

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

О.А. Котовенко
О.Ю. Мірошніченко
О.В. Гапула

МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ

Санітарно-хімічний аналіз

Конспект лекцій

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

Київ 2014

УДК 504.064.3:574

ББК 20.1

К73

Рецензент Л.О. Василенко, канд. техн. наук, доцент

Затверджено на засіданні вченої ради санітарно-технічного факультету, протокол № 11 від 14 травня 2014 р.

Видається в авторській редакції.

Котовенко О.А.

К73 Моніторинг довкілля. Санітарно-хімічний аналіз: конспект лекцій / О.А. Котовенко, О.Ю. Мірошніченко, О.В. Гапула. – К.: КНУБА, 2014. – 60 с.

Розглянуто основні питання спостереження санітарно-хімічного стану навколишнього середовища.

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

УДК 504.064.3:574

ББК 20.1

© О.А. Котовенко,
О.Ю. Мірошніченко,
О.В. Гапула, 2014
© КНУБА, 2014

ЗМІСТ

Вступ.....	4
<i>Тема 1. Спостереження санітарно-хімічного стану навколишнього середовища</i>	
<i>Лекція 1. Основна мета організації спостережень санітарно-хімічного стану навколишнього середовища. Головні задачі систематичних спостережень</i>	5
<i>Тема 2. Спостереження стану забруднення атмосфери</i>	
<i>Лекція 2. Забруднення повітряного середовища (атмосферного повітря).....</i>	7
<i>Лекція 3. Спостереження за рівнем забруднення повітря.....</i>	11
<i>Тема 3. Спостереження стану забруднення гідросфери</i>	
<i>Лекція 4. Водні об'єкти. Види водокористування.....</i>	20
<i>Лекція 5. Якість води. Оцінка якості природних вод.....</i>	25
<i>Лекція 6. Методики оцінки якості природних вод.....</i>	29
<i>Лекція 7. Спостереження за станом гідросфери.....</i>	33
<i>Тема 4. Спостереження стану забруднення літосфери</i>	
<i>Лекція 8. Ґрунти. Визначення забруднюючих речовин в ґрунті.....</i>	39
<i>Тема 5. Обробка даних спостережень</i>	
<i>Лекція 9. Визначення характеристик забруднення. Статистичний контроль точності результатів вимірів.....</i>	45
<i>Лекція 10. Характеристики стану забруднення біосфери міст.....</i>	53
<i>Лекція 11. Визначення фонового забруднення атмосфери.....</i>	55
Список літератури.....	60

ВСТУП

Конспект лекцій із санітарно-хімічного аналізу є складовою частиною курсу «Моніторинг довкілля».

Метою курсу лекцій є надання студентам суми знань з організації спостережень санітарно-хімічного стану навколишнього середовища на різних рівнях і визначення стану його забруднення.

У конспекті розглянуто основні питання спостереження санітарно-хімічного стану складових навколишнього середовища – атмосфери, водного середовища, ґрунтів, а також питання, пов'язані з обробкою даних спостережень і визначенням фонових концентрацій.

Конспект лекцій складається з п'яти тем. У першій темі розглядаються загальні питання з організації спостережень, наведені головні задачі систематичних спостережень санітарно-хімічного стану довкілля. Друга тема присвячена питанням оцінки ступеня забруднення атмосфери, а також особливостям спостереження стану забруднення атмосфери обумовлених різними джерелами забруднення в залежності від кліматичних та ландшафтних умов. У третій темі наведена класифікація водних об'єктів за видом водокористування, визначені групові показники якості води, приведені методики оцінки якості води. Окрема лекція цієї теми присвячена особливостям організації мережі пунктів спостережень за станом гідросфери. Особливості забруднення ґрунтів і питання визначення забруднюючих речовин в ґрунті розглянуто в четвертій темі. П'ята тема присвячена різноманітним аспектам обробки даних спостережень: визначенню характеристик забруднення; узагальненню даних про забруднення біосфери міст; характеристики стану забруднення атмосфери населених міст; визначення фонового забруднення навколишнього середовища.

Обсяг лекційного курсу відповідає тематиці питань, що фактично розглядаються, з урахуванням напрямку самостійної роботи студентів.

Тема 1. СПОСТЕРЕЖЕННЯ САНІТАРНО-ХІМІЧНОГО СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Лекція 1. Основна мета організації спостережень санітарно-хімічного стану навколишнього середовища. Головні задачі систематичних спостережень

Сильне забруднення навколишнього природного середовища в світовому масштабі, різке підвищене хімічне навантаження на біосферу за останні 30 років призвели до зникнення багатьох видів тварин і рослин; кислотні дощі викликали закислення ґрунтів, зміну балансу поживних речовин в ґрунті лісів і їхню загибель, скорочення рибних запасів. Підвищилась захворюваність у великих містах і у великих промислових і сільськогосподарських районах. Деякі райони України можна охарактеризувати як зону екологічної катастрофи. Тому захисту навколишнього середовища приділяється зростаюча увага в усьому світі. В Україні і за кордоном розробляють нові природоохоронні закони, безвідходні технологічні процеси, впроваджують системи замкненого водообігу, будують очисні споруди.

Для попередження і зниження забруднень навколишнього природного середовища намічають і проводять різні заходи:

- технологічні;
- технічні;
- санітарно-технічні;
- медичні;
- правові;
- планувальні;
- організаційні.

В основі всіх заходів з попередження або зниження забруднень навколишнього середовища лежить контроль за вмістом шкідливих речовин, який регламентується санітарно-гігієнічними нормативами – гранично допустимими концентраціями (ГДК).

Контроль необхідний для отримання інформації про рівень забруднень, а також про джерела викидів, причини та фактори, які визначають високий рівень концентрації забруднень, встановлення їх несприятливого впливу на здоров'я населення і навколишнє середовище.

Така інформація дозволяє:

– судити про вплив людської діяльності на навколишнє середовище;

– накопичити матеріал для оцінювання можливих змін клімату, переміщення і випадіння шкідливих речовин;

– дає підстави або дозволяє вибирати і проводити захисні, оздоровчі заходи і слідкувати за їх виконанням.

Головними задачами систематичних спостережень є:

1. Спостереження і контроль за рівнем забруднень атмосфери, вод і ґрунтів за фізичними, хімічними (і гідробіологічними – для води) показниками з метою визначення і оцінювання рівня забруднень в часі і просторі, визначення джерел забруднень, а також ефективності заходів щодо захисту від забруднень об'єктів навколишнього середовища;

2. Забезпечення зацікавлених підприємств систематичною інформацією про рівень забруднень природних об'єктів і про можливість його змін під впливом господарської діяльності і метеорологічних (гідрометеорологічних) умов, а також екстреною інформацією про різкі зміни рівня забруднень вод, атмосфери і ґрунтів.

Крім того, проводяться спеціальні спостереження, завданням яких є:

1. Встановлення головних закономірностей процесів самоочищення водного і повітряного басейнів;

2. Вивчення процесів накопичення забруднюючих речовин і їх впливу на навколишнє природне середовище в екологічних системах (біосфері).

У результаті проведених спостережень повинен бути отриманий матеріал для:

- прогнозування складу і властивостей природних об'єктів з урахуванням господарської діяльності людини;
- розробка заходів з підсилення охорони і раціонального використання природних джерел і оцінки їх ефективності;
- оцінювання ефективності природоохоронних заходів, які проводяться, в цілому.

Для санітарно-хімічного аналізу важливі кількісні характеристики – концентрації компонентів у досліджуваних пробах. Особливістю санітарно-хімічного аналізу є визначення малих і ультрамалих концентрацій речовин (іноді нестабільних і летких) на фоні великої кількості супутніх домішок. В основі санітарно-хімічного аналізу лежить фізико-хімічні методи визначення речовин.

Контрольні запитання і завдання

- 1. Яка основна мета організації систематичних спостережень?*
- 2. Назвіть головні завдання систематичних спостережень?*
- 3. Які задачі спеціальних спостережень?*

Тема 2. СПОСТЕРЕЖЕННЯ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

Лекція 2. Забруднення повітряного середовища (атмосферного повітря)

У повітрі містяться постійні гази, а також велика кількість речовин природного і антропогенного походження, кількісний і якісний склад яких постійно змінюється. До таких речовин належать: пара води, пил, хімічні речовини в газо- і пароподібному стані або у вигляді аерозолів.

Для оцінювання ступеня забруднення атмосферного повітря використовуються *фактичні максимально разові та середньодобові* концентрації за декілька років, але не менше, ніж за два роки. Ці концентрації порівнюють з *максимально разовими і середньодобовими ГДК*.

Максимально разова ГДК необхідна для попередження рефлекторних реакцій людини (відчуття запаху, світлової чутливості очей, зміни біоелектричної активності головного мозку) при короткочасному впливі забруднень (до 20 хв).

Середньодобова ГДК необхідна для попередження резорктивного (загальнотоксичного, канцерогенного, мутагенного) впливу забруднювача. Ступінь забруднення атмосферного повітря встановлюється за кратністю перевищення фактичної концентрації забруднювача, яка відповідає ГДК, з урахуванням класів небезпечності, суми біологічної дії забруднювача повітря і частоти перевищення ГДК.

Для оцінки ступеня забруднення атмосферного повітря розраховуються інтегральні показники K і P :

$$P = 1 + \sqrt{\sum K_i^2 + \sum K_j^2} - \sqrt{n + \sum K_j^2}, \quad (2.1)$$

де $\sum K_i$ – сума зведених до 3-го класу небезпечності нормованих концентрацій речовин, концентрація яких дорівнює або більша ГДК; $\sum K_j$ – сума зведених до 3-го класу небезпечності нормованих концентрацій речовин, концентрація яких менша ГДК; n – число речовин, концентрації яких дорівнює або більша ГДК.

$$K = \frac{C_i}{N \cdot \text{ГДК}(C_i)} + \dots + \frac{C_n}{N \cdot \text{ГДК}(C_n)}, \quad (2.2)$$

де C_i, \dots, C_n – це максимальна концентрація окремих забруднювачів; $\text{ГДК}(C_i), \dots, \text{ГДК}(C_n)$ – максимально разові ГДК цих речовин; N – коефіцієнт, величина якого залежить від класу небезпечності окремих речовин.

Метеорологічний потенціал атмосфери (МПА) K_m характеризує переважання тих чи інших процесів (накопичення або розсіювання) за рік на певній території. МПА визначається за формулою

$$K_m = \frac{P_{III} + P_T}{P_O + P_B}, \quad (2.3)$$

де повторюваність днів (%): P_{III} – зі швидкістю вітру 0 – 1 м/с; P_T – з туманами; P_O – з опадами 0,5 мм і більше; P_B – зі швидкістю вітру 5 м/с і більше.

Якщо $K_m > 1$, то переважають процеси накопичення, якщо ж $K_m < 1$ – процеси самоочищення атмосфери.

При визначенні забруднення навколишнього середовища викидами будь-якого промислового підприємства зазвичай враховують лише ті хімічні речовини, які на основі технологічного процесу можуть вважатися пріоритетними за валовим викидом в атмосферне повітря або в стічні води. Визначення всіх забруднюючих речовин у повітрі при контролі за окремими підприємствами не є можливим. Тому доцільно виявляти пріоритетні речовини за їх кількістю у викидах, шкідливим впливом на здоров'я людей.

Якісний і кількісний склад речовин, забруднюючих повітря, залежить від метеорологічних умов і топографічних факторів. До основних факторів належать:

- викиди інших промислових підприємств;
- напрямок і швидкість вітру (роза забруднення і роза задимлення);
- температурні інверсії;
- барометричний тиск;
- вологість повітря;
- рельєф місцевості;
- відстань від джерела забруднень;
- висота джерела забруднень.

Аналіз атмосферного повітря включає:

- 1) вивчення джерел забруднень;
- 2) дослідження хімічних і фотохімічних перетворень речовин;
- 3) виявлення найбільш токсичних речовин;
- 4) вивчення розповсюдження забруднюючих речовин повітряними потоками;
- 5) відбір проб;
- 6) власне аналіз речовини.

Одночасно з відбором проб визначають такі метеорологічні параметри:

- напрямок і швидкість вітру;
- температуру повітря;

– стан погоди і підстилаючої поверхні.

При визначенні у повітрі вмісту озону проводиться спостереження за інтенсивністю прямої і сумарної сонячної радіації, яка суттєво впливає на швидкість протікання фотохімічних реакцій у повітрі і утворення озону.

Відбираючи проби, треба необхідно знати агрегатний стан і властивості досліджуваних сполук. Наприклад, свинець може знаходитися в повітрі поблизу автодоріг у вигляді газу, аерозолі і твердої речовини, у вигляді металу або солі металу (сульфату, фосфату та ін.).

Для попередньої оцінки забруднень повітря парами летких і малолетких сполук необхідно мати дані і про леткість цих речовин. Леткість – це максимальна концентрація парів, виражена в одиницях маси на об'єм за даної температури. Леткість можна розрахувати за формулою:

$$L = \frac{PM}{RT} [г/л] = \frac{PM \cdot 1000}{760 \cdot 0,082 \cdot (273 + t)} = \frac{16PM}{273 + t} [мг/л], \quad (2.4)$$

де P – пружність насиченої пари, мм рт. ст.; M – молекулярна маса речовини; t – температура, °С, T – температура °К.

