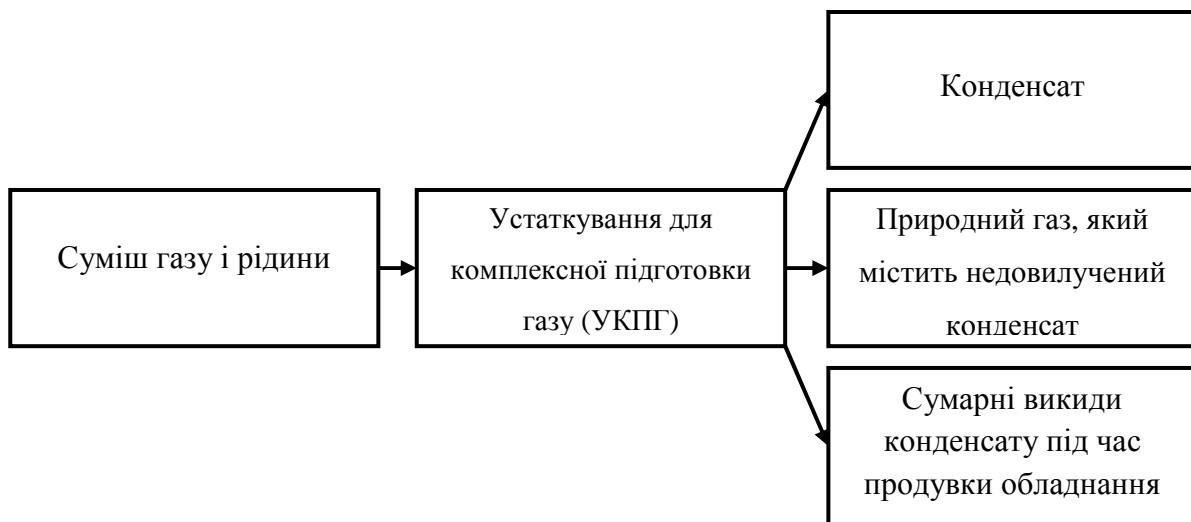


Рис.13. Схема визначення викидів вуглеводнів балансовим методом для устаткування комплексної підготовки газу

Для даної схеми конденсат з устаткування низькотемпературної сепарації по трубопроводах направляється у двофазному стані на головні споруди, де за тиску, який дорівнює 2,5 МПа його дегазують, далі доводять до тиску 6,0 МПа для транспортування в однофазному стані на газопідготовче виробництво.

Для розрахунку візьмемо такі показники роботи устаткування:

- об'єм видобутку газу $Q_H = 18,6 \cdot 10^9 \text{ м}^3/\text{рік}$;
- потенційний вміст конденсату в газі $q_H = 93,6 \text{ м}^3/\text{м}^3$;
- конденсат, який вилучається з газорідинної суміші $Cr_{\text{СТК}} = 1535,81 \text{ тис. т/рік}$;
- природний газ, який містить недовилучений конденсат $Q_K = 18,9 \cdot 10^9 \text{ м}^3/\text{рік}$;
- вміст конденсату в природному газі $q_K = 11,4 \text{ г/м}^3$.

Основне рівняння матеріального балансу для визначення сумарних викидів вуглеводнів (див. рис. 11) має вигляд:

$$Cr_B = Cr_H - Cr_K - Cr_{\text{СТК}}, \quad (13)$$

де кількість конденсату, який надходить на устаткування для комплексної підготовки газу (УКПР)

$$Cr_n = Q_n \cdot q_n = 1740,96 \cdot 10^9 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Кількість недовилученого конденсату

$$Cr = Q_k \cdot q_k = 215,46 \cdot 10^9 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Сумарні викиди вуглеводнів

$$Cr_b = 1,06 \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Використовуючи рівняння матеріального балансу можна розрахувати також витрати газу під час магістрального транспортування.

Схема матеріальних потоків є також однією із найзручніших форм організації та представлення різних даних про вплив промислового виробництва на середовище.

На схемі узагальнених матеріальних потоків (рис. 14) виділено три основні види матеріальних потоків, які містять забруднювальні речовини: скиди (с), викиди (в) та невикористані відходи (о).

Кожен з видів цих матеріальних потоків поділяють на контрольовані потоки (к) та неконтрольовані потоки (н).



