

Міністерство освіти України
Одеський гідрометеорологічний інститут

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
З ДИСЦИПЛІНИ
"ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ
НА ҐРУНТИ ТА ПІДЗЕМНІ ВОДИ"

Одеса 1999

Міністерство освіти України
Одеський гідрометеорологічний інститут

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
З ДИСЦИПЛІНИ
"ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ
НА ҐРУНТИ ТА ПІДЗЕМНІ ВОДИ"

Затверджено
на засіданні кафедри
прикладної екології
Протокол №
від " ____ " _____ 1999 р.

Затверджено
на засіданні методичної комісії
екологічного факультету
Протокол №
від " ____ " _____ 1999 р.

Затверджено
на засіданні методичної
ради інституту
Протокол №
від " ____ " _____ 1999 р.

Міністерство освіти України
Одеський гідрометеорологічний інститут

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
З ДИСЦИПЛІНИ
"ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ
НА ҐРУНТИ ТА ПІДЗЕМНІ ВОДИ"

Затверджено
на засіданні методичної
ради інституту
Протокол №
від " ____ " _____ 1999 р.

Одеса 1999

Збірник методичних вказівок для практичних занять студентів з дисципліни "Оцінка техногенного впливу на ґрунти та підземні води".

Укладачі: Сафранов Т.А, Полетаєва Л.М., Кузьміна В.А., Чугай А.В. Збірник методичних вказівок з дисципліни "Оцінка техногенного впливу на ґрунти та підземні води". - Одеса: ОГМІ, 1999.— 96 с.

Рецензент: Є.П.Ларченков, доктор г.- м.н., професор ОДУ.

У збірнику надані методичні вказівки для виконання практичних робіт студентів з дисципліни "Оцінка техногенного впливу на підземні води та ґрунти", яка викладається на кафедрі прикладної екології.

У пропонованому навчально - методичному посібнику йдеться про основні фактори антропогенного забруднення ґрунтів та підземних вод, а також розглянуто методи оцінки ступеня техногенного забруднення ґрунтового покриву та ґрунтових вод.

Для студентів - екологів як основа оцінки можливості техногенних впливів на стан ґрунтів і підземних вод при вивченні антропогенного навантаження на компоненти навколишнього середовища.

Збірник складається з методичних вказівок, які розроблені викладачами ОГМІ та ОДУ:

- основні види, джерела та фактори техногенного забруднення підземних вод;
- оцінка техногенних факторів змінення якості підземних вод;
- прогноз впливу забруднених атмосферних опадів на якість ґрунтових вод;
- оцінка ступеня захищеності ґрунтових вод від антропогенного забруднення;
- визначення класу токсичності промислових відходів

(Сафранов Т.А., професор, д.г.-м.н. , Кузьміна В.А. , асистент);

- оцінка і прогнозування забрудненості ґрунтових вод та ґрунтових масивів за допомогою розрахункових моделей масопереносу

(Коніков Є.Г., професор, д.г. – м.н.);

- визначення міри забрудненості ґрунтів днозаглиблення

(Полетаєва Л.М. , доцент, к.г.н., Чугай А.В., інженер);

- оцінка техногенного навантаження на геологічне середовище

(Ротор М.Ф., доцент, к.г. – м.н.).

З М І С Т

1 ОСНОВНІ ВИДИ, ДЖЕРЕЛА ТА ФАКТОРИ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД	7
1.1 Основні види забруднення підземних вод.....	7
1.2 Основні джерела забруднення підземних вод.....	10
2 ОЦІНКА ТЕХНОГЕННИХ ФАКТОРІВ ЗМІНЕННЯ ЯКОСТІ ПІДЗЕМНИХ ВОД.....	17
2.1 Забруднення підземних вод під впливом накопичувачів рідких відходів.....	21
2.2 Регламентація вмісту забруднюючих речовин у промислових відходах накопичувачів.....	25
2.2.1 Приклад розрахунку.....	29
2.2.2 Завдання для самостійної роботи.....	30
3 ПРОГНОЗ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕНИХ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ НА ЯКІСТЬ ГРУНТОВИХ ВОД.....	32
3.1 Умови впливу забруднених атмосферних опадів на склад ґрунтових вод	32
3.2 Принципи розрахунку змінення складу ґрунтових вод під впливом забруднюючих речовин у атмосферних опадах.....	33
3.2.1 Приклад розрахунку.....	35
3.2.2 Завдання для самостійної роботи	37
4 ОЦІНКА СТУПЕНЯ ЗАХИЩЕНОСТІ ГРУНТОВИХ ВОД ВІД АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ.....	42
4.1 Кількісна оцінка захищеності ґрунтових вод.....	42
4.1.1 Приклад кількісної оцінки ступеня захищеності ґрунтових вод	45
4.1.2 Завдання для самостійної роботи.....	45
4.2 Якісна оцінка захищеності ґрунтових вод.....	50
4.2.1 Приклад якісної оцінки ступеня захищеності ґрунтових вод	52
4.2.2 Завдання для самостійної роботи.....	52

5 ОЦІНКА І ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕНOSTІ ГРУНТОВИХ ВОД ТА ГРУНТОВИХ МАСИВІВ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗРАХУНКОВИХ МОДЕЛЕЙ МАСОПЕРЕНОСУ	53
5.1 Оцінка захищеності ґрунтових вод від забруднення за допомогою розрахункових моделей масопереносу	53
5.1.1 Приклад розрахунку	54
5.1.2 Завдання для самостійної роботи	55
5.2 Прогнозування забруднення ґрунтових вод внаслідок викидів шкідливих речовин в атмосферу промисловими комплексами	57
5.2.1 Приклад розрахунку	59
5.2.2 Завдання для самостійної роботи	60
5.3 Прогнозування процесів геохімічного забруднення ґрунтів на основі молекулярно - дифузійної моделі солепереносу	60
5.3.1 Приклад розрахунку	62
5.3.2 Завдання для самостійної роботи	63
6 ВИЗНАЧЕННЯ МІРИ ЗАБРУДНЕНOSTІ ГРУНТІВ ДНОЗАГЛИБЛЕННЯ	65
6.1 Дослідження складу і властивостей ґрунтів днозаглиблення	66
6.2 Порядок виконання самостійної роботи	69
7 ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСУ ТОКСИЧНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ	72
7.1 Класифікація токсичних речовин	72
7.2 Визначення класу токсичності промислових відходів	72
7.2.1 Визначення класу токсичності на основі ГДК	73
7.2.2 Приклад розрахунку	74
7.3 Визначення індексу токсичності за величиною ДЛ ₅₀	77
7.3.1 Приклад розрахунку	78
7.3.2 Завдання для самостійної роботи	78
8 ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ГЕОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ	80
8.1 Аналіз закономірностей водної та повітряної міграції екотоксикантів	82
8.2 Оцінка захищеності артезіанських водоносних шарів від забруднення зверху	83

8.3 Оцінка техногенного навантаження на геологічне середовище і особливості його територіального розподілу	83
8.4 Оцінка наявності зв'язку між навантаженням на геологічне середовище, забрудненням ґрунтових вод питного призначення і захворюваністю населення	84
8.5 Звітні матеріали	84
8.6 Вихідні дані і довідкові матеріали	86
ЛІТЕРАТУРА.....	95

1 ОСНОВНІ ВИДИ, ДЖЕРЕЛА ТА ФАКТОРИ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТІВ ТА ПІДЗЕМНИХ ВОД

1.1 Основні фактори деградації ґрунтів

Антропогенна деградація ґрунтів - процес зниження їх якості і продуктивності, зміна бонітету (показника добротності) і таксономічного положення в класифікаційній шкалі, що відбувається прискореними темпами за декілька років, або 2-3 десятиріччя.

Постійне зниження площі і об'єму ґрунтового шару відбувається під впливом природних і антропогенних факторів [1]. До перших відносяться: природна ерозія; природні шкідники, хвороби і бур'яни; зростання народонаселення. Основними антропогенними факторами забруднення і вилучення землі є: технічне перетворення (підземне будівництво, видобуток корисних копалин); штучна ерозія (осушення болот, оголення землі і інш.); неправильне господарювання (зміна гідрологічного режиму, неправильне сільськогосподарське виробництво, випалення рослинності, винищування лісів); забруднення (теплоенергетичне, транспортне, сільськогосподарське, комунально-побутове, промислове); відведення під будівництво (гідротехнічне, транспортне, промислове, житлове). Якщо під впливом природних факторів не порушується рівновага і хід звичайних геологічних процесів, то під впливом антропогенних факторів відбуваються негативні процеси, що приводять до деградації ґрунтів, виснаження ґрунтів, виключення їх з сільськогосподарського користування.

Хімічне забруднення ґрунтів відбувається в основному через викиди підприємств промисловості, енергетики і автотранспорту, а також хімізації сільського господарства. Воно зберігається надзвичайно тривалий час, оскільки здатність їх до самоочищення невелика або може бути відсутнім (залежить головним чином від міри динамічності вод зон аерації і насичення). Найбільш згубний вплив надають кислотні дощі, що руйнують структуру ґрунтів, що гублять мікроорганізми і привносячі в ґрунти токсичні речовини. Значну шкоду ґрунтам наносить забруднення важкими металами, найбільш небезпечними з яких є Hg, Pb, Cd, Ni, Cu, Zn. Виробнича діяльність людини приводить до забруднення важкими металами і іншими токсичними речовинами аж до утворення антропогенних геохімічних аномалій

навколо промислових центрів і вздовж автомагістралей. Внаслідок роботи металургійних підприємств на поверхню ґрунтів щорічно викидається не менше за 150 тис. т Cu, 122 тис. т Zn, 90 тис. т Pb, 12 тис. т Ni, 1500 т Mo, 800 т Co і 31 т Hg. Свинець поступає також разом з викидами автотранспорту (поблизу автотрас на відстані до 200 м зміст Pb в 25-30 раз вище, ніж в звичайних районах), а ртуть - з отрутохімікатами. Суперфосфатні заводи забруднюють ґрунти пилом, який містить Fe, Cu, As, Pb, F. Внаслідок спалення каустобіолітів на земну поверхню щорічно поступає 1600 т Hg, 3600 т Pb, 2100 т Cu, 7000 т Zn, 3700 Ni, а з вихлопними газами - 260 тис. т Pb. Деякі промислові підприємства перекачують в ставки і накопичувачі різноманітні солі кольорових і важких металів, ціаніди, сполучення миш'яку, вуглеводні. Кожний м² ґрунтів щорічно поглинає з повітря 495 т CO, 78 т NO₂, 5200 т SO₂, або кожний м² в рік поглинає з атмосфери 6 кг шкідливих речовин, що приводить до концентрування цих компонентів в ґрунтах, зміни фізико-хімічних властивостей останніх.