Якщо леткість речовини за 20 °С значно (в 10 і більше разів) нижче за ГДК, то наявність парів у повітрі можна знехтувати. Відбір проб в цьому випадку проводять лише для визначення вмісту парів.

Для розрахунку орієнтовної пружності насичених парів для різних температур (за відсутності цих відомостей в довідниковій літературі) запропонована формула:

$$\lg P_t = 2,763 - 0,017 \cdot t_{\text{кип}} + 0,024 \cdot \tilde{t}, \quad (2.5)$$

де P_t – пружність насиченої пари, мм рт. ст. при \tilde{t} ; $t_{\text{кип}}$ – температура кипіння речовини; \tilde{t} – температура навколишнього середовища.

Концентрацію досліджуваних речовин в атмосферному повітрі C (мкг/л або мг/м³) розраховують за формулою

$$C = a/V, \quad (2.6)$$

де a – маса речовини, яка знайдена у пробі (мкг або мг);

V – об'єм досліджуваної проби повітря (л або м³).

Для отримання порівнюваних результатів визначення концентрацій забруднюючих речовин об'єм проби повітря V (л або м^3) зводять до нормальних умов: $t = 0^\circ\text{C}$ або 273°K , $p = 760$ мм рт. ст. або 101080 Па.

Розрахунок проводять за формулою

$$V = \frac{273 \cdot p \cdot V_t}{(273 + t) \cdot 101080} = \frac{273 \cdot p \cdot u(\tau_2 - \tau_1)}{(273 + t) \cdot 101080}, \quad (2.7)$$

де p – атмосферний тиск під час відбору проби, Па; t – температура повітря в місці відбору проби, $^\circ\text{C}$, V_t – об'єм повітря в місці відбору проби (л) за температури t $^\circ\text{C}$; u – витрати повітря під час відбору проби (л/хв); τ_1 і τ_2 – час початку і кінця відбору проби.

Для концентрування аналізованих речовин з повітря на рідкі поглинальні середовища або на тверді сорбенти в аналізі можуть використовуватися частини об'єму розчинів проб. Тоді концентрації речовини у повітрі розраховують за формулою:

$$C = \frac{a \cdot V_1}{V_2 \cdot V} \quad \text{або} \quad C = \frac{b \cdot V_1}{V}, \quad (2.8)$$

де V – об'єм проби повітря, (л або м^3); V_1 – загальний об'єм розчину проби, мл; V_2 – об'єм розчину проби, що використовується для аналізу, мл; b – концентрація аналізованої речовини в розчині проби, мкг/мл .

Лекція 3. Спостереження за рівнем забруднення атмосфери

Правила організації спостережень за рівнем забруднення атмосфери в містах і населених пунктах наведені в ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов».

Спостереження за станом забруднення атмосфери здійснюють на постах. Постом спостереження є вибране місце (точка місцевості), на якому розміщують павільйон або автомобіль, обладнані відповідними приладами.

Встановлюються пости трьох категорій: стаціонарні, маршрутні, пересувні (підфакельні). Стаціонарний пост призначений для

забезпечення неперервної реєстрації вмісту забруднюючих речовин або регулярного відбору проб для наступного аналізу. Маршрутний пост призначений для регулярного відбору проб повітря, коли неможливо (недоцільно) встановлювати стаціонарний пост або необхідно більш детально вивчати стан забруднення повітря в окремих районах. Пересувний (підфакельний) пост призначений для відбору проб під димовим (газовим) факелом з метою виявлення зони впливу даного джерела промислових викидів.

Стаціонарні пости розміщуються на відкритому, провітрюваному з усіх боків майданчику з асфальтовим, твердим ґрунтовим покриттям або на газоні і обладнані спеціальними павільйонами. Число стаціонарних постів встановлюється залежно від чисельності населення, площі населеного пункту, рельєфу місцевості і ступеня індустріалізації, розташування місць відпочинку. Залежно від чисельності населення встановлюють:

1 пост – до 50 тис. жителів;

2-3 поста – 100-200 тис. жителів;

3-5 постів – 200-500 тис. жителів;

5-10 постів – більше 500 тис. жителів;

10-20 постів (стаціонарних і маршрутних) – більше 1 млн жителів.

Кількість постів може бути збільшена за наявності складного рельєфу, а також на території об'єктів, для яких чистота повітря має першочергове значення (унікальні парки, історичні споруди і т.п.). Регулярні спостереження проводять по одній з чотирьох програм спостережень: повній П, неповній НП; скороченій СС, добовій Д. Повна програма призначена для отримання інформації про разові і середньодобові концентрації. Спостереження за повною програмою виконуються кожен день не менше чотирьох разів в 1,7, 13 і 19 годин за місцевим часом. За неповною програмою – з метою отримання інформації про разові концентрації щоденно в 7,13 і 19 год за місцевим часом. Спостереження за скороченою програмою проводяться з метою отримання інформації тільки про разові концентрації щоденно в 7 та 13 год за місцевим часом. Їх дозволяється

проводити, якщо температура нижче за мінус 45 С і в місцях, де середньомісячні концентрації нижче за 1/20 максимально разової ГДК. Програма добового відбору проб призначена для отримання інформації про середньодобові концентрації. Спостереження проводяться шляхом неперервного добового відбору проб.

Спостереження на маршрутних постах проводять за допомогою пересувної лабораторії, оснащеної необхідним обладнанням і приладами. Їх встановлюють в заздалегідь вибраних точках. Одна машина за день об'їжджає 4-5 точок.

Спостереження під факелом підприємства проводять також за допомогою спеціально обладнаної автомашини. Підфакельні пости являють собою точки, розташовані на фіксованих відстанях від джерела – 0,5; 1; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 15 і 30 км від границі санітарно-захисної зони джерела забруднень з підвітряної сторони від нього.

Обстеження стану забруднення атмосфери в місті або промисловому районі організовують для виявлення причин високих рівнів концентрації домішок, установлення їх негативного впливу на здоров'я населення і навколишнє середовище і розробки заходів з охорони атмосфери.

Залежно від цілей розрізняють три види обстеження:

- епізодичне – для орієнтовної оцінки стану забруднення повітря в населеному пункті і виборі місць для розміщення постів спостережень;

- комплексне – для детального вивчення особливостей і причин високого рівня забруднень, його впливу на здоров'я населення і навколишнє середовище в цілому, а також для розробки рекомендацій з проведення заходів з охорони повітря;

- оперативне – для виявлення причин різкого погіршення якості повітря (виконується за спеціально розробленою програмою).

Для проведення будь-якого виду обстеження необхідно ознайомитися:

- із загальною фізико-географічною характеристикою району для вибору місця розташування постів спостережень;

– із кліматичними умовами розповсюдження домішок в районі населеного пункту для визначення періодів обстеження, коли можливі сприятливі або несприятливі періоди.

*Спостереження за вмістом в атмосфері
корозійно-активних домішок*

У процесі проектування великих промислових об'єктів, наприклад таких, як атомні станції, проводять інженерні вишукування, метою яких є визначення корозійної активності атмосфери в районі можливого будівництва. У ході робіт передбачається проведення спостережень за вмістом корозійно-активних домішок в атмосфері, головними з яких є діоксид сірки, хлориди. За результатами систематичних аналізів проб повітря і аерозолів визначають середньомісячні концентрації цих речовин. Інтенсивність випадіння хлоридів [мг/(м²·доб)] на підстилаючу поверхню розраховується за формулою

$$П = 8,64 \cdot 10^4 \cdot q(w + 0,048 \cdot u), \quad (2.9)$$

де q – середньомісячна концентрація хлоридів у повітрі, мг/м³; w – швидкість гравітаційного осадження хлоридів, м/с ($w = 0,064$ м/с для хлоридів, що випаровуються з поверхні морів, $w = 0,02$ м/с для хлоридів, що виносяться з засолених ґрунтів); u – середньомісячна швидкість вітру на рівні флюгера.

Залежно від результатів спостережень визначають тип атмосфери за ступенем забруднення корозійно-активними речовинами (табл. 2.1) і обирають заходи щодо захисту споруд від атмосферної корозії.

Таблиця 2.1

**Класифікація атмосфери за ступенем забруднення
корозійно-активними речовинами**

Тип атмосфери	Вміст корозійно-активних речовин	
	діоксид сірки SO ₂ , мг/м ³	хлориди, мг/(м ² ·доб)
I Умовно-чиста	Не більше 0,025	менше 0,3
II Промислова	0,025 – 0,13	менше 0,3
III Морська	Не більше 0,025	30 – 300
IV Приморська-промислова	0,025 – 0,13	0,3 – 30

*Вимір рівня забруднення повітря, обумовленого
викидами автотранспорту*

Вимір рівня забруднення повітря викидами автотранспорту, проводиться в комплексі з виміром рівня забруднення викидами промислових джерел, але може проводитися і окремо. Оцінювання стану забруднення атмосферного повітря на автомагістралях і у прилеглий житловій забудові може здійснюватися на основі визначення у повітрі вмісту як основних компонентів вихлопних газів (оксиду та діоксиду вуглецю, вуглеводнів, оксидів азоту, сполук свинцю), так і продуктів їх фотохімічних перетворень (озону та ін.).

Для вивчення особливостей забруднення повітря викидами автотранспорту організують спеціальні спостереження, в результаті яких визначають:

1. Максимальні значення концентрацій основних домішок, які викидаються автотранспортом в районах автомагістралей, і періоди їх настання за різних метеоумов та інтенсивності руху транспорту;

2. Границі зон і характер розподілу домішок у міру віддалення від автомагістралей;

3. Особливості розповсюдження домішок в житлових кварталах різного типу житлової забудови і в зелених зонах, прилеглих до автомагістралей;

4. Особливості розповсюдження транспортних потоків по магістралях міста.

Точки спостереження вибирають на міських вулицях в районах з інтенсивним рухом і розташовують на різних ділянках вулиць в місцях, де часто відбувається гальмування автомобілів і викидається найбільша кількість шкідливих домішок. Крім того, пункти організують в місцях накопичення шкідливих домішок за рахунок слабого розсіювання (під мостами, шляхопроводами, на вузьких ділянках вулиць і доріг з багатопверховими будинками), а також в зонах перетину двох і більше вулиць з інтенсивним рухом транспорту.

Інтенсивність руху визначається обліком кількості проходження транспортних засобів, які поділяються на п'ять категорій: легкові автомобілі, вантажні автомобілі, автобуси, дизельні автомобілі і

автобуси, мотоцикли – щоденно протягом 2-3 тижнів. Середня швидкість руху транспорту визначається на основі показників спідометра автомашини, що рухається у потоці транспортних засобів на ділянці протяжністю 0,5-1 км.

Вивчення рівня забруднення повітря в промисловому районі

Вивчення рівня забруднення повітря промислового району включає спостереження в окремих містах і промислових селищах цього району. При цьому за джерело викиду беруть все місто. Для організації спостережень необхідно вибрати опорне місто в тій частині району, де забруднення атмосфери найбільше. У цьому місті спостереження проводять систематично. В інших містах району спостереження можуть проводитися одночасно або послідовно. В іншому випадку застосовується система радіальних маршрутів, яка полягає в тому, що автомашина, оснащена обладнанням для відбору проб повітря і метеорологічних спостережень, пересувається від одного міста до іншого за напрямком вітру із зупинками для проведення вимірів на відстані 1, 5, 10, 20 км і далі через кожні 20 км до адміністративної межі наступного міста. На основі даних виміру разових або середньодобових концентрацій шкідливих домішок в атмосферу конкретних міст виконується їх узагальнення, яке дозволяє визначати тенденції зміни рівня забруднення атмосфери.

Результати узагальнення служать для виявлення:

- 1) міст з найвищим рівнем забруднення атмосфери;
- 2) джерел викидів шкідливих речовин, які найбільше забруднюють атмосферу міст;
- 3) шкідливих речовин, вміст яких в атмосфері визначає забруднення повітря в містах.

Одночасно із спостереженням за рівнем забруднення атмосфери можуть проводитися спостереження за вмістом шкідливих речовин в ґрунті і рослинності, хімічним складом опадів, корозією металевих поверхонь і конструкцій.

Крім спостереження безпосередньо за рівнем забруднення атмосфери, використовують також непрямі методи, до яких належать:

відбір проб атмосферних опадів, визначення вмісту шкідливих речовин в снігу, ґрунті і рослинності.

Результати аналізу хімічного складу опадів дозволяють не тільки оцінювати наявність локальних джерел викидів домішок, але і перенесення цих домішок разом з повітряними масами.

Накопичення шкідливих речовин в ґрунті (за винятком місць розміщення промислових відходів, відвалів, шламів) відбувається головним чином за рахунок їх надходження з атмосфери. Тому вивчення забруднення ґрунту, пошкодженої рослинності або накопичення в ній домішок може суттєво сприяти оцінюванню вмісту в атмосфері шкідливих речовин. Місця відбору зразків і рослинності мають знаходитися, за можливості, поблизу точок відбору проб повітря.