Рис.14. Схема матеріальних потоків у системі «виробництво – навколишнє середовище»

Як додаткові типи матеріальних потоків використовують нормативи і ліміти: гранично допустимі викиди (ГДВ), скиди (ГДС), навантаження (ГДН), ліміти на скид та викид забруднювальних речовин і ліміти на розміщення відходів:

$$\begin{aligned} M_1 + M_2 &= M_3 + M_4, \\ M_4 &= M_C + M_B + M_O, \\ M_C &= M_{CK} + M_{CH}, \\ M_B &= M_{BK} + M_{BH}, \\ M_O &= M_{OK} + M_{OH}. \end{aligned} \quad (14)$$

За допомогою наведених рівнянь (10) можна ідентифікувати та оцінити неконтрольований і контрольований вплив на навколишнє середовище підприємства. А у ряді випадків – аварійний та «нічний» вплив.

Моделювання взаємодії в системі «навколишнє середовище – виробництво – споживач» на основі рівнянь матеріального балансу можна представити схемою (рис.15).



Рис.15. Схема взаємодії між навколишнім середовищем (Е), виробництвом (І) та сферою споживання (С)

Для того, щоб скласти рівняння матеріального балансу необхідно ввести такі змінні:

X_K – кількість найменувань одиниць продукції типу К, яка виробляється за одиницю часу;

Y_K – кількість найменувань одиниць продукції типу К, яку отримують споживачі за одиницю часу.

В загальному випадку $X_K = Y_K$ система рівняння матеріального балансу для кожного сектора матиме вигляд:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dM_i^E}{dt} &= - \sum_j A_{ij} X_j + \sum_j B_{ij} X_j + \sum_j C_{ij} M_j^C \\ \frac{dM_i^I}{dt} &= \sum_j A_{ij} X_j - \sum_j B_{ij} X_j - \sum_j D_{ij} X_j + \sum_j E_{ij} C_j \\ \frac{dM_i^C}{dt} &= \sum_j D_{ij} X_j - \sum_j E_{ij} M_j^C - \sum_j C_{ij} M_j^C \end{aligned} \right. \quad (15)$$

За рівноважного стану (коли не відбувається зміна маси матеріалів в кожному з трьох секторів, тобто $\frac{dM_i}{dt} = 0$) система (4) матиме вигляд:

$$\begin{cases} \sum_j A_{ij}M_j = \sum_j B_{ij}X_j = \sum_j C_{ij}M_j^c \\ \sum_j A_{ij}X_j + \sum_j E_{ij}M_j^c = \sum_j B_{ij}X_j + \sum_j D_{ij}X_j \\ \sum_j D_{ij}X_j = \sum_j E_{ij}M_j^c - \sum_j C_{ij}M_j^c \end{cases} \quad (16)$$

де A_{ij} , B_{ij} , C_{ij} , D_{ij} , E_{ij} – матриці переведення маси продукції або матеріалу j -го типу в i -й; A_{ij} – маса матеріалу i -го типу, яка необхідна для виробництва продукції матеріалу j -го типу; B_{ij} – маса промислових відходів матеріалу i -го типу, які утворюються за одиницю часу з матеріалів j -го типу; C_{ij} – маса відходів i -го типу, які надходять від споживачів за одиницю часу з одиниці маси матеріалу j -го типу; D_{ij} – маса матеріалів i -го типу, які використовуються для виробництва одиниці продукції споживання j -го типу; E_{ij} – маса матеріалу i -го типу, який повертається за цикл за одиницю часу і який припадає на одиницю маси матеріалу j -го типу;

Наведені вище рівняння можна використовувати для будь-яких варіантів управлінських рішень, які націлені на зменшення маси сировини, що використовується, зниження маси відходів, що утворюються, та поліпшення технологічного процесу виробництва.

Запитання для самоконтролю

1. Як оцінити вплив на навколишнє середовище промислового підприємства за допомогою методу матеріального балансу?
2. Як Ви розумієте «контрольовані» і «неконтрольовані» потоки, які містять речовини, що забруднюють навколишнє середовище?
3. Наведіть схему взаємодії між навколишнім середовищем, виробництвом та сферою споживання, за допомогою якої можна розрахувати забруднення навколишнього середовища від конкретного виробництва.
4. Чи можна за допомогою складання методу матеріального балансу поліпшити управлінські рішення, що приведе до скорочення відходів виробництва?
Чи можливо те ж саме, але для зменшення маси сировини?