У розвинених країнах збільшення сільськогосподарської продукції на 50-60% пов'язане із застосуванням мінеральних добрив, які дозволяють задовольняти потреби рослин в основних елементах живлення, а також значно підвищувати врожайність сільськогосподарських культур. Разом з урожаєм вилучаються біогенні елементи (N, P, K, в меншій мірі S, Ca, Mg і інш.). Отже, виникає необхідність внесення в ґрунт сполучень цих елементів в кількості, еквівалентній вилученій з урожаєм. Оскільки мінеральні добрива застосовують в неочищеному вигляді, то разом з ними в ґрунти попадають метали і металоїди, малорухомі в цьому середовищі (мобільність збільшується в ряду: Hg, Pb > As, Cd > Zn). Вони нагромаджуються в поверхневих горизонтах, де зосереджена коренева система рослин.

Забруднення ґрунтів відбувається і внаслідок застосування пестицидів, що застосовуються для боротьби з небажаними видами рослин, тварин (комах) і мікроорганізмів. Надбавки урожаю від хімічних засобів захисту рослин становлять 20-60% при витратах, рівних лише 1-5% загальних витрат виробництва. За даними продовольчої і сільськогосподарської комісії ООН (ФАО), шкідливі комахи знищують 20% урожаїв світу. Щорічні світові втрати урожаю від хвороб, шкідників і бур'янів (в млн. т): зернових - 510, цукрового бур'яка - 569, картоплі - 129, винограду - 26, бавовни - 5 і т.д. Тому хімічний метод захисту рослин отримав широкий розвиток у всьому світі. Так, в США в 1955 р. застосовувалося 15-18 сполучень як пестициди, а в теперішній час використовується вже більше за 500 на половині орних земель. Середня витрата пестицидів в США - 1,8, в Японії - 11,4, ФРН - 12, в колишньому СРСР - 2 кг/га. Біля 1500 хімічних речовин володіє

пестицидною активністю, з них 550 застосовуються як пестициди, а модифікацій нараховується більше за 10 тис. препаратів. У 1980 р. світове виробництво складало більше за 2 т в рік. Одним з основних фізичних чинників, що визначають поведінку пестицидів в ґрунтах, є сорбція їх ґрунтовими частками. Сорбційні властивості ґрунту залежать від його складу, вологості і температури. Зі збільшенням температури відбувається десорбція пестицидів. Використання пестицидів регламентується законодавством у всіх країнах. ГДК деяких хімічних речовин в ґрунтах України (за станом на 1.01.1991 р.) в мг/кг ґрунту з урахуванням фону (кларкових значень) наступні: Cu – 3,0, Ni – 4,0, Zn < 3,0, Co – 5,0, F – 2,0, Br – 6,0 (жваві форми); F – 10 (водорозчинна форма); Sb – 4,5, Mn – 1500,0, V – 150,0, Pb – 30,0, As – 2,0, Hg – 2,1, нітрат – 130,0, бенз(а)пірен – 0,02, бензол – 0,3, толуол – 0,03, комплексні гранульовані добрива – 120,0, рідкі комплексні добрива – 80,0 (валовий зміст) і т.д. ГДК деяких пестицидів: ДДТ і його метаболіти – 0,1, карбофос – 2,0, хлорофос – 0,5 мг/кг ґрунту. У цей час в Україні нагромаджено біля 11 тис. т пестицидів, заборонених до використання, тому гостро стоїть проблема їх утилізації.

У наземних трофічних ланцюгах, що приводять до надходження токсичних хімічних речовин в організм людини (атмосфера - ґрунт - рослина - людина; атмосфера - ґрунт - рослина - тварини - людина), ґрунт є найбільш ємною і інерційною ланкою, внаслідок чого від неї багато в чому залежить швидкість поширення речовин по всьому ланцюгу. До того ж ґрунт є посередником між атмосферою і гідросферою для всієї кількості забруднюючих речовин (ЗР), що викидаються людиною в атмосферу; що дуже часто ЗР в атмосферу попадають з літобіосфери.

Найбільший збиток ґрунтам наносить ерозія - руйнування з порушенням їх цілісності і зміною їх фізико-хімічних властивостей, що звичайно супроводиться перенесенням часток з одного місця на інше. Причинами ерозії в природі служать вітер (вітрова ерозія, дефляція), різкі коливання температури повітря і поверхні об'єктів, вода (водна ерозія), що переміщується, водорозчинні кислоти, хімічне і фізичне забруднення довкілля, вплив біологічних агентів (витопкувати, біохімічний вплив і т.д.). Серед числених факторів деградації ґрунтів особливе значення мають: 1) незахищеність ґрунтового шару в окремі періоди сільськогосподарського циклу, коли ґрунти зазнають вітрової і водної ерозії; 2) надмірна експлуатація ґрунтів, яка сприяє розвитку ерозійних процесів.

Деградація біля 15% поверхні суші здійснюється під впливом антропогенної діяльності (55,7% порушень викликане водною ерозією, 28% - вітровою ерозією, 12,1% - хімічним впливом, 4,2% - фізичним впливом). За іншим даними, в світі вітрової ерозії зазнає

34%, а водної ерозії - 31% суші. Змиви ґрунтів з поверхні Землі досягають 134 т/км² рік. Щорічно в Світовий океан змивається до 60 млрд. т. ґрунтів, в той час як в минулому цей показник не перевищував 3-8 млрд. т. У країнах Західної Європи ерозією охоплено до 50-60%, а в США до 75% всіх земель.

Насамперед відбувається забруднення ґрунту як найбільш доступного елемента верхньої частини земної кори. Цей процес виключно небезпечний, оскільки орні землі складають біля 10% території суші, а пасовища і сінокоси - 20%. Так, за порівняно короткий період з 1950 по 1977 рік площа орної землі на душу населення в колишньому СРСР скоротилася з 1,06 до 0,87 га, незважаючи на освоєння нових земель. При загальній площі України 60,4 млн. га на ріллю доводиться 34,2 млн. га (54,96%), луги - 6,17 млн. га (10,2%). У окремих степових і лісостепових районах розораних земель складають 80-90%, що є небажаним в економічному і екологічному плані, оскільки різко зменшується загальний природний потенціал території (для порівняння, Франція і Туреччина, що мають приблизно таку ж чисельність населення, характеризуються набагато меншими площами розораних земель - відповідно 17 і 19 млн. га). Через водну ерозію втрачається значна кількість ґрунту. Так, за 1966-1991 рр. (25 років) зміст гумусу поменшав з 3,5 до 3,2% [2].

1.2 Основні види, джерела і фактори забруднення підземних вод

Підземні води (ПВ) - всі води, які знаходяться під поверхнею землі в зоні аерації та насичення в прямому контакті з родючими ґрунтами і підґрунтами (ґрунтами). Метою оцінки ступеня техногенного (антропогенного) впливу є запобігання забрудненню ПВ, які належать до ЗР.

Забруднення ПВ - скид людиною, прямий чи непрямий, речовин чи енергії в ПВ, який в результаті спричиняє ризик для здоров'я людей, шкоду живим ресурсам та водним екосистемам, або заважає використовувати воду в інших законних цілях. Прямий скид - внесення в підземні води ЗР без фільтрації крізь родючий ґрунт чи підґрунт (ґрунт); непрямий скид - внесення в підземні ЗР після фільтрації крізь родючий ґрунт чи підґрунт [3].

Забруднюючі речовини проникають у водоносні горизонти й викликають такі види забруднень: хімічне, бактеріальне (мікробне), теплове і радіоактивне.

Хімічне забруднення. Хімічне забруднення відбувається в результаті проникнення майже всіх ЗР, за винятком теплообмінних вод та радіоактивних речовин, але основну роль

грають промислові відходи. Хімічне забруднення звичайно проявляється у збільшенні, порівнянно з фоном, мінералізації, макро- і мікрокомпонентів, у появі невластивих їм мінеральних та органічних сполук, в збільшенні їх вмісту у часі. Найчастіше у забруднених водах зустрічаються Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , F^- , NO_3^- , нафтові вуглеводні, феноли, органічні сполуки, важкі метали. Серед антропогенного хімічного забруднення ПВ найбільш поширеними є нафтове, хлоридне, нітратне; забруднення важкими металами, збільшення твердості. Хімічне забруднення інколи супроводиться зміною органолептичних властивостей і температурою води [4].

Нафтове забруднення. Нафта та нафтопродукти є гідрофобними речовинами. Частина нафтопродуктів розміщується у вигляді лінзи на поверхні ґрунтових вод (товщиною від декількох см до 1-2 м і більше). Так, на місцях колишніх військових аеродромів спостерігається не тільки нафтове забруднення, але й видобуток нафтопродуктів. Друга частина нафтопродуктів нижче фазовідобособленої частини (лінзи) і за її межами утворює з водою двофазну суміш у вигляді емульсії. Нарешті, найбільш розчинні нафтові вуглеводні (в основному ацени) утворюють з водою розчин. Розміри площ, які зайняті емульсованими й водорозчинними нафтовими вуглеводнями у багато разів ($n \times 10$) більші за площі, що зайняті у вигляді лінзи.