Вимір рівня забруднення атмосферних опадів

Спостереження за атмосферними опадами, відбір проб, виконується на метеорологічних станціях. Метеорологічні спостереження включають спостереження за температурою і вологістю повітря, швидкістю і напрямком вітру, атмосферним тиском, хмарністю (кількістю, формою, висотою), сонячним сяйвом, атмосферними явищами (туман, заметілі, грози, пилові бурі, пожежі та ін.) атмосферними опадами (кількістю та інтенсивністю), сніговим покривом (висотою, вмістом вологи), температурою ґрунту, радіацією (прямою, розсіяною, сумарною і відбитою) і радіаційним балансом, градієнтами температури, вологості і швидкості вітру на висоті від 0,5 до 10 м, градієнтами температури, вологості ґрунту на глибині від поверхні до 20 см, тепловим балансом.

Залежно від періоду відбору проби можуть бути сумарними і одиничними. Одинична проба відбирається в період окремого дощу або снігопаду. Сумарна проба включає опади, об'єднані за деякий проміжок часу: місяць, тиждень, добу. Така проба характеризує середній вміст компонентів за відповідний проміжок часу.

Для відбору проб атмосферних опадів проводять такі спостереження:

– для відбору сумарних проб на початку випадіння опадів вимірюють напрям (в градусах) і швидкість (м/с) вітру, температуру повітря (°C);

– проводять вимір кількості опадів за період випадіння кожного дощу або снігопаду;

– для відбору одиничної проби на початку відбору проби, крім напрямку, швидкості вітру і температури повітря, вимірюють відносну вологість, визначають кількість і форму хмарності, проводять вимір опадів за період випадіння окремого дощу або снігопаду. Бажано прослідкувати хід зміни вологості під час випадіння опадів і вказати границі їх коливання.

*Визначення концентрацій шкідливих речовин
в атмосферних опадах і сніговому покриві*

Підготовка до проведення хімічного аналізу проб атмосферних опадів включає такі стадії: реєстрації, осереднення і фільтрація проби. Проби опадів реєструють відразу після надходження в хімічну лабораторію. Пробу опадів за період осереднення (добу, тиждень, місяць), яка знаходиться в декількох колбах, зливають в одну загальну, ретельно перемішують і залишають на 4 год. Через 4 год пробу фільтрують через беззольний фільтр. Проби аналізують не пізніше ніж через 10 діб після надходження в лабораторію. Визначають такі мікрокомпоненти: рН, питому електропровідність, активну і загальну кислотність, масові концентрації макрокомпонентів: сульфат-іонів SO_4^{2-} , нітрат-іонів NO_3^- , хлорид-іонів Cl^- , гідрокарбонат іонів HCO_3^- , іонів амонію NH_4^+ , натрію Na^+ , калію K^+ , кальцію Ca^{2+} і магнію Mg^{2+} – і мікрокомпонентів: фосфат-іонів PO_4^{3-} , іонів цинку Zn^{2+} , свинцю Pb^{2+} , кадмію Cd^{2+} , марганцю Mn^{2+} і нікелю Ni^{2+} .

У табл. 2.2 наведені методи хімічного аналізу проб атмосферних опадів.

Методи аналізу проб атмосферних опадів

Характеристика, що визначається	Метод аналізу	Об'єм проби, см ³
Іони амонію NH ₄ ⁺	Колориметричний	10
Питома електропровідність	Кондуктометричний	30
pH	Електрометричний	30
Гідрокарбонат іони HCO ₃ ⁻	Титрометричний	25
Сульфат-іони SO ₄ ²⁻	Фотометричний полуменевий	10
Іони калію K ⁺ , кальцію Ca ²⁺ , магнію Mg ²⁺ , цинку Zn ²⁺	Атомно-абсорбційний полуменевий	10
Мікроелементи (окрема проба)	Атомно-абсорбційний полуменевий	400

Робота з визначення забруднення снігового покриву включає два етапи: 1) відбір проб і їх первинну обробку на гідрометеорологічних станціях; 2) аналіз проб в хімічних лабораторіях. До початку обробки проби необхідно зберігати на холоді, не допускаючи танення. Попередня обробка проб ставить за мету розділення рідкої і твердої фази проби для роздільного визначення в цих фазах хімічного складу і концентрацій забруднюючих речовин. Для розтоплювання сніг переносять в стакани, при цьому з нього пінцетом вибирають гілочки, листя, хвою, траву і інші рослинні залишки. Розтоплювання проводиться за кімнатної температури. Мірою накопичення талої води її зливають до фільтру. Для відфільтрованої талої води фіксують загальний об'єм. Осад з дна і стінок стакану переносять на фільтр і просушують його. Фільтр з осадом і фільтрат пересилають до хіміко-аналітичної лабораторії. Хімічний аналіз вмісту шкідливих речовин в снігу здійснюється методами, що використовуються при дослідженні або проб атмосферних опадів, або проб повітря. Іноді в хіміко-аналітичних лабораторіях водні проби попередньо концентрують випарюванням.

Контрольні запитання і завдання

1. Які величини застосовують для оцінки ступеня забруднення атмосферного повітря?
2. Як розраховується метеорологічний потенціал атмосфери?
3. Етапи аналізу повітря. Як розраховується концентрація речовини в пробі?
4. Де здійснюють спостереження за рівнем забруднення атмосфери? Що таке стаціонарний, маршрутний, пересувний пост?
5. Як проводять спостереження за вмістом в атмосфері корозійно-активних домішок?
6. Вимір рівня забруднення повітря, обумовленого викидами автотранспорту. Охарактеризуйте особливості спостережень.
7. Як проводять вивчення рівня забруднення повітря в промисловому районі?
8. Охарактеризуйте особливості виміру рівня забруднення атмосферних опадів та снігового покриву.

Тема 3. СПОСТЕРЕЖЕННЯ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОСФЕРИ

Лекція 4. Водні об'єкти. Види водокористування

Визначення складу природних і стічних вод відіграє важливу роль з точки зору охорони навколишнього середовища і здоров'я людини. Відомо, що довгострокове споживання води, яка вміщує навіть порівняно невеликі концентрації деяких хімічних забруднень, викликає хімічне отруєння організму. Тому за своєю якістю вода, яка призначена на господарсько-питні потреби, повинна відповідати вимогам *Державних санітарних норм і правил* (ДержСанПіН № 383 «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання». До води, яка

використовується на технологічні потреби підприємств, висуваються спеціальні вимоги, що за рядом показників можуть бути вище або нижче вимог до господарсько-питної води.

Природні води поділяють на поверхневі і підземні. Забруднюючі речовини надходять у водоймища переважно з промисловими і побутовими стічними водами, із повітря з атмосферними опадами, вимиваються з ґрунту і т. ін. Всі речовини, що потрапили до води, залежно від фізико-хімічних властивостей, фізичних і хімічних параметрів водного середовища (температура, рН, кількість розчинених речовин і т. ін.) розподіляються в ній по-різному.

Особливості вивчення забруднення води

До особливостей, які необхідно враховувати для отримання надійних результатів аналізу води, належать:

- 1) визначення малих кількостей речовин серед великої кількості заважаючих речовин і змінюваності їх складу;
- 2) складний склад органічних і неорганічних речовин, які постійно містяться в незабрудненій воді;
- 3) процеси, що призводять до зміни складу хімічних речовин (хімічні, фотохімічні, за участю біологічних об'єктів рослинного і тваринного походження).

Потрібно враховувати також дихання живих організмів, яке супроводжується поглинанням кисню. Тому вміст кисню є одним з найважливіших показників стану водної системи. Недостатність кисню призводить не тільки до порушення дихання водних організмів тваринного і рослинного походження, але і до змін хімічного складу речовин, що містяться у воді. Так, при недостатності кисню, порушуються окисно-відновні процеси, різко збільшуються концентрації сірководню, аміаку, вуглекислого газу. Знижується окислюваність металів, відмічається їх перехід у стан з більш низькою валентністю (наприклад, двовалентне залізо переходить у тривалентне), що зменшує їх розчинність у воді. Особливе значення для правильної оцінки забрудненої води і, в окремому випадку, для відбору проб має розподілення забруднюючих речовин у воді, яке

залежить від багатьох локальних умов: швидкості і характеру руху води, осадів, намулів, фізико-хімічних властивостей забруднюючих речовин, їх стійкості у воді і т.п. Зазвичай встановлюється динамічна рівновага між ними.

Всі нерозчинні і частково розчинні речовини в основному розподіляються в поверхневій плівці і в донному осаді. Хлорорганічні пестициди і сільськогосподарські добрива стійкі, погано розчиняються, і у воді зберігаються тривалий час практично без змін. Фосфорорганічні сполуки менш стійкі і розпадаються в поверхневій плівці і донному осаді за порівняно короткий час. Дуже токсичними є як самі пестициди і добрива, так і продукти їх розпаду. Оскільки найбільший вміст забруднюючих речовин спостерігається у поверхневій плівці і донному осаді, а в основній масі води їх кількість незначна, то в деяких випадках доцільно аналізувати осади з метою оцінки забрудненості водних об'єктів.

Сезонні зміни температури впливають не тільки на розчинність, але й на швидкість і рівновагу реакцій, що протікають у воді. Це може мати суттєве значення для оцінки короткочасних і довготривалих наслідків забруднень води, тому що при збільшенні температури на кожні 10 °С швидкість реакції збільшується в два рази.

Відповідно до «Правил охорони поверхневих вод» (від 21.02.1991 за станом на 26 березня 2007 року) розрізняють такі види водокористування:

1. Господарсько-питне і комунально-побутове

До господарсько-питного водокористування відносяться використання водних об'єктів або їх ділянок в якості джерел господарсько-питного водопостачання, а також для водопостачання підприємств харчової промисловості.

До комунально-побутового водокористування відноситься використання водних об'єктів для купання, занять спортом і відпочинку населення. Вимоги до якості води, встановлені до комунально-побутового водокористування, розповсюджуються на всі ділянки водних об'єктів, що знаходяться в межах населених пунктів, незалежно від виду їх використання.

Розрізняють дві категорії водокористування:

I категорія – джерела господарсько-питного водокористування або водопостачання підприємств харчової промисловості.

II категорія – об'єкти для спорту, купання і відпочинку населення.

2. Рибогосподарське

До рибогосподарського водокористування належить використання водних об'єктів для проживання, розмноження і міграції риб і інших водних організмів.

Розрізняють дві (іноді три) категорії водокористування:

I категорія (або вища і перша) – водойми і водотоки, що забезпечують збереження і репродукцію особливо цінних видів риб з високою чутливістю до вмісту у воді кисню.

До вищої категорії належать місця розташування місць нересту, масового нагулу і зимувальних ям особливо цінних і цінних видів риб і інших промислових водних організмів, а також охоронні зони господарств будь-якого типу для штучного розведення і вирощування риб, інших водних тварин і рослин. До першої категорії відносяться водні об'єкти, що використовуються для збереження і репродукції цінних видів риб, які мають високу чутливість до вмісту кисню.

II категорія – решта рибогосподарських об'єктів.

До другої категорії належать водні об'єкти, що використовуються для інших рибогосподарських цілей.

Згідно з категорією водойм, в місцях водокористування або водозабору для водоспоживання, встановлені відповідні нормативи якості води, які об'єднані в дві групи: гігієнічні та санітарні. Нормами якості води називають визначені значення показників якості води, дотримання яких забезпечує потреби конкретних видів водокористування. Для гігієнічної оцінки якості води використовують такі показники:

- кількість завислих речовин;
- температура;
- водневий показник;
- мінеральний склад води;

- концентрація розчиненого у воді кисню;
- біохімічне споживання кисню повне (БСК);
- хімічне споживання кисню (ХСК);
- наявність збудників хвороб тощо.

Для санітарної оцінки якості води використовують такі показники:

- граничнодопустимі концентрації забруднюючих воду речовин, з врахуванням лімітуючих ознак шкідливості;
- класи небезпеки хімічних речовин.

Для вод господарсько-питного і культурно-побутового призначення для нормування їх якості встановлюються ГДК_В шкідливих речовин з врахуванням трьох лімітуючих ознак (показників) шкідливості: органолептичного, санітарного або загальносанітарного та санітарно-токсикологічного. Для вод рибогосподарського призначення – ГДК_{Вр} з врахуванням п'яти лімітуючих ознак (показників) шкідливості:

- органолептичного;
- санітарного або загально-санітарного;
- санітарно-токсикологічного;
- токсикологічного та рибогосподарського.

Лімітуюча ознака шкідливості (за ДСТУ 3041-95) – це одна з ознак шкідливості речовин, що забруднюють воду, яка визначає їх переважний негативний вплив і характеризується найменшим значенням ефективної-неефективної концентрації. Кожна лімітуюча ознака шкідливості характеризує ту чи іншу властивість забруднювальних речовин, яка показує прояв їх шкідливої дії, а саме:

- органолептичний показник шкідливості характеризує здатність речовин змінювати органолептичні властивості води, зокрема смак, запах, колір тощо;
- загальносанітарний показник шкідливості характеризує вплив речовин на процеси природного самоочищення вод за рахунок біохімічних реакцій за участю природної мікрофлори або хімічних перетворень;

- санітарно-токсикологічний показник характеризує шкідливу дію речовин на організм людини;
- токсикологічний показник шкідливості характеризує токсичність речовин для гідробіонтів, зокрема планктону тощо;
- рибогосподарський показник шкідливості характеризує вплив речовин на погіршення якості промислових риб.