ЛЕКЦІЯ 5

Вплив розвитку процесів підтоплення на формування підземного стоку і зсувонебезпечність територій

Підтоплення в межах України є найбільш поширеним небезпечним екзогенним геологічним процесом, який охоплює більш ніж 20% території. Одним з ключових факторів, які безпосередньо вплинули на процес підтоплення територій України є порушення (уповільнення) водообміну між насиченими і ненасиченими шарами ґрунтових горизонтів.

Головною причиною втрати дренажної спроможності природних водних артерій є створення техногенних водних об'єктів (водосховищ, ставків) в межах усіх адміністративних областей України (табл. 2). Цикли регіональних активізацій підтоплення, які корелюються з підвищеними опадами, припадають на 1980-1982 рр., саме в цей час маємо випереджаючі темпи зростання водокористування в Україні та суцільне зарегулювання річкової мережі, перш за все, – басейну р. Дніпро. Створення більш ніж 29 тис. ставків та водосховищ на території України із загальною площею водної поверхні 6974 км² та середньою глибиною підпору 2,85 м обумовило підняття рівня ґрунтових вод в середньому на 2,5 – 4,0 м у зоні дії водосховищ та ставків на території України та скорочення відповідно до кількості підземного стоку в річкову мережу.

При цьому враховуємо обхідну фільтрацію коефіцієнтом збільшення довжини підпору ставка (в середньому він становить 1,5 – 2,0). Водоносність та величини підпору водоносних горизонтів, що дреноються річковою мережею, суттєво впливають на об'єм підземного стоку.

Для розрахунку модуля підземного стоку та коефіцієнта підземного стоку використовують відомі формули:

$$M = \frac{W_n}{F \cdot 31,5 \cdot 10^3}, \quad (17)$$

$$y = \frac{W}{1000 \cdot F}, \quad (18)$$

$$K = \frac{y_n}{x} \cdot 100\%, \quad (19)$$

де M – модуль підземного стоку, л/(сек·км²), W_n – об'єм підземного стоку з площі річкового басейну, м³/рік, F – площа річкового басейну, км², y – шар підземного стоку, мм/рік, K – коефіцієнт підземного стоку, %, x – шар атмосферних опадів, мм/рік.

Вплив наявності техногенних об'єктів (водосховищ і ставків) на втрату дренажної спроможності природних водних об'єктів можна приблизно вираховувати коефіцієнтом озерності K'_{cm} :

$$M^* = \frac{W_n}{F \cdot 31,5 \cdot 10^3} \cdot K'_{cm}, \quad (20)$$

де K'_{cm} – коефіцієнт озерності, визначається за формулою:

$$K'_{cm} = \frac{F - f_{cm}}{F}. \quad (21)$$

Таблиця 2

**Основні характеристики штучних водних об'єктів
на території України**

| № пор | Адміністративна область | Площа адміністративної області, F, тис. км ² | Кількість ставків та водосховищ | Площа водної поверхні, f, км ² | Середня глибина, $\bar{H} = \frac{V}{f}$ | Об'єм, млн м ³ |
|-------|---------------------------|---|---------------------------------|---|--|---------------------------|
| 1 | Автономна республіка Крим | 27,0 | 897 | 86 | 5,73 | 493 |
| 2 | Вінницька | 26,5 | 3286 | 347,4 | 1,73 | 602,3 |
| 3 | Волинська | 20,2 | 452 | 62,4 | 1,6 | 99,81 |
| 4 | Дніпропетровська | 31,9 | 1563 | 342,2 | 3,46 | 1183,9 |
| 5 | Донецька | 26,5 | 1161 | 282,3 | 3,85 | 1086,1 |
| 6 | Житомирська | 29,9 | 868 | 168 | 1,65 | 278 |
| 7 | Закарпатська | 12,8 | 68 | 15,60 | 3,88 | 605,3 |
| 8 | Запорізька | 27,2 | 925 | 111 | 2,37 | 263 |
| 9 | Івано-Франківська | 13,9 | 623 | 30,4 | 3,11 | 94,5 |
| 10 | Київська | 28,9 | 2447 | 258 | 1,72 | 44,8 |
| 11 | Кіровоградська | 24,6 | 2269 | 257 | 1,94 | 497,8 |
| 12 | Луганська | 26,7 | 417 | 93 | 3,25 | 302,5 |
| 13 | Львівська | 21,8 | 1262 | 103 | 1,75 | 180,6 |
| 14 | Миколаївська | 24,6 | 909 | 153 | 2,66 | 407,7 |
| 15 | Одеська | 33,3 | 883 | 851 | 3,39 | 2029,7 |
| 16 | Полтавська | 28,8 | 1339 | 223 | 1,9 | 424,5 |
| 17 | Рівненська | 20,1 | 656 | 101,8 | | 147,29 |
| 18 | Сумська | 23,8 | 1245 | 144,4 | | 275,73 |
| 19 | Тернопільська | 13,8 | 901 | 95 | 1,46 | 139 |
| 20 | Харківська | 31,4 | 1991 | 423 | 3,89 | 1644,7 |
| 21 | Херсонська | 28,5 | 391 | 336 | 0,99 | 333,7 |
| 22 | Хмельницька | 20,6 | 22 | 22,2 | | 1,37 |
| 23 | Черкаська | 20,9 | 2349 | 229 | 1,59 | 363,2 |
| 24 | Чернігівська | 31,9 | 698 | 97 | 1,43 | 139 |
| 25 | Чернівецька | 8,1 | 485 | 172 | 17,71 | 3046 |
| 26 | Україна загалом | 603,7 | 29 962 | 5213 | 2,85 | 14 841 |