Джерелами нафтового забруднення є: нафтодобувні та нафтопереробні підприємства (аварійні розливи нафти, бурової рідини, стічних вод), об'єкти зберігання та перерозподілу нафтопродуктів (нафтобази, заправочні станції). Причинами забруднення природного середовища найчастіше бувають аварійні витікання та проливи, внаслідок несправності резервуарів зберігання, трубопроводів та т.ін.

Особливості негативного впливу нафтового забруднення на геологічне середовище: 1) нерівномірність нафтопродуктового забруднення (НП-забруднення) територій самих об'єктів, яка обумовлена характером розподілу різних (за об'ємом, інтенсивності, строкам виникнення та тривалості) хронічних аварійних витікань та проливів (значна частина йде на інфільтрацію); 2) НП-забруднення ґрунтів зони аерації та першого від земної поверхні водоносного горизонту підземних вод (ґрунтового); 3) локальні нагромадження НП в геологічному середовищі у різних техногенних формах [5].

Нафтові речовини сорбуються ґрунтами переважно в фазі рідини. В таблиці 1.2.1 наведена класифікація основних ґрунтів за їх здібністю поглинати нафтопродукти.

НП-забрудненню на територіях піддаються слідуєчі складові елементи геологічного середовища: 1) земна поверхня; 2) ґрунти зони аерації: а) які включають в приповерхневій

Таблиця 1.2.1 - Здібність різних груп ґрунтів сорбувати НП

Ґрунт	Порядок проникності (через K_f для води, м/доб)	Кількість сорбованих НП, л/м ³
Крупний гравій , валуни	10^2	-
Гравій-грубозернистий пісок	$10^2 - 10^1$	8
Пісок крупний-середній	$10^1 - 10^0$	15
Пісок середній-дрібний	$10^0 - 10^{-1}$	25
Пісок глинястий-глини	$10^{-1} - 10^{-3}$	40

часті геологічного розрізу шар ґрунтових нагромаджень; б) участки забруднення із підземних джерел; 3) перший від поверхні горизонт підземних вод, в більшості випадків практично незахищений ґрунтами зони аерації, які, як правило , непроникнені для рідких забруднювачів із поверхневих та підземних джерел забруднення на об'єктах нафтопродуктозабезпечення [5].

Ґрунт враховується забрудненим при вмісті нафтопродуктів в кількості більше 0,01-0,1% в залежності від типу ґрунту та складу нафтопродуктів. В таблиці 1.2.2 [6] наведена градація ступіня забрудненості чорноземних ґрунтів України в залежності від вмісту нафтопродуктів.

Таблиця 1.2.2 - Ступінь забруднення чорноземних ґрунтів України в залежності від вмісту битумінозних речовин

Ступінь забруднення	Вміст битумінозних речовин, %
Незабруднені	0,04
Слабка	0,3 – 0,6
Середня	0,6 – 1,2
Сильна	1,2 – 2,5
Дуже сильна	> 2,5

Хлоридне забруднення викликається промисловими відходами високомінералізованих вод, витягненими на поверхню, шахтними та рудничними водами, морськими водами у прибережних районах і т.д. Хлориди добре розчинні, стійкі, такі, речовини, що не розкладаються й не сорбуються; речовини, які мають високу міграційну здібністю і займають значні площі.

Забруднення важкими металами. До важких металів відносяться кольорові метали зі щільністю, більшою ніж у заліза ($7,874 \text{ г/см}^3$): Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg. Важкі метали займають одне з провідних місць серед ЗР; найбільш поширеними є Pb,Cu, Zn, Cd та

їх сполуки. Забруднення важкими металами пов'язані із деякими промисловими відходами, викидами автотранспорту, отрутохімікатами і т.д. їх накопичення у ПВ має місце при забрудненні атмосфери, ґрунту, поверхневих вод. Важкі метали у катіогенній формі добре сорбуються, тому їх гідрогеохімічні аномалії носять обмежені розміри. Важки метали відносять до стійких ЗР, які погано розкладаються у природних умовах (неконсервативні).

Нітратне забруднення. Нітратний азот є кінцевим продуктом у ланцюгу послідовного окислювання азоту: $\text{NH}_3(\text{NH}_4^+) \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$. Процес нітрифікації, у результаті якого NO_2^- переходить у NO_3^- - триває до 1-1,5 місяця (NO_2^- - "свіже" забруднення). Нітратне забруднення пов'язане з сільськогосподарською діяльністю, у меншій мірі з промисловими й комунально-побутовими відходами. Нітрати добре розчиняються у воді, відрізняються невеликою сорбційною властивістю, можуть мігрувати далі.

Бактеріальне забруднення. Під бактеріальним забрудненням (мікробним) розуміється збільшення вмісту у ПВ порівняно з природним фоном санітарно-показових мікроорганізмів. Особливе значення для мікробіологічної характеристики води має загальна кількість бактерій (за ГОСТ 2874-82 у 1 мл не більше 100) і кількість кишкових паличок (за ГОСТ 2874-82 у 1 л не більше 3 - "колі-індекс" та у 300 мл не більш 1 кишкової палички - "колі-титр").

Особливістю бактеріального забруднення є обмеженість розповсюдження бактеріального забруднення в межах водоносного горизонту, що обумовлено незначним часом виживання бактерій в ПВ. Цей час складає 30-400 діб (в залежності від їх кількості у воді, швидкості фільтрації, геохімічних умов, наявності інших ЗР, температурі і т.ін.). Наявність детергентів до 5 мг/л (СПАР, миючі засоби), нафтопродукти, навіть сприяє розмноженню бактерій. Бактеріальне забруднення звичайно носить тимчасовий і локальний характер, особливо якщо немає тимчасових джерел бактеріального забруднення.

Теплове забруднення. Виявляється у підвищенні температури ПВ порівняно з фоном. Змінення температури викликає і зміну хімічного складу та органолептичних властивостей ПВ, що відзначається у районах функціонування атомних та теплових електростанцій, під час скиду на поверхню нагрітих стічних вод. У населених пунктах формується "острів тепла", як у атмосфері, так і у ПВ; найчастіше відзначається у ГВ. Так, при підвищенні температури від 15⁰С до 25⁰С токсичність Zn збільшується у 3 рази.

Антропогенні (техногенні) джерела забруднення підземних вод виникають в результаті господарської діяльності людей, у тому числі прямого чи непрямого впливу на склад та інтенсивність природного забруднення й поділяються на: 1) неочищені або недостатньо очищені виробничі й комунально - побутові стічні води; 2) поверхневі стічні

води (наприклад, річки Донбасу); 3) дренажні води; 4) аварійні скиди й переливи стічних вод; 5) фільтраційні витоки речовин із ємностей, трубопроводів і т.ін.; 6) тимчасові викиди у атмосферу (пил, аерозолі), які осаджуються на поверхні землі та водних об'єктах; 7) нерегламентовані викиди й скиди (нафтопродуктів, пестицидів, добрив і т.д.); 8) промислові майданчики підприємств, місця зберігання й транспортування продукції й відходів виробництва; 9) звалище комунальних та побутових відходів (в основному твердих побутових відходів - ТПВ). Антропогенним джерелом забруднення ПВ є населений пункт у цілому (гідрогеохімічна аномалія, "тепловий острів").

Антропогенні джерела забруднення ПВ можуть бути поділені за походженням: індустриальні, промислові, сільськогосподарські, комунальні, транспортні, урбанізовані.

Усі джерела за їх конфігурацією у просторі поділяються на: 1) місцеві - площа (F) < 100 км², довжина (L) < 20 км; 2) обмежено-регіональні - F = 100-1000 км², L = 20-200 км; 3) регіональні - F > 1000 км², L > 200 км.

Джерела забруднення поділяються за ступенем обумовленого ними забруднення ПВ: 1) помірного забруднення від фонових - фон-1 ГДК (ГДК - гранично допустима концентрація); 2) джерела значного забруднення -1-10 ГДК; 3) джерела екстремального забруднення - більше 100 ГДК [4].

Існує взаємозв'язок забруднення ПВ з забрудненням атмосферних опадів, вод поверхневого стоку і ґрунтів. В багатьох випадках родючі ґрунти і породи зони аерації (1 - 3 м) є головним містищем всіх ЗР, що надходять в атмосферу (викиди теплоенергетики, автотранспорт, промисловість и т.ін.) з поверхні землі. Проникнення ЗР здійснюється як природними шляхами (літологофаціальним та тектонічним вікнам), так і по шляхам міграції, створеним при техногенній діяльності (кар'єри, криниці, накопичувачі, полігони і т.д.). Внаслідок ЗР можуть проникати до глибин порядку 1 км і більше (залежно від гідрогеологічних та техногенних факторів). Особливо уразливими для техногенного впливу є ґрунтові води (ГВ), які можуть забруднюватися навіть при низьких фільтраційно-ємносних властивостях порід зони аерації і достатньо великих глибинах залягання їх поверхні.

Забруднення ПВ - це викликана антропогенною (техногенною) діяльністю зміна якості води у порівнянні з нормами якості води по видам водокористування (господарсько-питне, іригаційне, технічне, бальнеологічне, промислове, теплоенергетичне), які роблять воду частково чи повністю непридатною для використання за призначенням. Причинами забруднення ПВ можуть бути складування різних відходів на земній поверхні, в різних накопичувачах рідких відходів, експлуатація водоносних горизонтів і т.д. Чималий техногенний вплив на ПВ має місце при пошуках, розвідці, експлуатації, транспортуванні і

переробці багато яких корисних копалин. Так, при розробці родовищ корисних копалин із надр витягаються ПВ, що призводить до порушення природного стану ландшафтних компонентів. При цьому діється прямий чи непрямий вплив на ПВ, що призводить до зміни їх якісних та кількісних параметрів у процесі забруднення.

Основним джерелом техногенного забруднення атмосферних опадів є об'єкти теплоенергетики, автотранспорт, промислові підприємства з великим обсягом газодимових викидів, сільськогосподарська авіація і населені пункти у цілому.