Найменшу із нешкідливих концентрацій за трьома або п'ятьма ознаками шкідливості беруть за ГДК із зазначенням лімітуючого показника шкідливості. Наприклад, деякі величини ГДК забруднюючих воду речовин зазначені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Гранично-допустимі концентрації деяких шкідливих речовин водоймах

Забруднювальна речовина	ГДК, мг/дм ³ , (лімітуючий показник шкідливості)	
	Для водойм I-II категорії (ГДК _В)	Для водойм III-IV категорії (ГДК _{ВР})
Амоніак (NH ₃), (в перерахунку на Нітроген)	2,0 (сан.-токс.)	0,05 (токс.)
Купрум (Cu ²⁺)	1,0 (орган.)	0,01 (токс.)
Нітрати (по NO ₃ ⁻)	45,0 (сан.-токс.)	—
Нітрити (по NO ₂ ⁻)	3,3 (сан.-токс.)	—
Меркурій (Hg ²⁺)	0,0005 (сан.-токс.)	0,0001 (токс.)
Плюмбум (Pb ²⁺)	0,03 (сан.-токс.)	0,01 (токс.)
Сульфати (SO ₄ ²⁻)	500,0 (орган.)	—
Нафта і нафтопродукти в емульсованому стані	0,5 (орган.)	0,05 (токс.)

Лекція 5. Якість води. Оцінка якості природних вод

Термін «якість води» вперше в нормативних документах з'явився у 70-х рр. ХХ ст. Відповідно до ГОСТ 7.1.1.01-77 «якість води – характеристика складу і властивостей води, які визначають її придатність для конкретних видів водокористування». Пізніше, у 1986 р. в ГОСТ 27065-86 (СТ СЭВ 5184-85) з'явився термін «норми якості води». *Норми якості води – визначені значення показників якості води для конкретних видів водокористування.*

Якість води характеризується комплексом показників. Ряд показників є загальним для характеристики будь-якої категорії вод.

Групові показники якості води:

Фізичні:

- органолептичні (колір, смак, запах);
- температура;
- вміст завислих речовин (каламутність).

Хімічні:

- активна реакція води (рН);
- окислюваність;
- біохімічне споживання кисню;
- сухий залишок;
- наявність азотвмісних речовин і розчинених у воді газів;
- жорсткість води;
- лужність;
- вміст заліза, мангану;
- хлориди, сульфати;
- сполуки фосфору;
- розчинені гази (CO_2 , O_2 , SO_2 , N_2 , CH_4);
- отруйні речовини;
- радіоактивні елементи.

Охарактеризуємо показники якості води більш докладно.

Фізичні показники

Органолептичні показники:

– *колірність* води – це показник, що характеризує забарвлення води. Чиста вода безбарвна, у великому шарі має злегка голубуватий відтінок. Інші відтінки свідчать про наявність у воді різних розчинених і завислих домішок. Колірність природної води визначається наявністю в ній гумусових речовин, масовим розвитком водоростей, колоїдними сполуками заліза, а також забарвленими стічними водами;

– *смак* – може бути солоним (обумовлений вмістом NaCl), гірким (обумовлений вмістом MgSO_4) і кислим (обумовлений вмістом розчиненого CO_2);

– *запах* залежить від розчинених речовин.

Температура природних вод залежить від їх походження. Температура підземних вод стабільна, поверхневих – змінюється залежно від сезонних змін. Температура стічних вод залежить від специфіки технології підприємств.

Каламутність води - це показник, що характеризує зменшення прозорості води за рахунок наявності тонкодисперсних завислих речовин. Каламутність води у річках змінюється відповідно до пори року.

Хімічні показники

Активна реакція рН визначає ступінь її кислотності або лужності. Для нейтрального середовища $pH=7$, для кислого $pH<7$, для лужного $pH>7$.

Окиснюваність дозволяє сумарно визначити вміст у воді органічних речовин і легкоокиснюваних неорганічних речовин (сірководню, оксидів заліза і ін.) Окиснюваність характеризується витратою окиснювача або еквівалентної йому кількості кисню на окиснення органічної речовини, що міститься в 1 м^3 . Як окиснювач використовують перманганат або дихромат калію, які дали назву перманганатній або дихроматній окиснюваності.

Аеробні бактерії, що знаходяться у водоймищі, споживають розчинений у воді кисень для окиснення органічних речовин, які є для них їжею і задовольняють їх енергетичні потреби. *Біохімічне споживання кисню* (БСК) – це кількість розчиненого кисню, необхідного для розкладення органічних речовин, що розкладаються біологічно в 1 дм^3 води за певний період часу (5 або 20 діб). Відповідно розрізняють показники БСК₅ та БСК₂₀.

Сухий залишок визначає показник ступеня мінералізації води, тобто сумарну концентрацію мінеральних речовин. Сухий залишок утворюється при випаровуванні води і складається з мінеральних солей і нелетких органічних сполук. Вміст мінеральних речовин визначає ряд хімічних властивостей води, які характеризуються окремими показниками якості, наприклад, наявністю азотовмісних речовин, жорсткістю, лужністю і т. ін.

Азотовмісними речовинами є іони амонію, нітрит- і нітрат-іони. Вони утворюються головним чином в результаті розкладу сечовини і білкових сполук. Підвищений вміст амонійного і нітритного азоту означає свіже забруднення, їх відсутність свідчить про давність забруднення.

Жорсткість визначається присутністю у воді іонів кальцію і магнію. Відповідно розрізняють загальну, магнієву і кальцієву, карбонатну і некарбонатну жорсткість. Карбонатна жорсткість визначається наявністю у воді гідрокарбонатів кальцію і магнію. Некарбонатна жорсткість обумовлюється сульфатами, хлоридами і нітратами кальцію і магнію. Загальна жорсткість це сума карбонатної і некарбонатної жорсткості або кальцієвої і магнієвої жорсткості.

Лужність води – це сума гідратів і солей слабких кислот (карбоненої, фосфатної та ін.) Розрізняють гідратну, гідрокарбонатну, карбонатну й інші види лужності.

Залізо в природних водах може бути в істиннорозчинному і колоїдному вигляді, у вигляді комплексних сполук і тонкодисперсної суспензії. У підземних водах *манган* часто супроводжує залізо, у поверхневих водах він, як і залізо, міститься у вигляді органічних сполук, в тому числі і колоїдних. Наявність заліза і мангану у воді може призвести до розвитку у водопровідних трубах залізо-манганових бактерій; продукти життєдіяльності цих бактерій накопичуються в таких кількостях, що можуть зменшити поперечний переріз або повністю закупорити водопровідні труби.

Води, що містять *хлориди і сульфати*, справляють руйнівний вплив на розвиток рослинних організмів у водоймах. У питній воді кількість *фосфору* (за PO_4^{3-}) не повинна перевищувати 3,5 мг/дм³.

Наявність у воді *вуглекислоти, кисню і сірководню* за певних умов надає воді корозійні властивості по відношенню до бетонів і металів. Агресивність сполук вуглекислоти пояснюється її здатністю взаємодіяти з карбонатними породами, а також деяким зниженням рН середовища, в результаті чого підсилюється електрохімічна корозія металів.

Вміст у воді *кисню* інтенсифікує процеси корозії металевих труб, однак при великих кількостях кисню можливе зворотне явище в результаті утворення оксидних плівок. Різде зменшення кисню у порівнянні з нормальним свідчить про забруднення води. Якщо його вміст падає нижче 50% його максимальної розчинності для даної температури, то самоочищення водоймищ значно уповільнюється; при вмісті кисню меншим за 1,0 – 1,5 мг/дм³ гине риба у водоймищах.

Лекція 6. Методики оцінки якості природних вод

Зазвичай для визначення ступеня забруднення водних об'єктів оцінюється небезпечно для здоров'я людей зниження якості питної води і санітарно-епідеміологічне забруднення водойм (тобто фактор зміни середовища існування людини) – це санітарно-гігієнічний фактор. За таким принципом побудована методика оцінки якості природної води, що базується на санітарно-гігієнічному підході і стосується самої людини. Методика оцінки за індексом забрудненості води (ІЗВ) побудована на використанні узагальнених показників, які однозначно характеризують різнорідну сукупність компонентів і сполук хімічного складу поверхневих вод.

Методика оцінки якості природної води, що базується на санітарно-гігієнічному підході і стосується самої людини

Гігієнічна класифікація водних об'єктів за ступенем забруднення передбачає оцінку якості води за органолептичними, токсикологічними, загальносанітарними (санітарним режимом) і бактеріологічними показниками.

Органолептичні і хімічні показники визначаються за запахом, смаком, колірністю, каламутністю, завислими речовинами, рН, лужністю, загальною жорсткістю, загальною мінералізацією, сухим залишком, вмістом магнію, мангану, заліза, хлоридів, сульфатів, нафтопродуктів тощо. Перевищення концентрації хімічних речовин в

4-8 і більше разів ГДК оцінюється в 3-4 бали (норма 2), що є перешкодою до питного використання води.

Вимоги до органолептичних властивостей води такі: запахи і смаки не повинні бути більше 2 балів, колірність менше 20 градусів, прозорість більше 30 см, каламутність менше 2 мг/дм³.

Токсикологічні властивості визначаються за вмістом азоту (аміаку, нітритів, нітратів) фтору, СПАР, фенолу, ціаніду, міді, свинцю, цинку, хлору, нікелю, цезію-137 і стронцію-90. Використання води з концентрацією шкідливих речовин в 3-5 разів більше ГДК може призвести до виникнення початкових хворобливих симптомів серед населення через 1-2 місяці; в 10 разів – через 2-4 тижні; в 100 разів – через декілька діб.

ГДК для нітратного азоту складає 10 мг/дм³, оскільки самі по собі вони не шкідливі для людини. Однак під дією деяких кишкових бактерій при високих дозах нітрати можуть перейти в нітрити – отруйну речовину, яка, сполучаючись з гемоглобіном крові, переводить його у форму метоглобіну, який перешкоджає перенесенню кисню по кровоносній системі організму.

Санітарний режим природних вод оцінювали за розчином кисню, БСК₅, БСК₂₀, окислюваністю і ХСК. До цієї групи належать важливі характеристики вмісту у воді розчинних органічних речовин і мікроорганізмів, бактерій, що розкладають органіку до мінеральних складових.

Бактеріологічні показники визначаються через індекси ЛКП (через бактерії групи кишкової палички). Для оцінки якості води використовують *мікробне число* (загальна чисельність бактерій в 1 см³ води) і *колі-індекс* (кількість кишкових паличок в 1 дм³ води). Інколи використовують *колі-титр* (об'єм води в 1 см³, що припадає на одну кишкову паличку).

Вміст вищеназваних компонентів оцінюють шляхом порівняння їх з ГДК, а сумарний їх вміст – за допомогою індексного принципу. Він дозволив привести всі показники окремих забруднювачів до єдиної системи вимірювання та їх зіставлення. В межах лімітуючих показників шкідливості визначались для всіх забруднювачів середня

кратність перевищення фактичного забруднення їх відповідного ГДК. Ці середні кратності сумувалися і в результаті одержали сумарні індекси забруднення (див табл. 3.2). За одержаними індексами забрудненості оцінювався якісний стан води за ступенем забрудненості: допустима, помірна, підвищена, висока, дуже висока (див. табл. 3.3). Ці градації стосуються водойм 1 і 2 категорій водокористування.

Таблиця 3.2

Індекси сумарної забрудненості

Ступінь забруднення	ОЦІНОЧНІ ПОКАЗНИКИ												
	органолептичні показники				токсикологічні показники		санітарний режим				Бактеріологічні показники		індекси забруднення
	смак, запах, (в балах)	+	ГДК орг., ступінь перевищення	+	ГДК токс., ступінь перевищення	+	БСК мг/л	+	Розчинний O ₂	+	Бактерії групи кишкової палички	+	розрахункові
Допустима	2	1	2	1	1	1	3	1	4	1	1·10 ³	0	0-5
Помірна	3	1,5	4	2	3	3	6	2	3	0,7 5	1·10 ⁴	1	10,25
Підвищена	3,5	1,7 5	6	3	6,5	6,5	7	2,3 3	2,5	0,6 2	1·10 ⁵	2	16,2
Висока	4	2	8	4	10	10	8	2,7	2	0,5	1·10 ⁶	3	22,2
Дуже висока	>4	>2	>8	>4	100	10 0	10	3.3	1	0.2 5	> 1·10 ⁶	4	113,5

Примітка: ГДК орг. – ГДК за органолептичними; ГДК токс. – ГДК за токсикологічним показником шкідливості; + – кратність перевищення допустимих величин забруднення (коефіцієнти для виведення загального показника забрудненості водних об'єктів).