Дані розрахунку K_{cm}^2 наведено в табл. 3. Виходячи з величин K_{cm}^2 , можна зробити висновок, що наявність ставків та водосховищ на території не має сильного впливу на коефіцієнт підземного стоку. Причиною цього є те, що

коефіцієнт озерності $K_{см}^2$ не враховує величини збільшення площі підпору території внаслідок підвищення рівнів ґрунтових вод.

Таблиця 3

Розрахункові дані коефіцієнтів озерності на території України за адміністративними областями

| № пор. | Адміні- стратив- на область | $K_{пл.ст}, \%$ | $K_{см} = \frac{F - f_0}{F}$ | Довжина підпору, L, км | $W_n,$ км ³ /рік | $M,$ л/(сек•к м ²) |
|--------|--------------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Автономна республіка Крим | 0,32 | 0,99 | 5250 | 0,34 | 0,4 |
| 2 | Вінницька | 1,31 | 0,99 | 11 800 | 0,25 | 0,3 |
| 3 | Волинська | 0,31 | 0,99 | 2634 | 0,60 | 0,94 |
| 4 | Дніпропетровська | 1,1 | 0,99 | 7501,8 | 0,16 | 0,6 |
| 5 | Донецька | 1,1 | 0,99 | 6060 | 0,24 | 0,29 |
| 6 | Житомирська | 0,56 | 0,99 | 4950 | 0,67 | 0,71 |
| 7 | Закарпатська | 0,13 | 0,99 | 354 | 1,53 | 3,8 |
| 8 | Запорізька | 0,41 | 0,99 | 5382 | 0,15 | 0,18 |
| 9 | Івано-Франківська | 0,22 | 0,99 | 3720 | 1,26 | 2,88 |
| 10 | Київська | 0,89 | 0,99 | 8745 | 0,59 | 0,65 |
| 11 | Кіровоградська | 1,04 | 0,98 | 9870 | 0,15 | 0,19 |
| 12 | Луганська | 0,35 | 0,99 | 2112 | 0,25 | 0,3 |
| 13 | Львівська | 0,47 | 0,99 | 7428 | 1,65 | 2,4 |
| 14 | Миколаївська | 0,62 | 0,99 | 3583 | 0,056 | 0,07 |
| 15 | Одеська | 2,56 | 0,97 | 4968 | 0,084 | 0,08 |
| 16 | Полтавська | 0,77 | 0,99 | 7632 | 0,50 | 0,55 |
| 17 | Рівненська | 0,51 | 0,99 | 3936 | 0,77 | 1,22 |
| 18 | Сумська | 0,61 | 0,99 | 7194 | 0,66 | 0,88 |
| 19 | Тернопільська | 0,69 | 0,99 | 5244 | 0,80 | 1,84 |
| 20 | Харківська | 1,35 | 0,98 | 6405 | 0,38 | 0,38 |
| 21 | Херсонська | 1,18 | 0,98 | 855 | 0,043 | 0,05 |
| 22 | Хмельницька | 1,1 | 0,99 | 9540 | 0,56 | 0,86 |
| 23 | Черкаська | 1,1 | 0,98 | 7735 | 0,29 | 0,44 |
| 24 | Чернігівська | 0,3 | 0,99 | 4098 | 0,78 | 0,78 |
| 25 | Чернівецька | 2,12 | 0,97 | 2892 | | |
| 26 | Україна загалом | 0,86 | 0,99 | 172 866 | 13,0 | 0,68 |