По даним М.Г.Журавльової та ін. [7], радіус зони основного впливу підприємств-забруднювачів складає 2-3 км; в межах цієї зони вміст Cu, Pb, Zn і Sn в 3-5 раз перевищує природний фон, а по мірі наближення до джерела забруднення концентрації важких металів перевищують фон в 50-150 раз. Поблизу металургійних комбінатів техногенні важкі метали у атмосферних опадах відзначалися на відстані до 50-70 км [8]. Дальність переносу ЗР залежить і від їх трансформації в атмосфері і здібності до розчинення у воді. Так, антропогенна емісія діоксиду сірки відбувається по схемі: діоксид сірки-сірниста і сірчана кислоти-сульфати металів. Відповідно зона впливу діоксиду сірки - до 40-50 км, зона впливу сульфатів та кислих опадів - до 300 км, зона закислення опадів ($\text{pH} < 5$) - до 2000 км [9] .

При цьому необхідно враховувати й форми надходження важких металів, їх розчинність у воді. Так, розчинність свинця у водному розчині при 20°C у вигляді $\text{ZnS} = 3,4 \times 10^{-11}$, $\text{ZnO} = 0,00016$, $\text{ZnSO}_4 = 54,1$ і $\text{ZnCl} = 367$ г/100 г [10]. Оскільки у відходах сульфіді окисляються, а оксиди, сульфати і хлориди розчиняються краще в кислих водних розчинах, то можливість техногенного забруднення атмосфери та контактуючих з нею середовищ велика.

Високий ступінь господарського освоєння територій, відзначається при найбільшій щільності населення, що створює об'єктивні передумови для забруднення всіх складових навколишнього природного середовища, включаючи ПВ. Підприємства гірничодобувної, металургійної, хімічної, нафтової промисловості і т.д., розвинена мережа автомобільних доріг, хімізація сільськогосподарського виробництва, значна кількість смітників, промислових і побутових відходів, зростаючі масштаби урбанізації і багато інших причин сприяють забрудненню ПВ.

За умовами забруднення і характером впливу на ПВ для регіонів, що знаходяться у сфері інтенсивного техногенного впливу, можна виділити декілька характерних ситуацій, що в принципі характерні й для багатьох регіонів, які зазнають значного техногенного

навантаження. В.Г.Магмедовим [11] наведено класифікацію основних джерел забруднення за генезисом і характером впливу на підземні води в Україні.

Основними джерелами зосередженого (локального) забруднення ГВ звичайно є численні полігони і неорганізовані смітники промислових, сільськогосподарських та побутових відходів, різноманітні накопичувачі рідких відходів, місця скиду вод нафтових родовищ на рельєф місцевості, витікання нафтопродуктів з різноманітних ємностей і т.ін.

Джерелами лінійного забруднення ГВ є малі річки, що наражаються інтенсивному техногенному забрудненню, що впливає на концентрацію ЗВ, особливо в періоди маловоддя. Лінійне забруднення може мати місце і при витоках з каналізаційної мережі. Інфільтрація забруднених стічних і річкових вод призводить до погіршення якості ГВ, появи як природних (сульфатіон, хлоріон, підвищення суми мінеральних речовин), так і типових антропогенних компонентів (СПАР, пестициди і т.д.).

Основним джерелом площадного (дифузного) забруднення ГВ є сільгоспвиробництво. Понаднормативне застосування азотних мінеральних добрив призводить до нітратного забруднення ГВ на полях зрошення; в багатьох регіонах вміст нітратіона у 2-3 рази і більше перевищує ГДК. В цих же районах прослідковуються підвищені концентрації важких металів, що надходять разом з добривами фосфора, а також калія. Визначено наявність пестицидів, в тому числі і заборонених до використання ДДТ (ДДТ та його метаболіти, хлорофос та інші пестициди відзначаються в концентраціях до 0,002 мг/л). Крім того, нітрати, ядохімікати, важкі метали, нафтопродукти, феноли та інші ЗР змиваються з різноманітних об'єктів поверхневим стоком і інфільтруючись в ГВ погіршують їх якість. Джерелом площадного забруднення є й розпилення пестицидів сіль-госпавіацією, що проводиться в обмежених розмірах, але неприпустимо для щільно заселених районів.

Регіональним джерелом забруднення ГВ можуть бути забруднені атмосферні опади, що є одним з негативних чинників зміни якості вод.

2 ОЦІНКА ТЕХНОГЕННИХ ФАКТОРІВ ЗМІНЕННЯ ЯКОСТІ ПІДЗЕМНИХ ВОД

У найбільшій мірі антропогенному забрудненню наражаються ПВ зони активного водообміну, що можуть бути розташовані близько до поверхні землі. Показником активності водообміну є коефіцієнт водообміну (K_0), що визначається по формулі:

$$K_0 = q_p / Q_{вг} \quad , \quad (2.1)$$

де q_p - річний видаток підземного струму для наданого водоносного горизонту, $m^3/рік$;

$Q_{вг}$ - кількість гравітаційної води у водоносному горизонті, $m^3/рік$.

Для інфільтраційних ПВ значення $K_0 > 1$, або $K_0 = 1$, а для вод зони утрудненого водообміну $K_0 < 1$.

В гідрогеохімічному відношенні ПВ зони активного водообміну, особливо ГВ звичайно прісні (мінералізація менше 1 г/л), здебільше гідрокарбонатно-кальційового складу і є об'єктом господарськопитного водопостачання в багатьох країнах. На їх склад можуть здійснювати вплив навіть слабомінералізовані атмосферні опади (дощові опади мають мінералізацію 12-120 мг/л, туман - 165 мг/л і т.д.), що містять ЗР.

Зміна якості ГВ може виражатись в збільшенні їх мінералізації 0 , жорсткості, змісту типових для макро - (Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+}) і мікрокомпонентів (J^- , Br^- , F^-), в появі специфічних речовин антропогенного походження (СПАР, нафтопродукти, феноли, пестициди та ін.), в зміні фізичних і органолептичних властивостей і т.д.

Якість прісних ПВ, використовуваних для водопостачання визначається, як і для поверхневих вод суші, державними стандартами (ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая"), що включає бактеріологічні, органолептичні та хімічні показники.

Бактеріологічними показниками є:

- 1) загальна кількість бактерій - в 1 мл води не повинно бути більше 100;
- 2) кількість колибактерій (*Bact.coli*) - в 1 л не більше 3 (колі-індекс - P_i), або на 1 колибактерію повинно приходиться не менше 300 мл води (колі-титр - P_T), тобто $P_i = 1000 / P_T$.

Органолептичні показники. До прикладу, запах води при температурі 20°C і нагрівання до 60°C не повинен перевищувати 2 бала (більше 4 балів - екстремальне забруднення).

Вода не повинна містити нафтових і олійних плівок; якщо 1/3 площі поверхні водних об'єктів при площі до 6 км², або 2 км² при площі поверхні водних об'єктів більше 6 км² покриті нафтовою плівкою, то ситуація вважається екстремальною [12].

Показники хімічного складу ПВ включають ГДК речовин, що зустрічаються як в природних умовах, так і внаслідок промислового, транспортного, сільськогосподарського, комунального чи іншого забруднення, а також внаслідок очистки води. ГОСТ 2874-82 та інші стандарти лімітують зміст суми мінеральних компонентів, загальної жорсткості ($rCa^{2+} + rMg^{2+}$), NO_3^- , Cl^- , H^+ (рН), Be, Mo, As, Pb, Se, Sr і т.д. Так, якщо ВОЗ рекомендовані наступні значення показників якості питної води: $Cl^- = 600$ мг/л, $SO_4^{2-} = 400$ мг/л, $Mn^{2+} = 0,5$ мг/л, $Zn^{2+} = 15$ мг/л, Fe^{2+} , $Fe^{3+} = 1$ мг/л, то ГОСТ 2874-82 передбачає більш жорсткі обмеження ($Cl^- = 100-350$ мг/л, $SO_4^{2-} = 250$ мг/л, $Mn^{2+} = 0,1$ мг/л, $Zn^{2+} = 5$ мг/л, Fe^{2+} , $Fe^{3+} = 0,3$ мг/л).

Рада Європейського Економічного Співтовариства (ЄЕС) прийняла Директиву 80/68/ЄЕС від 17 грудня 1979 року стосовно охорони ПВ від забруднення, спричиненого окремими небезпечними речовинами. Метою цієї Директиви є запобігання забрудненню ПВ речовинами, які належать до класів та груп речовин зі списків I або II. Список I містить: 1) органогалогенні сполуки та речовини, які можуть утворювати такі сполуки у водному середовищі; 2) органофосфорні сполуки, 3) органоолов'яні сполуки, 4) речовини з канцерогенними, мутагенними або тератогенними властивостями у водному середовищі чи при потраплянні до нього (якщо певні речовини зі списку II є канцерогенними, мутагенними чи тератогенними, вони включаються в категорію 4 цього списку); 5) Hq та її сполуки; 6) Cd та його сполуки; 7) мінеральні масла та вуглеводні; 8) цианіди. Список II містить окремі речовини та категорії речовин, які належать до класів та груп речовин, які можуть спричинити шкідливий вплив на ПВ: 1) Hq, Cu, Ni, Cr, Pb, Se, As, Sb, Mo, Ti, Sn, Ba, Be, B, U, V, Co, Tl, Te, Aq; 2) біоциди та похідні від них речовини, не вказані у списку I; 3) речовини, які шкідливо впливають на запах та/або смак ПВ, та сполуки, спроможні спричинити утворення таких речовин в цих водах та зробити їх непридатними для споживання людьми; 4) токсичні або стійкі органічні сполуки кремнію, а також речовини, які можуть спричинити утворення таких сполук у воді, за виключенням біологічно нешкодливих, або таких, що швидко перетворюються у воді у нешкодливі речовини; 5) неорганічні сполуки фосфору та елементний фосфор; 6) фтористі сполуки; 7) аміак та нітріти. Члени ЄЕС повинні вжити всіх необхідних заходів для запобігання внесенню в ПВ речовин зі списку I та обмеження внесення в ПВ речовин зі списку II для запобігання забрудненню таких вод цими речовинами. Для виконання вимоги члени ЄЕС повинні

заборонити всі прямі скиди речовин зі списку I, забезпечувати проведення попередніх досліджень всіх прямих скидів речовин зі списку II і т.д. [3].