Гігієнічна класифікація водних об'єктів за ступенем забруднення

Ступінь забруднення	Індекси сумарного забруднення	Екологічна оцінка якості води
Допустима	0 - 5	Чиста
Помірна	5 - 10	Умовно чиста
Підвищена	10 - 15	Забруднена (шкідлива для питного вживання)
Висока	15 - 20	
Дуже висока	>20	

Оцінка ступеня забрудненості водойм за індексом ІЗВ

Методика оцінки якості води за індексом забрудненості води (ІЗВ) була рекомендована для використання підрозділам Держкомгідромету. Гідрохімічний індекс забрудненості води є комплексним показником якості води.

Сутність цієї методики полягає у розрахунку індексу забруднення води за гідрохімічними показниками, а потім за величинами розрахованих ІЗВ воду, яку досліджують, відносять до відповідного класу якості. При цьому виділяються такі класи якості води:

Клас якості води	Індекс забрудненості води (ІЗВ)
I – дуже чиста	$ІЗВ < 0,3$
II – чиста	$0,3 < ІЗВ < 1$
III – помірно забруднена	$1 < ІЗВ < 2,5$
IV – забруднена	$2,5 < ІЗВ < 4$
V – брудна	$4 < ІЗВ < 6$
VI – дуже брудна	$6 < ІЗВ < 10$
VII – надзвичайно брудна	$ІЗВ > 10$

До *першого* класу належать води, на які найменше впливає антропогенне навантаження. Величини їх гідрохімічних та гідробіологічних показників близькі до природних значень для даного регіону.

Для вод *другого класу* належать певні зміни порівняно з природними, однак ці зміни не порушують екологічної рівноваги.

До *третього класу* відносяться води, які знаходяться під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистем.

Води *IV-VII* класів – це води з порушеними екологічними параметрами, їх екологічний стан оцінюється як екологічний регрес.

Безпосередньо *розрахунок ІЗВ* проводиться за обмеженим числом інгредієнтів або показників. Обирають 6-7, мінімум 5 показників. При цьому використовується формула

$$\text{ІЗВ} = \frac{C}{\text{ГДК}} / 6. \quad (3.1)$$

Визначається середнє арифметичне значення результатів хімічних аналізів по кожному з таких показників: азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, фенол, розчинений кисень, біохімічне споживання кисню (БСК₅). Знайдене середнє арифметичне значення кожного з показників порівнюється з їх гранично допустимими концентраціями. При цьому у випадку розчиненого кисню величина гранично допустимої концентрації ділиться на знайдене середнє значення концентрації кисню, тоді як для інших показників це робиться навпаки. Розрахунок індексу забрудненості води (ІЗВ) для поверхневих вод виконується за обмеженою кількістю інгредієнтів, де 6 – обмежена кількість показників, що беруться для розрахунків, в тому числі і показники розчиненого кисню та БПК₅. Всі оцінки є формалізованими. В основі їх лежить сумування результатів хімічного аналізу проб води.

Лекція 7. Спостереження за станом гідросфери

Спостереження за станом гідросфери проводять на спеціально обладнаних пунктах спостереження.

Мережа пунктів спостережень за станом гідросфери

Пункт спостереження за забрудненням поверхневих вод – місце на водоймі чи водотоці, в якому проводять комплекс робіт для одержання даних про склад і властивості води.

За наявності у населених пунктах декількох джерел забруднення під пунктом спостережень розуміють ділянку водойми

або водотоку, на якій розташовано увесь населений пункт, а не окреме джерело забруднення.

Пункти спостережень встановлюються в районах:

- міст та великих селищ, стічні води яких скидаються у водойми і водотоки;

- скиду зворотних вод великими промисловими підприємствами (заводи, родовища, шахти, нафтопромисли, електростанції) та сільськими господарствами, які скидають їх у вигляді стічної, шахтної, кар'єрної або дренажної води;

- місць нересту та зимування цінних та особливо цінних видів промислових водних організмів;

- передгребельних ділянок річок, що є важливими для рибного господарства;

- перетину річками державного кордону;

- замикаючих створів великих і середніх річок;

- гирл забруднених приток великих водойм і водотоків.

Для вивчення природних процесів і визначення фонового стану водойм і водотоків пункти спостережень створюють також на ділянках, які не зазнають прямого антропогенного впливу, у тому числі на водоймах і водотоках, розташованих на території державних заповідників і природних національних парків, що є унікальними природними утвореннями.

Розташування пунктів спостережень визначають з урахуванням існуючого та перспективного використання водойми чи водотоку на основі попередніх досліджень, які передбачають підбір і аналіз відомостей про водокористувачів і джерела забруднення, про аварійні скиди забруднюючих речовин, про режимні (водні, льодові, термічні) фізико-географічні, морфометричні ознаки водойми і водотоків або їх ділянок.

Пункти спостережень за вмістом забруднюючих речовин у донних відкладах поєднують з пунктами спостережень за забрудненням поверхневих вод, для яких є характерним інтенсивне накопичування донних відкладів із вмістом забруднюючих речовин, що визначаються.

У пункті спостережень встановлюють один або декілька створів.

Створ пункту спостережень (контролю) – це умовний поперечний перетин водоймища чи водотоку, в якому проводять комплекс робіт для одержання даних про показники якості води. Пункт контролю якості води – це місце на водоймі чи водотоці, в якому проводиться комплекс робіт для одержання даних про якість води, призначених для наступного узагальнення системної інформації відповідними організаціями.

Зона впливу джерел забруднення – частина водоймища чи водотоку, в якому перевищені фонові значення показників якості води, але порушення норм якості води не спостерігається.

Фонове значення показників якості води – це значення показників якості води водоймища або водотоку до впливу на нього джерела забруднення.

У кожному пункті спостережень організують один або декілька створів. Місцеположення створів встановлюють з урахуванням гідрометеорологічних та морфометричних особливостей водойми чи водотоку, розташування джерел забруднення, кількості, складу і властивостей зворотних вод, які скидаються, зацікавленості водокористувачів.

Один створ на водотоках встановлюють (за відсутності організованого скиду зворотних вод) у гирлах забруднених приток, на незабруднених ділянках водотоків, на передгребельних ділянках річок, на замикаючих ділянках річок, в місцях перетину державного кордону.

За наявністю організованого скиду зворотних вод на водотоках встановлюють два створи або більше. Один із них розташовують вище джерела забруднення (поза впливом зворотних вод, що контролюються), інші – нижче джерела (або групи джерел) забруднення.

Склад води у пробі, відібраній у створі вище джерела забруднення, характеризує фонове значення показників складу і властивостей води водотоку. Порівняння фонових значень показників з показниками в пробі, яка відібрана нижче джерела забруднення з

урахуванням часу добігання, дозволяє скласти уявлення про характер і ступінь забрудненості води під впливом джерел забруднення. Зміна складу води у пробах, відібраних також з урахуванням часу добігання у першому після скиду зворотних вод створі і в розташованих нижче створах, дає можливість оцінити спроможність водойми до самоочищення. Верхній створ встановлюють на 1 км вище джерела забруднення (зазвичай на цій відстані виключається можливість впливу на водотік забруднюючих речовин, що надходять зі зворотними водами).

У разі вибору створів нижче джерела забруднення необхідно, щоб він характеризував склад води в цілому по перетину, тобто був розташований у місці гарантованого (не менше 80%) змішування зворотних вод з водою водотоку. Оптимальним вважають варіант, коли створ спостережень встановлюють у створі гарантованого протягом року практично повного змішування зворотних вод з водою водотоку.

На річках, де створ гарантованого змішування знаходиться далеко від джерела забруднення, створ встановлюють у найближчому створі водокористування. На річках, що використовують для потреб рибного господарства, такий створ встановлюють залежно від умов змішування, але не далі 0,5 км від місця скиду зворотних вод.

За наявності на водотоці декількох рукавів створи розташовують на тих із них, де спостерігаються найбільші витрати і (або) порушення норм якості води водотоків.

Категорійність пунктів контролю

I категорія – міста з населенням більше 1 млн;

- місця нересту особливо цінних риб;
- аварійні скиди, що повторюються;
- організований скид стічних вод з високою забрудненістю.

Можуть бути розташовані на великих, середніх, а *іноді* на малих водоймах і водотоках.

II категорія – місто з населенням від 0,5 до 1 млн чол.;

- місця нересту і зимування цінних риб;
- на важливих передгребельних ділянках;
- при перетині держкордону;

– в районах середньої забрудненості водойм.

III категорія - місто з населенням менше 0,5 млн чол.;

– на замикаючих ділянках великих і середніх річок;

– в гирлах забруднених притоків великих річок і водойм;

– організований скид стічних вод з низькою забрудненістю.

IV категорія – незабруднені ділянки водойм і водотоків;

– водойми і водотоки на території державних заповідників і національних парків.

Періодичність проведення контролю за гідрологічними і гідрохімічними показниками наведена в табл. 3.4, а періодичність контролю за гідробіологічними показниками – в табл. 3.5.

Таблиця 3.4

Періодичність проведення контролю за гідрологічними і гідрохімічними показниками

Періодичність проведення контролю	Програма спостережень для пунктів контролю категорії			
	I	II	III	IV
Щоденно	Скорочена програма 1: Витрати води (водотоки) м ³ /с; рівень м (водойми); візуальні спостереження; температура, концентрація розчиненого кисню, питома електропровідність см/см	Візуальні спостереження Загибель риби або інших водних організмів, рослин; виділення бульбашок донних газів; поява підвищеної каламутності, сторонньої забарвленості, запаху, цвітіння води, піни, плівки і інших сторонніх предметів	-	-
Щодекадно	Скорочена програма 2: Витрати води (водотоки) м ³ /с; рівень м (водойми); візуальні спостереження; температура, водневий показник рН, питома електропровідність см/см, концентрація завислих речовин мг/дм ³ ; ХСК, БСК ₅ ; концентрація 2-3 забруднюючих речовин, основних для води у даному пункті мг/дм ³ (мг/л)	Скорочена програма 1		
Щомісячно	Скорочена програма 3: Витрати води (водотоки), швидкість течії м/с при опорних вимірах на водотоках, рівень м (водойми); візуальні спостереження; температура, водневий показник рН, концентрація завислих речовин мг/дм ³ ; ХЧК, БПК ₅ ; концентрація всіх забруднюючих речовин, основних для води у даному пункті мг/дм ³ (мг/л).			

Періодичність контролю за гідробіологічними показниками

Періодичність проведення контролю	Програма спостережень для пунктів контролю категорії			
	I	II	III	IV
Щомісячно	<p>Скорочена програма : Визначення: <i>по фітопланктону</i>: загальне число клітин 10^3 кл/см³; загальне число клітин; загальне число видів; масові види і індикатори сапробності; <i>по зоопланктону</i>: загальне число організмів екз./м²; загальне число видів; масові види і види - індикатори сапробності; <i>по зообентосу</i>: загальна чисельність екз./м²; кількість груп за стандартною розробкою; чисельність основних груп екз/м²; масові види і види - індикатори сапробності; <i>за перитифоном</i>: загальне число видів, масові види, сапробність, частота зустрічання.</p>		Скорочена програма у вегетаційний період	-
Щоквартально	<p>Повна програма: <i>По фітопланктону</i> загальне число клітин 10^3 кл/см³; загальне число клітин; загальне число видів; масові види і індикатори сапробності; загальна біомаса, біомаса основних груп, число видів в групі, загальна біомаса; <i>по зоопланктону</i>: загальне число організмів екз./м²; загальне число видів; загальна біомаса, чисельність основних груп; біомаса основних груп; число видів в групі, масові види і види - індикатори сапробності; <i>по зообентосу</i>: загальне чисельність екз./м²; загальна біомаса; загальне число видів; кількість груп за стандартною розробкою; число видів в групі, біомаса основних груп; чисельність основних груп екз/м²; масові види і види - індикатори сапробності; <i>по перитифону</i>: загальне число видів; масові види, частота зустрічання, сапробність, загальна чисельність бактерій, 10^6 кл/см³; кількість сапрофітних бактерій 10^6 кл/см³, відношення загальної кількості бактерій до кількості сапрофітних бактерій; інтенсивність фотосинтезу, деструкція органічної речовини, відношення інтенсивності фотосинтезу до деструкції органічної речовини. <i>по макофітам</i>: проективне покриття дослідної площадки; характер розповсюдження рослинності, загальне число видів, переважні види</p>			

Контрольні запитання і завдання

1. У чому полягають особливості вивчення забруднення води?
2. Які види водокористування ви знаєте?
3. Охарактеризуйте нормативи якості води.
4. Групові показники якості води. Охарактеризуйте фізичні і хімічні показники якості води.
5. Які методики оцінки якості води ви знаєте?
6. Як створюється мережа пунктів спостережень за станом гідросфери?

Тема 4. СПОСТЕРЕЖЕННЯ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ЛІТОСФЕРИ

Лекція 8. Ґрунти

Ґрунт є одним з найважливіших об'єктів навколишнього середовища, який дає понад 90 % продуктів харчування і сировини для виробництва різноманітної продукції. Ґрунт складається з мінералів, органічних речовин, води, повітря, в ньому знаходяться різні мікроорганізми, бактерії, гриби.