Враховуючи підняття рівня ґрунтових вод і збільшення площі підпору після утворення ставків та водосховищ на рівні річкового басейну, модуль підземного стоку на підтоплених територіях варто розраховувати за наступною формулою:

$$M^* = \frac{W_n - W_m}{F \cdot 31,5 \cdot 10^3}, \quad (22)$$

де W_m – величина, що враховує зміну модуля підземного стоку внаслідок процесу підтоплення, л/(сек· км²), і розраховується за формулою:

$$W_m = 1000 \cdot y^* \cdot \frac{\pi L^2}{4}, \quad (23)$$

де L – довжина підпору ставка, y^* – шар підземного стоку, який втрачається внаслідок процесу підтоплення:

$$y^* = \frac{H_{\text{сер}}}{2} \mu, \quad (24)$$

де $H_{\text{сер}}$ – середня величина підпору, м; μ – коефіцієнт водовіддачі.

Підвищення рівнів ґрунтових вод внаслідок підтоплення має значний вплив на втрату дренажної спроможності території і зменшення модуля підземного стоку в цілому по областях України. Величина W_m , що враховує зміну модуля підземного стоку внаслідок процесу підтоплення, може змінюватися залежно від довжини підпору штучних водойм, середньої величини підпору та коефіцієнта водовіддачі. Постійне збільшення площ підтоплення по областях України в останні роки коефіцієнти підземного стоку поступово знижує, що, в свою чергу, сприяє подальшому підвищенню рівня ґрунтових вод на території України.

В останні роки спостерігається стрімке збільшення зсувних процесів на території України – до 23,1 тис. об'єктів з подвоєнням кількості за останні 30 років. Ризик виникнення та розвитку зсувних процесів залежить від багатьох факторів:

- впливу стрімкості схилів;
- збільшення водо-, теплообміну у верхній частині геологічного середовища;
- забудови несприятливих ділянок та динамічних навантажень від транспортних засобів;
- зменшення несучої здатності порід верхньої частини ґрунтового масиву завдяки розвитку процесів підтоплення.

Наслідком процесів підняття рівня ґрунтових вод є розвиток зсувонебезпечності території України. В табл. 4 наведено дані щільності річкової мережі та кількості зсувів на території України за адміністративними областями, що підтверджує їхню взаємозалежність.

Під час розгляду ризику виникнення процесів зсувонебезпечності у часі слід зазначити, що за інших незмінних вагових коефіцієнтів найбільший вплив на сталість схилів має процес регіонального порушення водно-балансової рівноваги у верхній зоні геологічного середовища – тобто регіональної активізації процесів підтоплення. Існує пряма залежність між узагальненими даними щодо розвитку зсувів залежно від розвитку процесів підтоплення.

Таблиця 4

Щільність річкової мережі та кількість зсувів на території України

| № пор. | Адміністративна область | Щільність річкової мережі | Кількість зсувів (2010 р.) |
|--------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1 | АР Крим | 0,35 | 1582 |
| 2 | Вінницька | 0,45 | 339 |
| 3 | Волинська | 0,15 | - |
| 4 | Дніпропетровська | 0,36 | 382 |
| 5 | Донецька | 0,64 | 189 |
| 6 | Житомирська | 0,43 | 10 |
| 7 | Закарпатська | 1,8 | 3274 |
| 8 | Запорізька | 0,22 | 206 |
| 9 | Івано-Франківська | 1,12 | 805 |
| 10 | Київська | 0,3 | 814 |
| 11 | Кіровоградська | 0,4 | 140 |
| 12 | Луганська | 0,13 | 769 |
| 13 | Львівська | 0,74 | 1347 |
| 14 | Миколаївська | 0,13 | 1148 |
| 15 | Одеська | 0,24 | 5835 |
| 16 | Полтавська | 0,45 | 824 |
| 17 | Рівненська | 0,22 | - |
| 18 | Сумська | 0,36 | 567 |
| 19 | Тернопільська | 0,44 | 117 |
| 20 | Харківська | 0,22 | 1615 |
| 21 | Херсонська | 0,03 | 43 |
| 22 | Хмельницька | 0,57 | 420 |
| 23 | Черкаська | 0,37 | 1033 |
| 24 | Чернівецька | 1,1 | 1468 |
| 25 | Чернігівська | 0,26 | 9 |

Сформулюємо питання кількісного аналізу екологічної безпеки схилів в умовах підтоплення суцільної території.