Радіоактивні елементи враховуються згідно з нормами радіаційної безпеки (НРБ - 76/37 та інші нормативні документи).

При вмісті в воді деяких ЗР (за винятком F^- , NO_3^-) сума їх концентрацій не повинна перевищувати 1, тобто:

$$C_1 / C'_1 + C_2 / C'_2 \dots + C_n / C'_n \leq 1, \quad (2.2)$$

де $C_1, C_2 \dots C_n$ - виявлені концентрації речовин, мг/л;

$C'_1, C'_2 \dots C'_n$ - ГДК цих же речовин, мг/л.

Якщо визначити показники якості води в природних умовах через C_e (фонові значення), а ГДК цих же речовин через C' , то під величиною C може бути мінералізація, загальна жорсткість, концентрація окремих макро-, мезо- та мікрокомпонентів. В більшості випадків $C_e < C'$, але може бути, що це дотримується по мінералізації, або жорсткості відповідно до стандарту якості, а по окремим компонентам $C > ГДК$.

В.М.Гольдберг [4] виділяє 2 основні стадії забруднення підземних вод:

I - дограничне, початкове забруднення, чи ознаки забруднення, тобто вміст ЗР більше C_e , але менше C' . Для цієї стадії забруднення характерно зростання концентрації ЗР в часі, хоч воно залишається нижче значення ГДК:

$$C_e < C \leq C', \text{ або} \quad (2.3)$$

$$R_e < R \leq 1, \quad (2.4)$$

де $R_e = C_e / C'$, а $R = C / C'$.

В стадії I виділяють 2 міри початкового забруднення ПВ (Iа, Iб):

$$Iа: R_e < R \leq 0,5, \quad (2.5)$$

$$Iб: 0,5 < R \leq 1, \quad (2.6)$$

II - понадграничне забруднення - вміст ЗР вище ГДК. В стадії II виділяються 3 міри забруднення:

$$\text{Па: } 1 < R \leq 10, \quad (2.7)$$

$$\text{Пб: } 10 < R \leq 100 \quad (2.8)$$

$$\text{Пв: } R > 100 \quad (2.9)$$

Міра Пв - екстремальне забруднення в загальному випадку, а для токсичних речовин екстремальним треба вважати $C > 100$ ГДК. В.П.Белогуров, Ю.Б.Воронцов [12] вважають, що вміст одного чи деяких нормованих речовин в концентраціях, що перевищують ГДК в 100 раз і більше екстремальним забрудненням, а концентрація кисеня розчиненого менше 2 мг/л, значення БПК₅ - понад 60 мг/л.

Найбільш небезпечна стадія П, але не менш важлива своєчасний вияв стадії І. Ці стадії можуть мати місце за межами зони активного впливу техногенних джерел, а також на дільницях водозабірних споруд. Міра Па відзначається поблизу порівняно невеликих по інтенсивності джерел забруднення; на водозабірних дільницях зустрічається рідко. Якщо забруднення перевищує в 1,5-2 рази ГДК, то водозабір звичайно використовується для технічних цілей. Міри Пб і Пв характерні для дільниць, схильних до тривалого інтенсивного впливу дорідних джерел.

Забруднення Пв може викликатися більшою кількістю ЗР (n10 і більше). Звичайно обирають 2-3 типових і найбільш перевищуючих значення ГДК ($C/C' > 1$), але при цьому враховуються і загальні, тобто ті показники, що виявляються часто і повсюдно (мінералізація, загальна жорсткість, хлор-іон, сульфат-іон, нітрат-іон, органічні речовини та ін.). Поряд з загальними показниками забруднення можуть визначатися показники по вмісту фтору, заліза, сульфат-іона та ін., але загальні показники також при цьому враховуються, оскільки вони легко визначаються при хімічному аналізі Пв.

Техногенне (антропогенне) забруднення Пв неодинакове за інтенсивністю та масштабами.

Значне забруднення Пв спостерігається поблизу приймачів промислових комплексів і сільськогосподарських відходів. Зони забруднення, що формуються тут, носять локальний характер, але відрізняються високою інтенсивністю забруднення (стадія П, $C > 10-100$ ГДК, де С - концентрація забруднюючої речовини).

Дуже важливим є вплив забруднення атмосфери на якість Пв, який носить регіональний характер (стадія І, $C < 1$ ГДК).

Локальне забруднення характеризується невеликою площею й високим вмістом ЗР. Під впливом населених пунктів, сільськогосподарських площ концентрації ЗР рівняються 1-10 ГДК, а під впливом ділянок складування відходів, окремих промислових, комунальних та сільськогосподарських об'єктів - до 10-100 ГДК.

Якщо до забруднення ПВ відносити лише випадки з $C > 1$ ГДК, то картина забруднення ПВ буде мати переважно локальний характер. Якщо відносити випадки коли $C >$ фону, але менше за ГДК, то картина буде носити регіональний характер.

Влив процесів техногенезу відбивається не лише у змінюванні хімічного складу, але й підвищенні температури ("острів тепла" у містах), на зміні бактеріологічного складу і т.д.

Основне навантаження ЗР, що надходять з поверхні землі, падає на ГВ, які є акумулятором ЗР, захисним шаром і одночасно джерелом забруднення для більш глибоких водоносних горизонтів.

Якщо швидкість горизонтального водообміну ПВ у багато разів менша за швидкість вертикальної міграції ЗР з поверхні землі, то відбувається їх накопичення у верхніх водоносних горизонтах особливо у ГВ.

Власне кажучи, у районах інтенсивного, сільськогосподарського освоєння і особливо у промислових районах відбувається формування антропогенного та гідрохімічного режимів ПВ. Має місце селективне проникнення ЗР у ПВ, переважно мінеральних компонентів.

Іншим важливим техногенним фактором, який впливає на зміну якості ПВ є водовідбір, з яким пов'язане підтягування до водозабірної споруди некондеційних підземних та поверхневих вод.

2.1 Забруднення підземних вод під впливом накопичувачів рідких відходів

Серед техногенних джерел забруднення особливо небезпеку становлять поверхневі земляні ємності, призначені для зберігання рідких і твердих відходів. А.І.Арцев [13] називає їх "промисловими басейнами". Пристосовані вони до природних і штучних заглиблень рельєфу й обваловані (обнесені) дамбами. Приймачі таких відходів входять до системи промислової каналізації підприємств хімічної, металургійної, гірничодобувної, нафтохімічної, целюлозно-паперової, фармацевтичної та ін. промисловостей.

Наприклад, хвостосховища служать накопичувачами рідких та твердих відходів (хвостів) гірнично - збагачувальних, а у шламосховищах - відходи (рідкі й тверді) металургійних, машинобудівних та інших підприємств.

Усі приймачі призначені для зберігання, освітлення, випаровування, накопичення й доочистки стічних вод перед їх скидом у ріки або використанням у обіговому водопостачанні, а також для складування (або утилізації).

Як приймачі рідких відходів часто розглядаються поля фільтрації та поля зрошування стічними водами.

1) Ставки - накопичувачі, випарники, буферні ставки служать для скиду в них і накопичування з послідовним частковим скидом у водотоки (накопичувачі), або з метою випаровування (випарники). Якщо із ставка йде постійний скид у річку або водоймище транзитним шляхом, то ставок називають буферним. Площі їх від $n \times 1 \text{ км}^2$ до $n \times 10 \text{ км}^2$, глибина їх -3-20 м. Строк заповнювання до 15-20 років. На днищах - штучні слабопроникні екрани.

2) "Білі моря" - для складування рідких та твердих відходів (пульпи) содових і содово-цементних заводів (на поверхні утворюється біла кірка від розсолів хлоридів з мінералізацією 150 - 200 г/л). Пульпа надходить постійно, а скид - в період у повені, у річку. Розташовують на терасах та заплавах (площа - $n \times 10 \text{ км}^2$). Накопичування пульпи - 10 - 12 місяців, а скид - протягом 1-2 місяців. Днище екранується глинистими породами потужністю до 40 см та обваловуються.

3) Хвостосховища. Можуть бути рівнинні, заплавні, яружно-балкові та ін. В них надходить пульпа у співвідношенні твердої та рідкої фаз від 1:15 до 1:30. Тверда частка осідає, а освітлена рідка йде у обігове водопостачання. При розтіканні пульпи утворюються хвости (відкладення твердих частинок): великі - середні - дрібні. Можуть займати декілька км^2 . Склад стічних вод залежить від виду збагаченої продукції й способу збагачення. Наприклад, на рудо-збагачувальних фабриках кольорових металів збагачення проводиться методом флотації (поділ частинок за змочуванням їх водою) і стічні води містять багато флотореагентів (HCl , H_2SO_4 , цинковий та мідний купороси, феноли і т.д.), які можуть потрапити у ПВ.

4) Шламосховища (шламонагромаджувачі) - великі земляні спорудження, які займають значні площі, глибиною до 50 м і терміном експлуатації більше 10-15 років. Служать для приймання твердих відходів металургійного виробництва - шламів, які подаються гідравлічним способом. Разом зі шламом надходить багато стічних вод, які освітлюються, охолоджуються й переміщуються. Шлам - завивсь дрібних (до 10 - 40 мм)

корисних копалин у воді; порошок та осадок, що випадає під час електролізу Cu, Zn та інших металів. Можуть бути рівнинні, заплавні, яружнобалкові і т.д. У шламосховища надходять стоки різнорідного складу. Так, у стічних водах металургійного і суміжних з ним виробництв містяться різні речовини, які можуть інтенсивно забруднити ПВ.

5) Поля зрошення служать для очищення стічних вод фільтрацією і одночасно утилізацією шляхом зрошення та вирощування сільськогосподарських культур. На комунальних полях зрошення - очищення, на землеробських - очищення значення не має; використовуються стічні води.