На відміну від інших об'єктів навколишнього середовища (гідросфери, атмосфери), де протікають процеси самоочищення, ґрунт має таку властивість в незначній мірі. Більш того, для деяких речовин, наприклад для важких металів, ґрунт є ємним акцептором. Важкі метали міцно сорбуються і взаємодіють з ґрунтовим гумусом, утворюючи важкорозчинні сполуки. Таким чином відбувається їхнє накопичення в ґрунті. Разом з цим в ґрунті під впливом різних факторів відбувається постійна міграція речовин, що надходять до ґрунту, і перенесення їх на великі відстані. Ступінь шкоди, спричиненої забрудненнями людям, залежить від здатності рослин поглинати забруднюючі ґрунт речовини.

Шляхи надходження забруднюючих речовин в ґрунт:

– з атмосфери (грубодисперсні фракції аерозолів; дощ; сніг; кислотні дощі (SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^-), в результаті чого відбувається підкислення ґрунтів; осідання грубодисперсних фракцій аерозолів на відстані 10 – 12 км від джерел викидів, яке призводить до підлуження ґрунтів);

– з мінеральними та органічними добривами;

– під час поливу забрудненою водою (забруднені мули, шлаки і шлами, що вміщують шкідливі речовини, такі як важкі метали).

Вивченню забруднень ґрунтів повинно передувати дослідження технологічного процесу виробництва, складу руд, що використовуються, палива, характеристик пилогазоочисних споруд.

Основні джерела забруднення ґрунтів навколо промислово розвинених міст це:

1. Підприємства чорної металургії. Відбувається забруднення ґрунтів Ni, Mn, Cr, Cd, Co, Cu, Mo, Sn, Zn, F.
2. Підприємства кольорової металургії. Відбувається забруднення ґрунтів Ni, Cd, Pb, Cu, Mo, Hg, Fe, Sn Zn, F, бенз(а)пиреном і іншими речовинами. В атмосферних викидах навколо алюмінієвих заводів виявляють значну кількість алюмінію і лужних металів; крім того, може відбуватися для кислих і нейтральних ґрунтів зсув рН в лужну область на 1,5 – 1,8 одиниць.
3. Підприємства нафтохімічної промисловості. Відбувається забруднення бенз(а)пиреном.
4. Теплоелектростанції. Відбувається забруднення бенз(а)пиреном, іншими поліциклічними ароматичними вуглеводнями.
5. Підприємства з переробки фторвмісних речовин (суперфосфатні та цегляні заводи, заводи з виробництва фторидів) та ті, що використовують сполуки фтору (чорної металургії, скляні заводи (гути), алюмінієві заводи). Відбувається забруднення фторидами. Викиди промислових підприємств містять газоподібні сполуки фтору (HF, SiF₄) і тверді (NaF, KF, Na₂AlF₆, Na₂SiF₆, CaF₂). Фтор, який потрапляє до ґрунтів, мігрує до рослин, тому забруднення фтором розповсюджуються на площинах, значно перевищуючих зони впливу викидів підприємства на ґрунт.

Ступінь забруднення ґрунтів шкідливими речовинами, розподіл і перенесення їх на відстань залежать, з одного боку від потужності, характеристик і тривалості роботи підприємств, з іншого – від ландшафтно-геоморфологічних умов (від сорбційних властивостей ґрунтів, руху води в горизонті, значення рН та ін.)

Важкі метали міцно сорбуються у верхньому шарі ґрунту. Міграція їх за профілем ґрунту і потрапляння до ґрунтових вод можливо при промивному режимі і кислій реакції розчинів, що фільтруються.

Максимальний вміст металів у ґрунті спостерігається на відстанях 1-5 км від джерела забруднення (ближня зона). Вони можуть перевищувати фонові рівні на 1-2 порядки. У міру віддалення від джерела забруднення вміст важких металів зменшується і на відстані 15-20 км наближується до фонового рівня. Глибина проникнення важких металів у забруднених ґрунтах зазвичай не перевищує 20 см, при сильному забрудненні – до 160 см. Небезпечність такого залягання полягає в тому, що при кислій реакції середовища є загроза надходження важких металів у вигляді водорозчинних форм в ґрунтові води. Для ґрунтів, які розташовані поза зоною впливу джерела забруднення характерний рівномірний розподіл важких металів.

Найбільшу міграційну здатність мають Hg і Zn, які, як правило, рівномірно розподіляються в шарі ґрунту на глибині 0-20 см. Pb частіше залишається у поверхневому шарі (0 – 2,5 см), Cd займає проміжне положення між ними. Pb, Cd, Hg зустрічається в гумусових відкладеннях забруднених територій.

На відміну від металів пестициди можна знайти практично всюди в навколишньому середовищі, в тому числі і в районах, де їх ніколи не застосовували. Вони переносяться вітром, водою, попадають туди з продуктами харчування і фуражем. Стійкість пестицидів значною мірою залежить від типу ґрунту. Важкі глинисті ґрунти затримують їх довше, ніж легкі піщані. Між тим, всі вони мають дуже токсичні властивості, і контроль за їх вмістом має велике значення для охорони здоров'я.

Для оцінки забруднень ґрунтів треба вивчати їх хімічний склад, порушення ґрунтового покриву, порівняти вміст хімічних речовин з їх гранично допустимими значеннями. При цьому взяти до уваги місця захоронень і відвалів шкідливих відходів, тривалість їх застосування. Вивчити стан ерозії ґрунтів, її причини і шляхи їх виправлення.

Визначення забруднюючих речовин в ґрунті

Для дослідження ґрунтів важливим етапом є відбір проб. Точкові проби відбирають методом конверту, за діагоналлю або іншим способом, виходячи з того, щоб кожна проба являла собою типову частину ґрунту, для генетичних горизонтів. Об'єднану пробу готують з точкових проб.

Для визначення в ґрунті поверхнево-розподілених речовин (нафта, нафтопродукти, важкі метали) точкові проби відбирають пошарово на глибині 0, 5, 15, 20 см масою до 0,2 кг.

При аналізі забруднень ґрунтів легколеткими або хімічно нестійкими речовинами точкові проби відбирають по всій глибині ґрунтового профілю і кладуть до скляних ємностей, що закриваються герметичними кришками.

Проби аналізують в день відбору. За необхідності тривалого збереження (більше місяця) проб в ґрунт додають консервуючі речовини (формалін з хлоридом натрію, розчин хлорводневої кислоти та ін.) Під час визначення наявності пестицидів проби не можна зберігати в пластмасових ємностях.

Для визначення шкідливих домішок необхідно визначати *вологість ґрунту*. Для цього наважку ґрунту вміщують в хімічний стакан і доводять до постійної маси. Тривалість і температура нагрівання залежать від типу ґрунту (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

№ пор.	Тип ґрунту	Тривалість нагрівання	Тривалість наступного нагрівання	Температура, °С
1	Високогумусовий, глинистий	8	2	105
2	Піщаний	3	1	105
3	Загіпсований	8	2	80

Вологість ґрунту W (%) розраховують за формулою

$$W = \frac{(M_1 - M_0) \cdot 100}{M_0 - M}, \quad (4.1)$$

де M_1 – маса вологого ґрунту зі стаканом, г;

M_0 – маса висушеного ґрунту зі стаканом, г;

M – маса стакана, г.

Визначаючи вміст окремих речовин в ґрунті, попередньо необхідно вилучити їх або їх сполуки з проби.

Принцип аналізу ґрунту щодо визначення вмісту металів (V, W, Co, Mn, Hg) полягає в утворенні комплексних сполук при взаємодії іонів металів з різними хімічними реактивами і наступному фізико-хімічному визначенні.

Найчастіше використовують визначення на атомно-адсорбційному спектрофотометрі (іони Cu, Ni, Zn, Hg), або фотометричне визначення забарвлених розчинів.

Проби попередньо висушують, розтирають в ступці, просіюють і, якщо потрібно, вилучають речовину, яка визначається, з ґрунту (оброблюють буферними розчинами і фільтрують).

Для фотометричного аналізу отримують розчини солей визначуваних металів:

– кип'ятять з дистильованою водою (для визначення вмісту розчинених металів, наприклад, вольфраму);

– оброблюють розчинником (наприклад, сірчаною кислотою для визначення марганцю);

– для визначення загального вмісту металів оброблюють розчинниками (концентрованими кислотами, пероксидом водню); випарюють до кристалізації солей і розчиняють отриманий осад або сплавають з лугом і вилужують плав гарячою водою (вольфрам);

– отримані розчини фільтрують.

Концентрацію досліджуваної речовини в ґрунті розраховують за формулою

$$C = a/b, \quad (4.2)$$

де C – концентрація досліджуваної речовини в ґрунті (мг/кг);

a – кількість досліджуваної речовини, визначена у пробі, мкг;

b – маса досліджуваного ґрунту, кг.

При концентруванні досліджуваних речовин екстракцією або відгонкою концентрацію речовини C (мг/кг) розраховують за формулою

$$C = \frac{a \cdot V_1}{V \cdot b}, \quad (4.3)$$

де a – кількість досліджуваної речовини, знайдена в пробі, мкг;

V_1 – загальний об'єм розчину проби, мл;

V – об'єм розчину проби, що використовується для аналізу мл;

b – маса досліджуваного ґрунту, г.

У випадку, коли аналізована речовина в розчині проби визначена у вигляді концентрації (мкг/мл), розрахунок речовини в ґрунті ведеться за формулою:

$$C = \frac{a \cdot V}{b}, \quad (4.4)$$

де a – концентрація досліджуваної речовини, знайдена в розчині проби, мкг/мл;

V – об'єм досліджуваної проби, мл;

b – маса досліджуваного ґрунту, г.

Запитання і завдання:

- 1. У чому полягають особливості ґрунтів як об'єкта забруднень?*
- 2. Охарактеризуйте джерела та шляхи знаходження забруднюючих речовин в ґрунт.*
- 3. Які особливості розповсюдження важких металів і пестицидів в ґрунті?*
- 4. Як визначають концентрації забруднюючих речовин в пробах ґрунту?*

Тема 5. ОБРОБКА ДАНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Лекція 9. Визначення характеристик забруднень. Статистичний контроль точності вимірів

Характеристики забруднення визначаються за різні інтервали часу, під час яких виявляється мінливість забруднення атмосфери, наприклад за добу, тиждень або більш тривалі періоди.

Спостереження за рівнем забруднень в місті

Для аналізу впливу метеорологічних умов на забруднення повітря використовуються результати спостережень за рівнем забруднення повітря на постах в місті, дані метеорологічних спостережень на найближчій метеостанції. Результати узагальнень подаються у вигляді таблиць і графіків.

Якщо в місті проводилися спостереження за рівнем забруднення повітря на різній висоті від землі, вони використовуються для аналізу закономірностей зміни концентрацій з висотою. Просторове розподілення вмісту шкідливих речовин в атмосфері показують за допомогою ізоліній. Це дозволяє виявити структури «димової шапки» над містом та її довжину в залежності від переважного напрямку вітру.

Результати спостережень на телевізійній вежі в місті представляють у вигляді графіків вертикального розповсюдження концентрацій домішок. Досліджується залежність значень концентрації від метеорологічних параметрів, таких як швидкість вітру, а також температура повітря на різних висотах.

У процесі вивчення рівня забруднень атмосфери вихлопними газами встановлюється залежність вмісту домішок в атмосфері від інтенсивності руху автотранспорту, ширини вулиць і магістралей, часу доби і метеоумов, а також від виду і щільності забудови, висоти будівель, ступеня озеленення.

На основі характеристик забруднення атмосфери по різних районах проводиться аналіз впливу забруднень атмосфери на стан здоров'я населення, що проживає в даній місцевості, видаються рекомендації щодо покращання екологічної ситуації і по оптимізації мережі спостережень.

Статистичний контроль точності вимірів

Контроль точності результатів вимірів вмісту шкідливих речовин в об'єктах природного середовища, що базується на багатократних вимірах однієї проби або одного контрольного розчину, передбачає оцінку показників точності результатів вимірів без врахування похибки відбору проб. Контроль призначений для виявлення невідповідності умов поточних вимірів вимогам стандартизованих методик. Для оцінки точності вимірів використовуються кількісні характеристики випадкової і систематичної похибки вимірів. Випадкова похибка відображає збіжність (відтворюваність) результатів вимірів, а систематична - їх правильність. Засобами контролю є стандартні зразки (тверді або рідкі) або контрольні розчини. Число засобів контролю повинно бути не менше п'яти ($m \geq 5$), проводиться не менше ніж п'ять паралельних дослідів кожного засобів контролю ($n \geq 5$). Результати зручно подавати у вигляді табл. 5:1.