Просторове розповсюдження зсувів на схилах, які мають відносно однорідні ландшафтно-геоморфологічні та геолого-літологічні характеристики, у статистично-значимій кількості (≥ 30 об'єктів як середня вибірка) дозволяє підходити до оцінки території їх розповсюдження як до зсувного поля.

Для зсувного поля є характерними:

- здатність квазідинамічного режиму розвитку з циклами активізації і затухання;
- відносна однорідність прояву змін силової системи під час дії різноманітних природних і техногенних чинників (збільшення опадів і підрізка схилу та ін.);

– наявність кореляційних зв'язків розвитку зсувних процесів з природними і техногенними чинниками.

Уявляється, що використання методу виділення зсувних полів разом з традиційним районуванням за рівнем ураженості територій зсувами дозволить підвищити точність прогнозів та удосконалити районування за комплексною дією природних і техногенних чинників.

Визначимо, на скільки змінюється ризик ураження інженерних споруд та комунікацій на забудованих зсувонебезпечних територіях за поступового підйому рівня ґрунтових вод.

Річна імовірність прояву небезпечних геологічних процесів, зокрема зсувів, в межах 1 км² визначається за формулою:

$$K_{НЕГП} = K_{пр} K_{час}, \quad (25)$$

де $K_{пр}$ – коефіцієнт просторової ураженості території (% сумарної площі $f_{пр}$ зсувних ділянок в межах загальної площі, що розглядається).

$$K_{пр} = \frac{f_{пр}}{f}, \quad (26)$$

де $K_{час}$ – коефіцієнт часової динаміки розвитку зсувів або частоти активізації процесів за певний проміжок часу T визначається за формулою:

$$K_{час} = \frac{1}{T} \quad (27)$$

та залежить від сукупності впливу і техногенних чинників у межах території, що розглядається. З урахуванням стабілізаційного впливу систем і заходів інженерного захисту (які розраховуються, як правило, на термін до 30 років), в розрахункові формули вводиться також відповідний коефіцієнт:

$$K_3 = \frac{30}{T}, \quad (28)$$

де T – малий цикл активізації зсувів.

Для умов розвитку територіально розподілених небезпечних екзогенних геологічних процесів слід враховувати щільність забудови на зсувонебезпечних територіях $K_{заб}$ та щільність населення в межах територіальної оцінки.

Під час розрахунків індивідуального ризику зсувонебезпечності на забудованих підтоплених територіях слід врахувати диференційований підхід по областях коефіцієнта щільності забудови на зсувонебезпечних територіях $K_{заб}$. Його значення обчислюється за формулою:

$$K_{заб} = \frac{S_{під.н.п.}}{S_{під.обл.}}, \quad (29)$$

де $S_{під.н.п.}$ – площа підтоплення в населених пунктах області; $S_{під.обл.}$ – загальна площа підтоплення області.

Значення коефіцієнта $K_{заб}$ наведено в табл. 5.

Загальна формула для оцінки ризику життєдіяльності від небезпечних екзогенних геологічних процесів визначається за формулою:

$$R_{інд} = d \times K_{пр} \times K_{час} \times K_{заб} \times K_{ПА} / (K_3 N), \quad (30)$$

де d і N – щільність населення і загальна чисельність в межах території, що розглядається; $K_{га}$ - коефіцієнт активізації зсувів внаслідок підтоплення.

Таблиця 5

**Значення коефіцієнтів щільності житлової забудови
для деяких областей України**

| № пор. | Адміністративна область | Коефіцієнт щільності забудови $K_{заб}$ |
|--------|-------------------------|---|
| 1 | АР Крим | 0,41 |
| 2 | Вінницька | 0,1 |
| 3 | Волинська | 0,012 |
| 4 | Дніпропетровська | 0,013 |
| 5 | Донецька | 0,04 |
| 6 | Запорізька | 0,22 |
| 7 | Кіровоградська | 0,0065 |
| 8 | Луганська | 0,61 |
| 9 | Миколаївська | 0,03 |
| 10 | Рівненська | 0,018 |
| 11 | Хмельницька | 0,96 |
| 12 | Чернігівська | 0,005 |
| 13 | Україна загалом | 0,014 |

У табл. 6 наведено дані щодо площ підтоплення та кількості зсувів за адміністративним розподілом на території України за 1982 – 2010 рр.