6) Поля фільтрації - лише на піскових ґрунтах. Для очищення стічних вод навантаження 80 - 300 м³/га на добу (забруднюють ПВ).

7) Полігони твердих побутових відходів - утворюється фільтрат, який забруднює ПВ.

8) Золовідвали (шламовідвали). Займають великі площі земляних ємностей, де складуються відходи від теплоелектростанцій. Характерним елементом золошлаків є Са. У значних кількостях в них - SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ та ін., що забруднюють ПВ.

Процес забруднення ПВ відбувається у 3 стадії :

1. Прохідна фільтрація зі сховища рідких відходів (приймача відходів). Стічні води інфільтруються крізь зону аерації, в результаті чого на поверхні ГВ починає виростати "бугор" забруднених вод. Вільна фільтрація триває доти, поки потік із сховища відходів не зімкнеться з горизонтом ГВ. Тривалість прохідної фільтрації звичайно не більше 1-2 років. Разом зі зростом "бугра" забруднених вод відбувається їх розтікання по горизонту ГВ.

2. Змішування метаморфізованих (змінених) вод з ГВ.

3. Рух забруднених вод та розповсюдження ЗР по водоносному горизонту. У цей час і відбувається формування ділянки забруднення водоносного горизонту.

Формування зони забруднення ПВ, це складні гідродинамічні й фізико-хімічні процеси, які залежать від багатьох факторів.

Істотне значення має відмінність щільності стічних вод, що фільтруються з поверхні землі (ρ_c) та ґрунтових вод (ρ_v). Відмінність щільностей утворює неначе b то додатковий градієнт фільтрації :

$$i = (\rho_c - \rho_v) / \rho_c = \delta\rho, \quad (2.1.1)$$

від якого залежить розподіл зони забруднення за потужністю пласта. Так, при $\delta\rho \leq 0$ ділянка забруднення буде займати верхню частину пласта, а при $\delta\rho > 0$ забруднюючий розчин буде занурюватися углиб пласта.

Час опускання забруднюючого розчину на глибину h у випадку $\delta\rho > 0$ дорівнює:

$$t = n h / (K_{\phi} \delta\rho), \quad (2.1.2)$$

де n - пористість водоносних порід;

K_{ϕ} - коефіцієнт фільтрації.

Горизонтальний природний потік ГВ обмежує глибину проникнення у пласт стічних вод, що фільтруються з поверхні, тому стічні води розповсюджуються переважно у верхній та середній частині пласта (якщо ρ_c не набагато $> \rho_b$). У випадку порівняно невеликого за розміром джерела забруднення, розташованого у покрівлі пласта великої потужності, зона розтікання забруднених ПВ характеризується наступними розмірами:

а) безпосередньо під джерелом забруднення:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\Theta}{\pi \cdot V_{\phi}}} \quad (2.1.3)$$

б) униз за напрямком потоку на значному віддаленні від джерела забруднення:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{2\Theta}{\pi \cdot V_{\phi}}} \quad (2.1.4)$$

де Q - витрата стічних вод, що фільтруються із джерела;

$V_{\phi} (K_{\phi} i)$ - швидкість фільтрації природного потоку ГВ;

i - схил потоку ГВ;

K_{ϕ} - коефіцієнт фільтрації.

Чим більше V_{ϕ} й менша Q , тим менша потужність зони розтікання.

При неоднорідних фільтраційно-ємностних властивостях пласта розповсюдження ЗР буде носити нерівномірний складний характер. Переміщення забруднених вод буде краще відбуватися по водопроникним протаркам, але з-за перетікання й дифузії ЗР буде розповсюджуватись по усій потужності пласта.

Аналіз умов забруднення ПВ на ділянках поверхневих сховищ стічних вод показав:

- вміст ЗР у ПВ може складати $n \times 10 - n \times 100$ ГДК;
- осередок забруднення зберігається тривалий час, навіть після ліквідації сховища стічних вод;

- висока мінералізація та щільність стічних вод призводять до забруднення ПВ на значній глибині, включаючи не лише ГВ, але й напірні води;
- фільтраційна неоднорідність та трещиноватість порід обумовлюють нерівномірне переміщення ЗР у ПВ і їх тривале зберігання у пластах;
- швидкість розповсюдження ЗР у ПВ = $n \times 10 - n \times 100$ м/рік; у сильнотріщинуватих і закарстованих породах - до $n \times 1000$ м/рік.

Витрата стічних вод, що фільтруються, залежить від фільтраційних властивостей зони аерації, наявності ізолюючого екрану у основі сховища.

Витрати стічних вод на фільтрацію з приймачів відходів змінюються у широких межах. На фільтрацію із "промислових басейнів" (шламонакопичувачі, ставки - відстійники та ін.) - до n 10% від скиду у них.

Наприклад, на одному із значних шламосховищ на шостий рік його експлуатації виток крізь дно становить 20% загальної витрати фільтрації. Через штучний екран з глини та суглин ($K_f < 0,005$ м/доб, $Q = 20$ тис. м³ /доб).

ПВ поблизу полів фільтрації містять: NH_4^+ до 30 ГДК, Cl^- до 6 ГДК, SO_4^{2-} до 30 ГДК і т.д.

Звичайно змикання рівня ГВ з потоком забруднених вод із приймачів відходів відбувається менше як за 1-2 роки що менше терміну експлуатації, який обчислюється 15-20 роками й більше. Тому слід враховувати підпір ГВ.

Оскільки сховища стічних вод функціонують довгочасно, то режим їх може бути стаціонарним.

2.2 Регламентация вмісту забруднюючих речовин у промислових відходах накопичувачів

Для захисту поверхневих та підземних вод від забруднення токсичними сполученнями у залежності від фізикохімічних властивостей промислових відходів, гідрогеологічних особливостей будують різні типи інженерних споруд (см.2.1.).

Під час будівництва накопичувачів застосовується комплекс протифільтраційних пристроїв, які, проте, не завжди забезпечують належну ізоляцію ПВ.

У зв'язку з цим виникає необхідність регламентації вмісту ЗР, особливо токсичних сполучень, у рідких промислових відходах накопичувачів, тому що від вмісту ЗР у водах які скидаються залежить їх вміст в ПВ.

Принцип розрахунку граничного вмісту токсичних сполук у рідких відходах накопичувачів заснований на ряді припущень :

1. Можливості порушень цілісності протифільтраційного екрану й проникнення токсичних забруднюючих речовин у ПВ з інфільтраційними водами. Фільтраційні втрати із накопичувачів стоків, завдяки різним оцінкам, складають 12-24% від об'єму стічних вод, які скидаються до накопичувача. Як розрахунковий, приймається 20% на рік від об'єму рідких відходів, що скидаються.

2. Припустимості забруднення ПВ першого від поверхні водоносного горизонту (безпосередньо під накопичувачем) завдяки чому не погіршується якість води у найближчих від накопичувача пунктах водокористування (на межі санітарно-захисних зон). Максимальний вміст токсичних ЗР у ПВ може бути прийнятий 10 ГДК (ГДК токсичної ЗР для питних вод, ГОСТ 2874-82). Нижнім значенням можливого вмісту токсичних ЗР у ПВ може бути їх ГДК, тобто межі від 1 до 10 ГДК. Це відноситься до зони водоносного горизонту поблизу джерел забруднення та меж впливу водозабірної споруди. Вміст ЗР вищий за 10 ГДК відповідає екстремальному забрудненню, тобто 10 ГДК вибране, щоб не допустити переходу забруднення ПВ у екстремальний ступінь.

3. Тривалість надходження токсичної ЗР у ГВ під накопичувачем дорівнює сумі часу його експлуатацій періоду продовження фільтрації стічних вод після припинення експлуатації накопичувача. Емпірично встановлена ще політна фільтрація стічних вод після припинення скиду відходів до накопичувача 3-7 років (у середньому 5 років).

4. Можливості отримання інформації про фільтраційні якості порід у зоні розташування накопичувача, напряму та швидкості руху вод, потужності водоносного горизонту.

Максимально завдана концентрація токсичних ЗР у ПВ під накопичувачем, виходячи із якої знаходиться гранична концентрація токсичних ЗР у відходах в накопичувачі, визначається з урахуванням змішування стічних вод, що фільтруються, з підземними водами під накопичувачем і розповсюдження суміші забруднених природним потоком ПВ.

Приймається така спрощена схема. Накопичувач схематизується у вигляді квадрату, одна з сторін якого орієнтована за напрямком потоку ПВ. Довжина шляху, який проходять ПВ по водоносному горизонту за 1 рік, значно менша за довжину боку накопичувача, що має місце у більшості випадків, тому що швидкість фільтрації ПВ звичайно мала, тоді як

розміри накопичувачів можуть бути значними. Так, ПВ можуть фільтруватися зі швидкістю 30-150 м/рік, тоді як бік накопичувача може бути довжиною від п.100 м до 3000 м.

Стічні води, що фільтруються із накопичувача, забруднюють насамперед верхню частину водоносного горизонту, потім забруднення розповсюджується вглибину. У малопотужних забруднюється увесь горизонт, а у горизонтах значної потужності - верхня і середня частини. Тому приймається, що змішування стічних вод, що фільтруються із накопичувача у ПВ відбувається по потужності пласта, якщо він не перевищує 20 м, на 80% - при потужності 20-40 м і на 70% - при потужності більш 40 м.

При розрахунку концентрацій ЗР у ГВ не враховуються відмінності у щільності та в'язкості стічних вод і ПВ, фізико-хімічні процеси взаємодії між водами й породами, тобто схема для консервативних ЗР.

Відстань у м (X_0), яку проходять забруднені води упродовж кожного року (365 діб) вниз по потоку ГВ, можна визначати за формулою:

$$X_0 = K_f \cdot i \cdot 365 / n, \quad (2.2.1)$$

де K_f - коефіцієнт фільтрації, м/доб;

i - гідравлічний уклін;

n - пористість.