Таблиця 5.1

№ проби, (аналізу), j	Номер засобу виміра (розчину), i					
	1	2	...	i	...	m
1	x_{11}	x_{21}	...	x_{i1}	...	x_{m1}
...
j	x_{1j}	x_{2j}	...	x_{ij}	...	x_{mj}
...
n_i	x_{1n_i}	x_{2n_i}	...	x_{in_i}	...	x_{mn_i}

Для контролю збіжності використовуються оцінки дисперсії вимірів кожного i-го контрольного розчину:

$$S_i^2 = \frac{1}{n_i - 1} \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2, \quad (5.1)$$

де

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}}{n_i}, \quad (5.2)$$

\bar{x}_i – середнє з вимірів i -го контрольного розчину;

x_{ij} – окремий результат виміру i -го контрольного розчину;

n_i – кількість вимірів i -го розчину.

Значення S_i^2 аналізується на однорідність. Для цієї мети використовується розрахунок статистики критерію Бартлетта (B). Спочатку розраховується сумарна дисперсія вимірів окремих контрольних розчинів:

$$S_B^2 = \frac{1}{N - m} \sum_{i=1}^m S_i^2 \cdot (n_i - 1), \quad (5.3)$$

а потім сама статистика B :

$$B = \frac{1}{c} \left[\sum_{i=1}^m (n_i - 1) \cdot \ln(S_B^2) - \sum_{i=1}^m (n_i - 1) \cdot \ln(S_i^2) \right], \quad (5.4)$$

де $N = \sum_{i=1}^m n_i$ – сумарна кількість вимірів всіх контрольних розчинів;

$$c = 1 + \frac{1}{3 \cdot (m - 1)} \left[\sum_{i=1}^m \frac{1}{n_i - 1} - \frac{1}{\sum_{i=1}^m (n_i - 1)} \right], \quad (5.5)$$

Розраховані значення B порівнюються з табличним значенням $\tilde{B}(f)$ для довірчої імовірності 0,05 і числа степенів вільності $f = m - 1$;

Значення статистики Бартлетта для довірчої імовірності 0,05 і числа степенів $f = m - 1$; наведені в табл. 5.2.

Критерій Бартлетта

f	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\tilde{B}(f)$	5.99	7.82	9.49	11.07	12.52	14.07	15.51	16.92	18.31

Якщо $B < \tilde{B}(f)$, то відмінності випадкових похибок вимірів контрольних розчинів незначні. Однак ці похибки самі по собі можуть бути досить великі. Для остаточного вирішення про наявність випадкової похибки у вимірах потрібно оцінити збіжність вимірів того i -го контрольного розчину, для якого отримано найбільше значення S_i^2 . Для цього за отриманими даними середнього квадратичного відхилення S_i визначається відношення (критерій Групса):

$$U_i = \frac{|x_{ij}^* - \bar{x}_i|}{S_i}, \quad (5.6)$$

де x_{ij}^* – вимірне значення i -го контрольного розчину, яке найбільшою мірою відхиляється від середнього \bar{x}_i .

Результат порівнюється зі стандартним значенням величини U_a для відповідного числа n_i і прийнятої довірчої імовірності $q = 0,05$.

Таблиця 5.3

Табличні значення критерію Групса U_a для числа вимірів n_i і прийнятної довірчої імовірності $q = 0,05$.

n_i	3	4	5	6	7	8	9	10
U_a	1.15	1.46	1.67	1.82	1.94	2.03	2.11	2.18

Якщо $U_i \geq U_a$, то виміри контрольних розчинів вміщують значну випадкову похибку (збіжність результатів вважається незадовільною). У цьому випадку подальший контроль не проводиться.

Якщо $V \geq \tilde{V}(f)$, то випадкова похибка вимірів окремих контрольних розчинів суттєво розрізняється. В цьому випадку для прийняття остаточного рішення про значення випадкових похибок потрібно оцінити збіжність вимірів тих двох контрольних розчинів, для яких S_i^2 найбільше. Процедура оцінки така ж, як при $V < \tilde{V}(f)$. Якщо виявлена значна випадкова похибка у вимірах i -го контрольного розчину, то всі результати вимірів для цього розчину потрібно виключити із наступної обробки і повторити розрахунок.

Якщо збіжність задовільна не менше, ніж для трьох контрольних розчинів, то далі проводиться контроль правильності. Якщо збіжність задовільна для меншого числа розчинів, то робиться висновок про наявність випадкової похибки вимірів у сукупності вимірів. При цьому необхідно прийняти заходи з усунення причин виникнення випадкової похибки.

Оцінка правильності проводиться шляхом порівняння результатів аналізу x_i із заданим вмістом речовини в засобах вимірів C_i , зв'язок між якими повинен бути лінійним і описується рівнянням

$$x = a + bC,$$

де b – параметр, що характеризує рівень нахилу лінії регресії, тобто близькість результатів вимірів до дійсного вмісту речовини; a – вільний член, який показує зміщення лінії регресії по осі y . Для цього розраховуються величини – параметри a і b :

$$b = \frac{\sum_{i=1}^m n_i \cdot C_i \cdot \bar{x}_i - \sum_{i=1}^m n_i \cdot x_i}{\sum C_i \cdot n_i - N \cdot \bar{C}^2}; \quad (5.7)$$

$$a = \frac{1}{N} \cdot \sum n_i \cdot \bar{x}_i - b \cdot \bar{C}, \quad (5.8)$$

де $\bar{C} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^m n_i \cdot C_i$ – середнє значення заданих концентрацій контрольних розчинів.

Розраховуються дисперсії оцінок параметрів a і b . S_a і S_b – оцінки розкиду відносно значення величин a і b :

$$S_a^{2'} = S_A^{2'} \frac{\sum_{i=1}^m C_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^m n_i \cdot C_i^2 - N \cdot \bar{C}^2}; \quad (5.9)$$

$$S_b^{2'} = S_A^{2'} \frac{N}{\sum_{i=1}^m n_i \cdot C_i^2 - N \cdot \bar{C}^2},$$

де

$$S_A^{2'} = \frac{1}{N-2} [S_A^2(m-2) + S_B^2(N-m)], \quad (5.10)$$

$S_A^{2'}$ – оцінка розкиду результатів вимірів відносно лінії регресії, яка являє собою суму середніх значень вимірів кожного контрольного розчину відносно лінії регресії:

$$S_A^2 = \frac{1}{m-2} \sum n_i \cdot (\bar{x}_i - a - b \cdot c_i)^2 \quad (5.11)$$

і сумарної дисперсії вимірів окремих контрольних розчинів:

$$S_B^2 = \frac{1}{N-m} \sum_{i=1}^m S_i^2 \cdot (n_i - 1) \quad (5.12)$$

(формула (5.12) аналогічна формулі (5.3)).

Для виявлення значущості систематичної похибки розраховуються величини

$$t_b' = \frac{|1-b|}{S_a'} \quad \text{і} \quad t_a' = \frac{|a|}{S_a'} \quad (5.13)$$

Ці величини порівнюються зі стандартним значенням $\tilde{t}(f)$, наведеним в табл. 5.4 для довірчої імовірності $q=0,05$ і числа степенів вільності $f=N-1$.

Значення розподілу критерію Стьюдента для довірчої імовірності $q=0,05$

f	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\tilde{t}(f)$	2.92	2.353	2.132	2.015	1.943	1.895	1.86	1.833	1.812

Якщо $t'_b > \tilde{t}(f)$, то це означає, що виміри містять значну систематичну похибку, яка змінюється від розчину до розчину. Якщо $t'_a > \tilde{t}(f)$, то це означає, що виміри містять значну систематичну похибку, приблизно однакову для всіх розчинів. Причини, що викликали появу похибок повинні бути виявлені і усунені.

Критичний контроль результатів вимірів

Для встановлення надійності результатів спостережень і оцінки можливої похибки вимірів проводиться регулярний критичний контроль вихідних даних. Критичний контроль дозволяє виявити сумнівну інформацію і визначити достовірність середніх і максимальних характеристик на визначеному рівні.

Критерії встановлюються з однорідного часового ряду даних про концентрації забруднень, тому необхідно перевірити, чи є розглядуваний ряд однорідним. Розрізняють два види однорідності: *статистична* і *кліматична*. Порушення статистичної однорідності ряду виникає у разі зміни умов визначення концентрації забруднень, в тому числі при встановленні нового приладу, зміні методу визначення концентрації, місцезнаходження посту або умов навколишньої місцевості.

Порушення кліматологічної однорідності ряду пов'язано з антропогенними впливами, такими як зміна об'єму викиду при появі нового джерела забруднення або закритті діючого, введення в дію очисних споруд або нової технології виробництва, зміна виду палива. Усуненню кліматологічної неоднорідності має передувати дослідження статистичної однорідності ряду.

Статистично однорідні ряди використовуються для виявлення тенденції зміни рівня забруднення за тривалий період, пов'язаний з антропогенним впливом.

Статистично і кліматологічно однорідні ряди використовуються для отримання статистичних характеристик забруднення з багаторічного ряду спостережень, наприклад, для визначення фонові концентрації в місті.

Для оцінки однорідності багаторічного ряду концентрацій забруднень порівнюють значення середніх за N місяців розглядуваного періоду концентрацій забруднень x_j на посту з найбільшим $x_{j\max}$ або найменшим $x_{j\min}$. з розглядуваної вибірки $(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_j)$, де $N \geq 12$. З цього ряду розраховується середнє

$$x_N = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_j \quad (5.14)$$

і його середнє квадратичне відхилення

$$S_N = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{j=1}^N (\bar{x}_j - x_j)^2}. \quad (5.15)$$

Щоб оцінити належність найбільшого $x_{j\max}$ або найбільшого $x_{j\min}$. з x_j , тобто x_{extr} , до даної однорідної вибірки за N місяців, за критерієм Группса U (табл. 5.3) розраховують відношення

$$U_{\text{extr.}} = \frac{|x_{j\text{extr.}} - \bar{x}_j|}{S_N}. \quad (5.16)$$

Якщо $U_{\text{extr.}} > U_a$ табл., то відповідне значення $x_{j\text{extr}}$ відкидається за відсутності підтвердження достовірності відомостей про значну зміну режиму викидів/скидів або умов розповсюдження забруднень. За наявності таких підтверджень, або якщо $U_{\text{extr.}} < U_a$ спостереження x_{extr} зберігається.

Якщо відбулося виключення значень, то розрахунки повторюються з меншою кількістю даних доти, доки не буде досягнута умова $U_{\text{extr.}} < U_a$, тобто отриманий однорідний ряд спостережень.

Критичний контроль даних проводиться щорічно перед початком узагальнення інформації про забруднення біосфери міст за минулий рік.

Лекція 10. Характеристики стану забруднення біосфери міст

Для отримання інформації про рівні і тенденції зміни рівня забруднень біосфери міст узагальнюють дані вимірів разових або середньодобових концентрацій шкідливих домішок на постах і відомості про викиди шкідливих речовин в біосферу конкретних міст.

Узагальнення даних про забруднення біосфери міст

Узагальнення може здійснюватися за одним або декільком містам і населеним пунктам. При узагальненні використовують наступні статистичні характеристики:

– середнє арифметичне значення концентрації речовини \bar{C}_q в точці відбору проб (середньодобова, середньомісячна, середньорічна, середня багаторічна три останні показника розраховуються на основі разових або середньодобових концентрацій, отриманих за відповідний період:

$$\bar{C}_q = \frac{\sum_{i=1}^n Cq_i}{n}, \quad (5.17)$$

де Cq_i – разова концентрація домішки; n – число вимірів;

– середнє арифметичне значення концентрації домішки Q_c для міста/района (середньодобова, середньомісячна, середньорічна, середня багаторічна):

$$Q_c = \frac{\sum_{k=1}^K \bar{C}_q}{\sum_{k=1}^K n}, \quad (5.18)$$

де \bar{C}_q – середня концентрація домішки на k -му посту за відповідний період; n – число вимірів на k -му посту за той самий період; K – кількість постів спостережень;

– середнє квадратичне відхилення S результатів спостережень від відповідного середнього арифметичного

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Cq - \overline{Cq})^2}{n-1}}; \quad (5.19)$$

– максимальні значення з відповідних концентрацій забруднювача

$$Sr = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^K (\overline{Cq}_k - Qc)^2}{K-1}}; \quad (5.20)$$

– коефіцієнт варіації концентрацій

$$V = \frac{S}{\overline{Cq}} \quad (5.21)$$

за період, який показує долю мінливості від середнього арифметичного значення;

– максимальне значення концентрації домішки Cq_{\max} (з разових, середньодобових і середньомісячних концентрацій на посту, максимальне із середньорічних концентрацій по групі міст);

– розрахункова максимальна концентрація, що створюється окремим джерелом викидів/скидів;

– фонові концентрації – концентрації домішки, яка створюється усіма джерелами викидів, за винятком розглядуваного.

Для порівняння ступеня забруднення навколишнього середовища в різних містах використовують комплексний показник – індекс забруднення, який враховує забруднення декількома речовинами. Наприклад для l речовин:

$$I(l) = \sum_{i=1}^l \left(\frac{\overline{Cq}}{\text{ГДК}} \right)_i^{C_i}, \quad (5.22)$$

де \overline{Cq} і ГДК – осереднена концентрація і гранично-допустима концентрація i -го забруднювача; C_i – безрозмірна константа, яка приводить ступінь шкідливості різних речовин до шкідливості однієї речовини (діоксиду сірки).