Таблиця 6

**Характеристика збільшення площ підтоплення та кількості зсувів
на території України в часовому розрізі**

| № пор. | Адміністративна область | 1982 - 1984 | | 1997 рік | | 2006 рік | | 2010 рік | |
|--------|-------------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|
| | | Площа підтоплення, тис. км | Кількість зсувів | Площа підтоплення, тис. км | Кількість зсувів | Площа підтоплення, тис. км | Кількість зсувів | Площа підтоплення, тис. км | Кількість зсувів |
| 1 | АР Крим | 1,1 | 847 | 4,42 | 993 | 4,43 | 1562 | 0,42 | 1582 |
| 2 | Вінницька | 0,3 | 234 | 0,895 | 225 | 8,96 | 338 | 0,005 | 339 |
| 3 | Волинська | 0,0002 | - | 12,9 | - | 13,91 | - | 9,14 | - |
| 4 | Дніпропетровська | 1,04 | 214 | 7,28 | 303 | 7,3 | 382 | 7,29 | 382 |
| 5 | Донецька | 0,35 | 123 | 3,03 | 125 | 3,04 | 188 | 0,23 | 189 |
| 6 | Житомирська | 0,002 | 10 | 19,75 | 11 | 20,13 | 10 | 0,04 | 10 |
| 7 | Закарпатська | - | 1278 | 3,02 | 1596 | 3,02 | 2880 | 0,001 | 3274 |
| 8 | Запорізька | 0,73 | 244 | 3,19 | 218 | 3,2 | 205 | 0,01 | 206 |

| № пор. | Адміністративна область | 1982 – 1984 | | 1997 рік | | 2006 рік | | 2010 рік | |
|--------|-------------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|
| | | Площа підтоплення, тис. км | Кількість зсувів | Площа підтоплення, тис. км | Кількість зсувів | Площа підтоплення, тис. км | Кількість зсувів | Площа підтоплення, тис. км | Кількість зсувів |
| 9 | Івано-Франківська | - | 487 | 0,0078 | 1005 | 0,008 | 769 | - | 805 |
| 10 | Київська | 0,21 | 764 | 8,1 | 816 | 8,1 | 790 | 0,02 | 814 |
| 11 | Кіровоградська | 0,01 | 99 | 0,14 | 95 | 0,142 | 143 | 0,006 | 140 |
| 12 | Луганська | 0,48 | 564 | 0,16 | 593 | 0,164 | 1138 | 0,025 | 769 |
| 13 | Львівська | 0,15 | 421 | 0,21 | 524 | 0,116 | 1289 | 0,25 | 1347 |
| 14 | Миколаївська | 0,73 | 707 | 12,82 | 985 | 17,767 | 1150 | 17,03 | 1148 |
| 15 | Одеська | 1,37 | 938 | 13,52 | 5167 | 19,685 | 5885 | 20,57 | 5835 |
| 16 | Полтавська | 0,81 | 732 | 8,5 | 761 | 8,5 | 824 | 0,15 | 824 |
| 17 | Рівненська | 0,003 | - | 12,79 | - | 12,8 | - | 11,7 | - |
| 18 | Сумська | 0,4 | 397 | 0,42 | 490 | 0,474 | 567 | 0,07 | 567 |
| 19 | Тернопільська | - | 54 | - | 119 | - | 117 | - | 117 |
| 20 | Харківська | 0,77 | 518 | 3,02 | 851 | 3,02 | 1659 | 0,12 | 1615 |
| 21 | Херсонська | 0,62 | 37 | 10,45 | 63 | 11,945 | 43 | 11,297 | 43 |
| 22 | Хмельницька | 0,02 | 364 | - | 203 | 0,014 | 425 | 0,06 | 420 |
| 23 | Черкаська | 0,35 | 685 | 0,08 | 810 | 0,08 | 1034 | 0,06 | 1033 |
| 24 | Чернівецька | 0,03 | 1272 | 0,42 | 1435 | 0,4 | 1622 | - | 1468 |
| 25 | Чернігівська | 0,4 | 8 | 4,4 | 11 | 4,4 | 11 | 0,15 | 9 |
| 26 | Україна загалом | 9,517 | 10 997 | 129,52 | 17 399 | 131,446 | 23 031 | 78,65 | 22 936 |

Запитання для самоконтролю

1. Як визначити екологічний ризик зсувонебезпечної території?
2. Як впливає підняття рівня ґрунтових вод на модуль дренажного стоку території?
3. Як пов'язана зсувонебезпечність території України зі щільністю річкової мережі?
4. Наведіть загальну формулу для оцінки ризиків життєдіяльності на підтоплених територіях.