Якщо відома відстань від боку полігону до ріки (або будь - якої іншої дрени) - L , у якийрозвантажуються ГВ, то можна оцінити, через скільки років забруднення досягне річки:

$$t = L / X_0, \quad (2.2.2)$$

Відстань розповсюдження ЗР вверх по потоку приблизно можна прийняти рівною 100 м, а у бічні сторони -200 м, тобто межа розповсюдження ЗР обмежується збоку й вверх по потоку і не обмежується вниз по потоку ГВ.

Граничний вміст токсичної речовини в промислових рідких відходів в накопичувачі визначається формулою:

$$C_2 = \frac{C_{\max} (K_m \cdot m \cdot L^2 \cdot n + 0.2W) - K_m \cdot L \cdot m [X_0 \cdot C_0 + (L \cdot n - X_0)(C_{\max} - C_0)(1 - \frac{1}{T})]}{0.2W} \quad (2.2.3)$$

де C_r – граничний вміст токсичної речовини в промислових рідких відходах у накопичувачі, мг/л (мг/дм³);

C_{\max} – максимально завдана концентрація токсичної речовини у ПВ під накопичувачем (10 ГДК), мг/л (мг/дм³);

C_o – склад токсичної ЗР у ґрунтових водах в природних умовах (фоновий), мг/л (мг/дм³);

m - потужність водоносного горизонту, м;

K_m - безрозмірний коефіцієнт, який відображає процес змішування стічних та підземних вод в залежності від потужності водоносного горизонту: $K_m=1$ при $m < 20$ м, $K_m = 0,8$ при $m = 20 - 40$ м, $K_m = 0,7$ при $m > 40$ м;

L - довжина боку накопичувача, м;

n - пористість водоносних порід, безрозмірна величина;

W - річний об'єм стічних вод, скидаємих до накопичувача, м³;

$0,2W$ - річний об'єм стічних вод, що фільтруються з накопичувача, м³;

$X_o = 365K_{\phi}i$, де K_{ϕ} - коефіцієнт фільтрації водоносних порід, м/доб; i – гідравлічний уклін, безрозмірна величина;

$T = t_e + 5$ - розрахунковий час (кількість років), на кінець якого концентрація токсичної речовини у ПВ не повинна перевищувати значення C_{\max} ;

t_e - час експлуатації накопичувача (звичайно 15-20 років);

5 - середня кількість років інфільтрації стічних вод після припинення скиду рідких промислових відходів у накопичувач).

Якщо токсична забруднююча речовина стороння для природного гідрогеохімічного фону ($C_o = 0$), або вміст її у природних умовах дуже малий, то формула (2.2.3) буде мати вигляд:

$$C_r = \frac{C_{\max}(K_m \cdot m \cdot L^2 \cdot n + 0.2W) - K_m \cdot L \cdot m(L \cdot n - X_o)}{0.2W} \quad (2.2.4)$$

Необхідна інформація запозичується з проекту будівництва накопичувача (W , L , t_e), зі звітів гідрогеологічних досліджень (m , n , K_{ϕ} , i , C_o). Значення C_{\max} за величиною ГДК завдається в межах 1 - 10 ГДК, звичайно 10 ГДК.

В результаті визначається концентрація тієї чи іншої токсичної ЗР межами якої у стічних водах концентрація її у ПВ буде перевищувати 10 ГДК, тобто призведе до екстремального забруднення ПВ.

Основними цілями оцінки граничного вмісту токсичних ЗР дозволяється прийняття превентивних заходів по охороні ПВ, враховуючи умови розташування промислових об'єктів; вдосконалення способів вилучення ЗР, відхилення екологічно небезпечних проєктів.

Для визначення абсолютно допустимої маси токсичної ЗР у накопичувачі провадиться розрахунок за формулою:

$$G = C_r W / 1000, \quad (2.2.5)$$

де G - маса токсичної речовини у накопичувачі, кг;

C_r – граничний вміст токсичної речовини в промислових рідких відходах у накопичувачі, мг/л;

W - об'єм накопичувача, м³.

2.2.1 Приклад розрахунку

Розрахувати C_r та G токсичної речовини (Pb) у промислових рідких відходах у накопичувачі при наступних вихідних даних: ГДК (Pb) = 0,03 мг/дм³ (ГОСТ 2874-82); $C_{max} = 10$ ГДК = 0,3 мг/дм³; $L = 2000$ м; $W = 900000$ м³; $t_e = 20$ років; $m = 20$ м; $K_m = 1$; $n = 0,1$; $K_f = 10$ м/сут; $i = 0,003$; $C_0 = 0,001$ мг/дм³.

Величина C_r визначається за формулою (2.2.3):

$$C_r = \frac{0,3 \cdot 1 \cdot 20 \cdot 2000^2 \cdot 0,1 + 0,2 \cdot 900000 - 1 \cdot 2000 \cdot 20 \cdot (1 - 0,003 + (2000 \cdot 0,1 - 11) (0,3 - 0,001) (1 - \frac{1}{25})^1)}{0,2 \cdot 900000} = 1,5 \text{ мг / дм}^3$$

У цьому випадку гранична концентрація Pb, скинутого з рідкими відходами у накопичувач не повинна перевищувати 1,5 мг/дм³; концентрація Pb в ґрунтових водах не більше 10 ГДК (0,3 мг/дм³) при природному фоні 0,001 мг/дм³.

Маса токсичної речовини (Pb) у накопичувачі визначається за формулою (2.2.5):

$$G = 1,5 \cdot 900000 / 1000 = 1414 \text{ кг.}$$

2.2.2 Завдання для самостійної роботи

Розрахувати C_T та G токсичної речовини (Pb) у промислових рідких відходах у накопичувачі при вихідних даних згідно варіанту (табл. 2.2.2.1).

Таблиця 2.2.2.1 - Вихідні дані для самостійної роботи

№ варіанту	Довжина боку накопичувача, м	Річний об'єм стічних вод, м ³	Час експлуатації накопичувача, Роки	Потужність водоносного горизонту, м	Km	Пористість водоносних порід	Коефіцієнт фільтрації, м/доб	Гідравлічний ухил	Склад токсичної речовини, мг/дм ³
1	2000	9 10 ⁵	20	20	1	0,1	10	0,003	0,001
2	300	7 10 ⁵	15	10	1	0,2	15	0,001	0,002
3	500	10 ⁶	35	15	1	0,3	18	0,002	0,001
4	650	15 10 ⁵	30	25	0,8	0,1	10	0,004	0,015
5	430	6 10 ⁴	21	30	0,8	0,1	10	0,003	0,002
6	1000	3 10 ⁴	16	17	1	0,1	10	0,09	0,016
7	2100	1,6 10 ⁵	21	19	1	0,3	18	0,001	0,018
8	2000	1,8 10 ⁶	40	20	1	0,2	15	0,002	0,0009
9	400	8 10 ⁵	31	15	1	0,15	15	0,002	0,0008
10	600	7 10 ⁵	16	16	1	0,20	15	0,003	0,001
11	800	9 10 ⁵	10	11	1	0,22	16	0,001	0,002
12	930	2 10 ⁷	5	9	1	0,31	18	0,0009	0,005
13	750	3,5 10 ⁵	7	10	1	0,15	15	0,08	0,0008
14	680	4,8 10 ⁶	10	25	0,8	0,17	18	0,003	0,0009
15	550	5 10 ⁵	15	20	1	0,1	10	0,001	0,001
16	400	5,7 10 ⁵	6	31	0,8	0,11	10	0,003	0,002
17	1000	6,4 10 ⁶	19	20	1	0,13	12	0,003	0,0016
18	1500	5 10 ⁵	25	16	1	0,16	16	0,003	0,0018
19	900	9 10 ⁵	30	17	1	0,2	15	0,001	0,0019
20	600	7 10 ⁵	40	20	1	0,3	18	0,002	0,0013

3 ПРОГНОЗ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕНИХ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ НА ЯКІСТЬ ГРУНТОВИХ ВОД

3.1 Умови впливу забруднених атмосферних опадів на склад ґрунтових вод

Забруднення ґрунтових вод (ГВ) в умовах техногенного впливу на оточуюче природне середовище тісно пов'язане з забрудненням атмосфери, поверхневих вод та ґрунтів. У результаті забруднення атмосфери на земну поверхню випадають забруднені опади та пил.

Наближена кількісна оцінка впливу на якість ГВ забруднених атмосферними опадами може бути виконана при таких припущеннях:

1. ЗР не взаємодіють з ґрунтами і не змінюються у процесі випадення та інфільтрації. Фактично, склад атмосферних опадів змінюється в межах атмосфери після проходження крізь рослини і ґрунти, але для наближеної оцінки і з врахуванням нейтральності ЗР типу хлоридів, нітратів, фенолів та ін. по відношенню до ґрунтів таке припущення можливе.

2. Випадання атмосферних опадів з ЗР відбувається в один або два періоди протягом року. Аналіз матеріалів по різних регіонах дозволяє стверджувати, що це не має істотного значення для накопичення ЗР в ГВ.

3. Вся кількість атмосферних опадів з ЗР, що випали, досягає дзеркала (рівня) ГВ. Це припущення практично прийнятне для зон з надлишковим зволоженням і неглибоким заляганням ГВ.

Якщо привнесення цієї або іншої ЗР у ГВ обумовлене атмосферними опадами, що інфільтруються, то концентрація цієї ЗР буде порівнятися до концентрації цієї речовини у атмосферних опадах. Особливо швидко збільшується вміст у ГВ тих компонентів, які спершу в ГВ були відсутні. В зв'язку з цим під впливом атмосферного забруднення можуть накопичуватись у ґрунтових водах пестициди, хром, феноли, синтетичні поверхневоактивні речовини (СПАР) та інші, невластиві для них інгредієнти. Можливо, що з атмосферними опадами пов'язана поява у ГВ техногенних ЗР при відсутності явних джерел забруднення поверхні землі. Процес змінення якості ГВ може бути дуже тривалим (до 20-50 років і більше).