Розрахунок індексу забруднення оснований на припущенні, що на рівні ГДК всі шкідливі речовини характеризуються однаковим впливом на людину, а при подальшому підвищенні концентрації

ступінь їх шкідливості зростає з різною швидкістю, яка залежить від класу небезпечності речовини.

Всі статистичні характеристики розраховуються для статистично однорідних рядів спостережень, які використовуються для оцінки тенденції рівня забруднення навколишнього середовища.

Основним критерієм якості атмосферного повітря є гранично допустимі концентрації (ГДК), затверджені Мінздравом України. Тому для оцінки ступеня або стану забруднення атмосфери використовуються співвідношення

$$\frac{x_i}{\text{ГДК}_{\text{м.р.}}} < 1, \quad (5.23)$$

де $\text{ГДК}_{\text{м.р.}}$ – максимально разова концентрація.

Оскільки $\text{ГДК}_{\text{с.д.}}$ (середньодобова) встановлювалась за тривалий період, перевіряють виконання співвідношення

$$\frac{\bar{x}}{\text{ГДК}_{\text{с.д.}}} < 1. \quad (5.24)$$

Нормовані на ГДК одиничні осереднені і разові показники забруднення атмосфери називаються одиничними індексами забруднення атмосфери (ІЗА).

Лекція 11. Визначення фонового забруднення атмосфери

Для виявлення тенденцій зміни рівня забруднення природного середовища, наприклад для визначення фонових концентрацій в місті, використовуються багаторічні статистично однорідні ряди концентрацій забруднювачів.

Прогнозування розповсюджень речовин в атмосфері

Дані спостережень концентрацій забруднювачів в атмосфері дозволяють визначити залежність концентрацій від відстані до джерела викидів, розраховувати поля середньої концентрації залежно від повторюваності різних напрямків вітру і визначати реальне місце розташування зони найбільшого забруднення по відношенню до джерела забруднень.

Приклад поля середніх концентрацій забруднювача, який утворюється окремим джерелом («роза забруднень») наведено на

рис. 5.1. На цьому рисунку джерело викидів знаходиться в точці перетину координат. На променях кожного з 8 напрямків у заданому масштабі через 1 км наносяться розраховані значення концентрацій, а потім проводяться ізолінії середніх концентрацій забруднювача. Побудова графіка проводиться дзеркально по відношенню до рози вітрів. Наприклад, при північно-західному напрямку вітру значення концентрацій відкладаються на промені південно-східного напрямку.

Середні значення концентрацій за статистичним методом розраховуються тільки при достатньо великій кількості вимірів (понад 200 на кожній відстані від джерела). В цьому випадку для кожної точки спостереження, що знаходиться на відстані y (0,5; 1; 2;...; 10 км) від джерела розраховується середня концентрація i – го забруднювача з урахуванням повторюваності d – го напрямку вітру за румбами.

Середня концентрація забруднюючої речовини за даними підфакельних спостережень розраховується за формулою:

$$\bar{x}_{\text{пфс}} = x_{\text{м}} \cdot \Pi_z \cdot P_d \cdot \frac{N}{2\pi}, \quad (5.25)$$

де $\bar{x}_{\text{пфс}}$ – середня концентрація за даними підфакельних спостережень;

$x_{\text{м}}$ – максимальна концентрація (мг/м³) на відстані y від джерела;

P_d – повторюваність (в долях одиниці напрямку вітру, при якому забруднювач потрапляє в дану точку);

N – число напрямків вітру, які враховуються при розрахунку P_d ;

Π_z – значення показника забруднення атмосфери, яке береться з таблиць, або розраховується за спеціальними формулами.

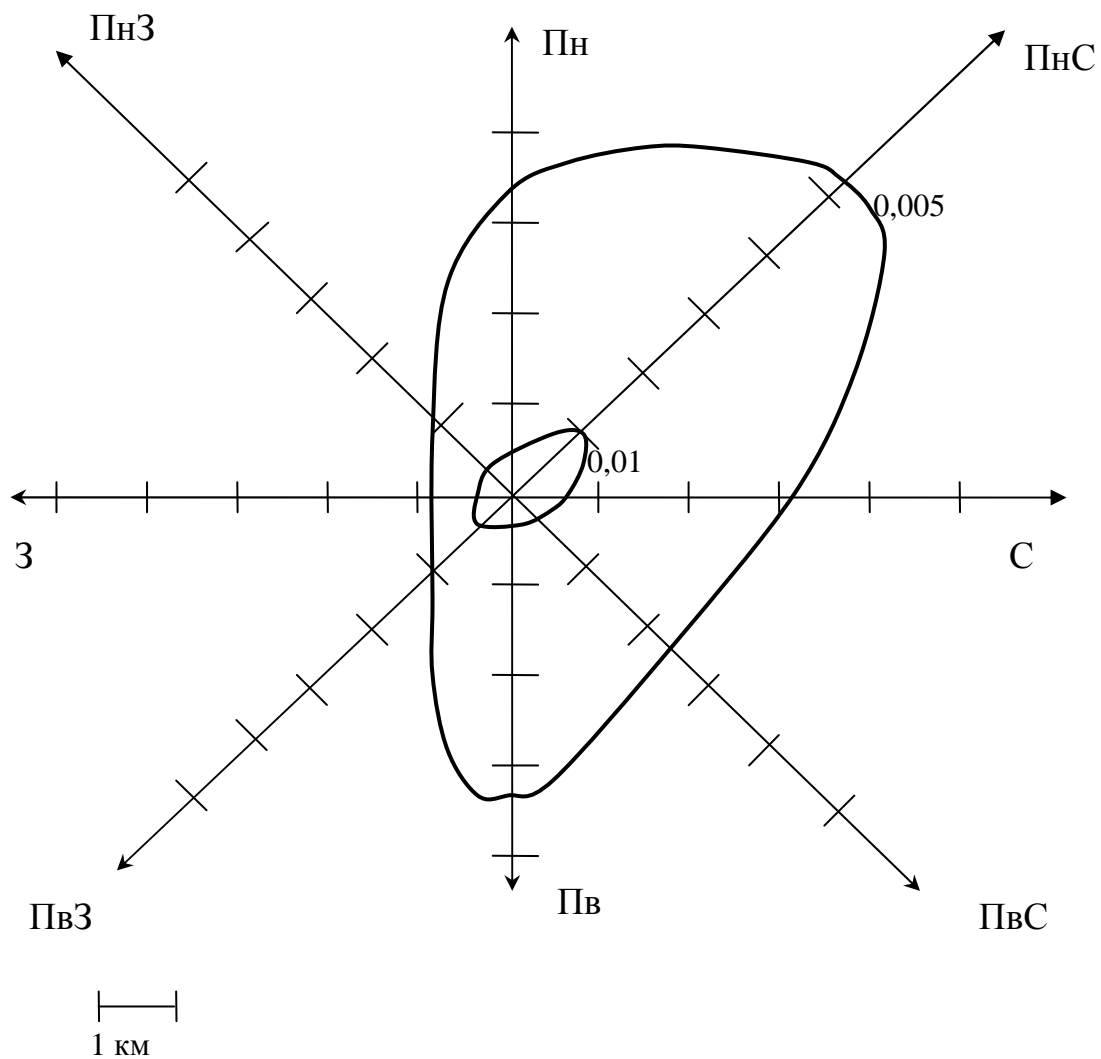


Рис. 5.1. Поле середніх концентрацій забруднювача

Розрахунок фонові концентрації

Фонова концентрація шкідливої речовини (фон) є характеристикою забруднення атмосфери, що створюється усіма джерелами викидів на розглядуваній території за виключенням джерела, для якого визначається фонова концентрація. За фонову концентрацію приймається максимальна разова концентрація забруднювача (тобто середня за 20 хв.) значення якої перевищується у 5% випадків.

Фон визначається за даними спостережень раз на 5 років. За відсутності таких даних дозволяється визначення фону менше ніж за

5 років, але не менше ніж за 3. Розрахунок більше, ніж за 5 років, не дозволяється в зв'язку з тим, що за більший період значно змінюється рівень забруднень у місті.

Для розрахунку фонові концентрації використовуються тільки однорідні ряди спостережень за період, під час якого додержувались таких умов:

- не змінювались методики відбору і аналізу проб повітря;
- не змінювалось (або змінювалось не більше ніж на 0,5 км) місцезнаходження посту спостережень;
- не змінювався характер забудови поблизу посту;
- не змінювались характеристики викидів найближчих джерел (в радіусі до 5 км від поста).

Число спостережень за концентрацією забруднення повинно бути не менше ніж 800 за 5 років. Розрахунок фона відбувається по 5 градаціях напрямку і швидкості вітру:

- швидкість 0 – 2 м/с (при будь-якому напрямку);
- швидкість 3 – u^* м/с (при північному, східному, південному і західному напрямкам).

Верхня границя швидкості u^* визначається з точністю до 1 м/с із умови, що швидкості $u > u^*$ зустрічаються в даному місці в 5% випадків.

Значення фонові концентрації c_{ϕ} для j -тої градації швидкості і напрямку вітру для i -го забруднювача розраховується з урахуванням коефіцієнта варіації за формулою

$$C_{\phi ij} = \bar{x}_{бр.ij} \cdot F(V_{ij}), \quad (5.26)$$

де $\bar{x}_{бр.}$ – багаторічна концентрація, а $F(V_{ij})$ визначається за рис 5.2.

Якщо значення V_{ij} менше 0,2 або більше 4, це означає, що для розрахунку фону взято масив даних неоднорідного ряду спостережень і потрібно повторити критичний контроль результатів вимірів.

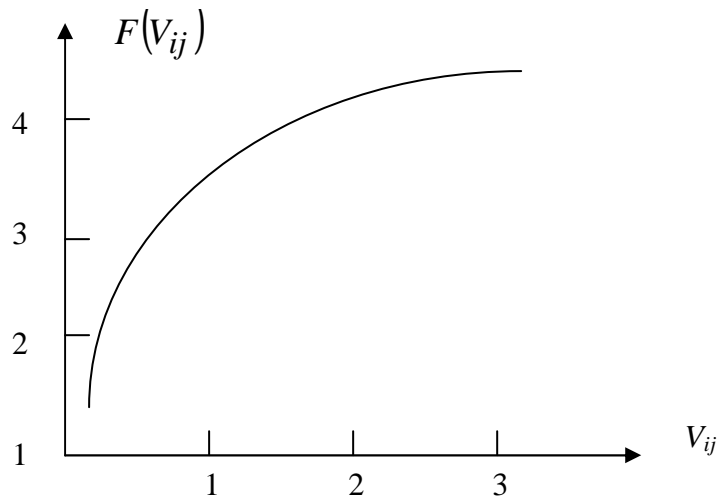


Рис. 5.2. Графік для визначення $F(V_{ij})$

Для врахування сумачії шкідливої дії декількох m шкідливих речовин допускається визначення єдиного значення фону c_{ϕ} за всіма речовинами. При цьому для кожного пункту спостережень і тих самих строків спостережень концентрації m речовин приводяться до концентрації найбільш розповсюдженої з них речовини. Наприклад у випадку сумачії дії концентрації діоксиду сірки x_{SO_2} і діоксиду азота x_{NO_2} приведена концентрація розраховується за формулою

$$x_{SO_2+NO_2} = x_{SO_2} + x_{NO_2} \cdot \frac{\text{ГДК}_{SO_2}}{\text{ГДК}_{NO_2}}, \quad (5.27)$$

де ГДК_{SO_2} і ГДК_{NO_2} – максимально разові гранично допустимі концентрації цих речовин.

Контрольні запитання і завдання

1. Які особливості проведення спостережень за станом забруднення в місті?
2. Як проводять статистичний контроль точності результатів вимірів?
3. Що таке статистично та кліматично однорідні ряди спостережень?
4. За якими статистичними характеристиками узагальнюють дані про забруднення біосфери міст?
5. Що таке «роза забруднень»?
6. Як розраховують фонові концентрації в атмосфері?

Список літератури

1. Якість вимірювань складу та властивостей об'єктів довкілля та джерел їх забруднення / під ред. В.Ф.Осики, М.С. Кравченко. – К: Мінекобезпеки, 1997. – 663 с.

2. *Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.А.* Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде: Справочник. – М.: Химия, 1989. – 368 с.

3. *Государственный* контроль качества воды. – М.: Издательство стандартов, 2001

4. *Санитарно-химический* контроль воздуха промышленных предприятий / под ред. С.М. Муравьевой. – М.: Медицина. 1982. – 352 с.

5. *Лурье Ю.Ю.* Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия. 1984. – 446 с.

6. *ДержСанПіН № 383* «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання».

Навчальне видання

КОТОВЕНКО Олена Андріївна;
МІРОШНИЧЕНКО Олена Юріївна;
ГАПУЛА Олексій Васильович

МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ

Санітарно-хімічний аналіз

Конспект лекцій

Випусковий редактор *К.І. Шестакова*

Комп'ютерне верстання *Р.В. Шуштанової*

Підписано до друку 2014. Формат 60 × 84 1/16
Ум. друк. арк. 3,49. Обл.-вид. арк. 3,75.
Електронний документ. Вид. № 10/І-14.

Видавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680
E-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.