Список літератури

1. *Bridgman Howard*. Global air pollution // HowardBridgman - Belhaven Press. London. 1990. – 262 p.
2. *John H. Seinfeld. Spyros N. Pandis*. Atmospheric chemistry and physics // Н. John Seinfeld. N. Spyros, Pandis. - John Wiley.1998. – 1327 p.
3. *Miller*. Living in the environment / Miller, G. Tyler Belmont, California. 1998. - 669 p.
4. ОНД – 86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. – 93 с. - (Госкомгидромет).
5. *Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2010 році*. – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2011. – 254 с.
6. *Стан довкілля в Україні 2008–2009pp*. www.menr.gov.ua
7. *Статистичний щорічник* / Міністерство статистики України. – К.: Техніка, 2005. – 468 с.
8. *Израэль Ю.А.* Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А. Израэль, А.В. Цыбань. Изд. 2-е. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 24 с.
9. *Владимиров А.М.* Охрана окружающей среды / А.М. Владимиров, Ю. И.Ляхин, Л. Т., Матвеев, В. Г. Орлов - Л.: Гидрометеиздат,1991. – 424 с.
10. *ДСТУ – НБВ.1.1 – 27: 2011*. Будівельна кліматологія. Національний стандарт України. – К.: 2011р. – 131 с.
11. *Баженов В.А.* Інженерна екологія / В.А. Баженов, В.М. Ісаєнко, Ю.М. Саталкін, В.В. Трофімович та ін. // Під ред. чл. кор. НАНУ В.П. Бабака. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2006. – 492 с.
12. *Защита атмосферы от промышленных загрязнений: Справочник в 2-х частях* / Под ред. С. Калверта и Г. М. Инглунда. - М.: Металлургия, 1988. – 760 с.
13. *Трофімович В.В.* Гармонізація відносин / В.В. Трофімович, В.М. Удод // Збірник праць Інституту проблем національної безпеки. – К.: ІПНБ, 2006. – Вип. 13. – С. 136–142.
14. *Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі* /М.М. Биченок, С.П. Іванюта, Є.О. Яковлев; Ін-т пробл. нац. безпеки РНБОУ – К.: 2008 – 160с.
15. *Меньшиков В.В., Савельева Т.В.* Методы оценки загрязнения окружающей среды: учебное пособие. – М.: Изд. – во МНЭПУ, 2000. – 60 с.
16. *Красовський Г.Я.* Космічний моніторинг безпеки водних екосистем із застосуванням геоінформаційних технологій. – К.: Інтертехнологія, 2008. – 480 с.

17. *Волошкіна О.С., Пономаренко І.Г., Слободян В.А.* Інвентаризація водойм регіону з застосуванням космічних знімків і геоінформаційних систем / Екологія і ресурси. – К.: ПНБ – 2005. - № 11 – С.19 – 41.
18. *Яковлев Є.О., Волошкіна О.С., Копка П.М.* Вплив сучасних факторів регіонального підтоплення земель України на формування національних загроз // Екологія і ресурси. – К.: ІПНБ. - № 12. – С. 15-36.
19. *Бабинец А.Е., Белявский Г.А.* Естественные ресурсы подземных вод зоны интенсивного водообмена Украины. – К.: Наукова думка, 1973. – 110 с.

Для нотаток

Для нотаток

Навчальне видання

ВОЛОШКІНА Олена Семенівна
ТРОФІМОВИЧ Володимир Володимирович
БЕРЕЗНИЦЬКА Юлія Олегівна

Екологічна безпека

Конспект лекцій
для студентів, які навчаються за напрямом
підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування»

Редагування та коректура *В.С. Ясінської*
Комп'ютерне верстання *Ю.Г. Томашука*

Підписано до друку 2014. Формат 60 × 84 ^{1/16}
Ум. друк. арк. 2,56. Обл.-вид. арк. 2,75.
Тираж 40 прим. Вид. № 21 /І-12. Зам. №

Видавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680
Е-mail: red-isdat@ukr.net, тел. (044)241-54-22, 241-54-87

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
Видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р