Враховуючи можливість забруднення атмосферних опадів на значній площі, обумовлене ними забруднення ГВ може носити регіональний характер (дограничне

забруднення, або початковий ступінь надграничного забруднення), хоча інтенсивність змінення якості ГВ буде значно менша, ніж при наявності наземних техногенних джерел забруднення ґрунтових вод [4].

Проведення подібних досліджень доцільне на дослідновиробничих полігонах, пристосованих до крупних промислових об'єктів, спільними зусиллями фахівців природоохоронних органів.

3.2 Принципи розрахунку змінення складу ґрунтових вод під впливом забруднюючих речовин у атмосферних опадах

При розрахунку вважається, що забруднені атмосферні опади випадають щороку після початку викиду ЗР у атмосферу: при цьому річна норма опадів і концентрація в них ЗР залишаються постійними. При розрахунку враховуються гідрогеологічні особливості горизонтів ГВ, в які інфільтруються забруднені атмосферні опади, а також швидкість руху ГВ в межах водонасичених порід.

За умови, що забруднені атмосферні опади випадають один період часу на протязі року, відзначається така залежність [4]:

$$C_1 = (m C_a + n C_b) / (m + n), \quad (3.2.1)$$

$$C_i = [m C_a + (n - t V/L) C_{i-1} + (t V/L) C_b] / (m + n) \quad (3.2.2)$$

За умови, що забруднені атмосферні опади випадають два періоди часу протягом року, то після 1-го періоду випадення опадів у 1-му році залежність має той же вигляд, що і у формулі (3.2.1) :

$$C'_1 = (m' C_a + n C_b) / (m' + n) \quad (3.2.3)$$

Після 2-го періоду випадення забруднених опадів у 1-му році кількість ЗР у ГВ (C''_1) визначається за формулою:

$$C''_1 = [m'' C_a + (n - t' V/L) C'_1 + (t' V/L) C_b] / (m'' + n) \quad (3.2.4)$$

Після 1- го періоду випадення забруднених опадів у 2- му році кількість ЗР у ГВ (C'_2) визначається за формулою:

$$C'_2 = [m' C_a + (n - t'' V/L) C_1'' + (t'' V/L) C_b] / (m' + n) \quad (3.2.5)$$

Вміст ЗР у ГВ після 2- го періоду випадення опадів у 2- му році (C_2'') визначається за формулою (3.2.4), але замість значення C_1' підставляється значення C'_2 . Аналогічно послідовно визначаються концентрації наступні роки (C'_3, C_3'', C'_4, C_4'' і т.д. до вишукуваного року).

У вищевказаних формулах:

C_1 - концентрація ЗР в ГВ у перший рік після випадення забруднених атмосферних опадів (якщо опади випадають один період часу протягом року), мг/л;

C_i - концентрація ЗР в ГВ у i - рік випадення забруднених атмосферних опадів (за умови, що опади випадають один період у рік), мг/л;

C_{i-1} - концентрація ЗР в ГВ у попередній рік ($i-1$), мг/л;

$C'_1, C'_2, C'_3 \dots$ – концентрації ЗР в ГВ після 1- го періоду випадення забруднених опадів (якщо опади випадають два періоди часу протягом року), мг/л;

$C_1'', C_2'', C_3'' \dots$ – концентрації ЗР в ГВ після 2- го періоду випадення забруднених опадів (якщо опади випадають два періоди часу протягом року), мг/л;

C_a - концентрація ЗР в атмосферних (дощових) опадах, мг/л;

C_b - концентрація ЗР у ґрунтових водах, мг/л;

n - пористість водоносних ґрунтів (порід), у частках одиниці;

V - швидкість фільтрації ГВ, м/добу;

L - довжина ділянки за напрямком природного руху ГВ, в межах якого відбувається випадення забруднених атмосферних опадів, м;

$m = r/M$ - відносна потужність шару атмосферних опадів, які інфільтруються до рівня ГВ;

r - шари атмосферних опадів, що просочилися до рівня ГВ ($r = 0,001 h K_{ин}$), де h - річна норма атмосферних опадів у мм, а $K_{ин}$ - коефіцієнт інфільтрації атмосферних опадів (< 1);

M - середня "товщина" горизонту ГВ, м;

m' - відносна потужність шару забруднених атмосферних опадів, що просочилися, у перший період їх випадення;

m'' - відносна потужність шару забруднених атмосферних опадів, що просочилися, у другий період їх випадення;

t - період від кінця попереднього випадення опадів до початку наступного їх випадення (опадів з ЗР випадають один раз на рік), діб;

t' - час від кінця першого періоду випадення опадів в році до початку другого періоду випадення опадів цього ж року (опадів випадають два періоди часу), діб;

t'' - час від кінця другого періоду випадення опадів в році до початку першого періоду випадення опадів наступного року (опадів випадають два періоди часу), діб;

3.2.1 Приклад розрахунку

Варіант 1. Забруднені атмосферні (дощові) опадів випадають один період у рік. Вихідні дані для розрахунку такі: $L = 10\ 000$ м; $V = 0,01$ м/сутки; $M = 10$ м; $n = 0,1$; $C_a = 0,5$ мг/л; $C_b = 0$; $m = 0,2, 0,02$ та $0,002$; $t = 330$ діб. Необхідно розрахувати концентрацію ЗР у ГВ протягом 7 років після випадення забруднених атмосферних опадів.

За формулою (3.2.1) визначається концентрація ЗР в ГВ у перший рік після випадення опадів - C_1 . Одержане значення C_1 підставляється до формули (3.2.2) замість C_{i-1} й знаходиться концентрація ЗР у другий рік після випадення забруднених опадів (C_2); потім за значенням C_2 знаходиться концентрація ЗР у ГВ на третій рік після випадення забруднених опадів (C_3) і т.д. до шуканого сьомого року.

Результати розрахунків подати за формою таблиці 3.2.1.1.

Таблиця 3.2.1.1 - Результати розрахунку змінення концентрації забруднюючої речовини у ґрунтових водах під впливом забруднених атмосферних опадів

Порядковий номер року (концентрація ЗР у ГВ)	При $m = 0,2$ C_i у мг/л	при $m = 0,02$ C_i у мг/л	при $m = 0,002$ C_i у мг/л
1 (C_1)	0,330	0,083	0,009
2 (C_2)	0,440	0,152	0,019
3 (C_3)	0,480	0,210	0,028
4 (C_4)	0,493	0,258	0,038
5 (C_5)	0,497	0,297	0,047
6 (C_6)	0,498	0,330	0,055
7 (C_7)	0,498	0,358	0,064

Варіант 2. Забруднені атмосферні (дошові) опади випадають два періоди на рік (початок першого періоду випадення опадів 1 квітня, їх тривалість 10 діб; початок другого періоду випадення опадів 1 жовтня, їх тривалість 20 діб. Вихідні дані для прорахунків такі: $M = 10$ м; $n = 0,1$; $C_a = 0,5$ мг/л; $C_b = 0$; $t' = 173$ доб., $t'' = 162$ доб., $m' = 0,07$; $m'' = 0,13$; $m = m' + m'' = 0,2$. Необхідно розрахувати концентрацію ЗР в ГВ протягом 7 років після випадення забруднених атмосферних опадів.

За формулою (3.2.3) визначається концентрація ЗР в ГВ у 1- й період часу після випадення опадів у першому році (C'_1), потім за формулою (3.2.4) у 2- му періоді першого року (C''_1), далі за формулою (3.2.5) у 1- му періоді другого року (C'_2) і т.д. до сьомого року.

Таблиця 3.2.1.2 - Результати розрахунку змінення концентрації забруднюючої речовини у ґрунтових водах під впливом забруднених атмосферних опадів

Порядковий номер року	при $m' = 0,07$ C'_i , мг/л	При $m'' = 0,13$ C''_i , мг/л
1	0,2 (C'_1)	0,37 (C''_1)
2	0,42 (C'_2)	0,46 (C''_2)
3	0,48 (C'_3)	0,49 (C''_3)
4	0,494 (C'_4)	0,497 (C''_4)
5	0,4978 (C'_5)	0,498 (C''_5)
6	0,4987 (C'_6)	0,499 (C''_6)
7	0,499 (C'_7)	0,4991 (C''_7)

Результати розрахунків, що подані у таблицях, дозволяють зробити деякі висновки щодо впливу забруднених опадів на якість ГВ. Так, при великій кількості й значній інфільтрації забруднених атмосферних опадів ($m = 0,2$ або $m > 0,2$) концентрація ЗР в ГВ швидко досягає її вмісту у атмосферних опадах. Так, при значенні $m = 0,2$ вже на сьомий рік після випадення забруднених опадів кон-центрація ЗР в ГВ і атмосферних опадах практично однакова, тобто ГВ практично перенасичені ЗР, що інфільтруються разом з атмосферними опадами за порівняно невеликий відрізок часу. Зі зменшенням частки забруднених атмосферних опадів, що інфільтруються ($m = 0,02$), концентрація ЗР в ГВ через 7 років досягає лише 0,358 мг/л, а при ще меншій частці забруднених атмосферних опадів, що інфільтруються ($m = 0,002$), концентрація ЗР в ГВ через 7 років досягає всього 0,064 мг/л.

Накопичення ЗР в ГВ практично не залежить від того, випадає річна норма за один чи два періоди з дощами на протязі року. Кон-центрація ЗР в ГВ після другого періоду випадення опадів в році власне така ж, як і у випадку випадення річної суми опадів за один період часу.

Якщо привнесення тієї або іншої ЗР в ГВ обумовлене атмосферними опадами, то концентрація цієї речовини у ГВ буде прямувати до концентрації у атмосферних опадах. Тому під впливом забруднених атмосферних опадів при їх постійному випаданні у ГВ накопичуються невластиві їм речовини (СПАР, отрутохімікати, феноли та ін.).

3.2.2 Завдання для самостійної роботи

Варіант 1. Забруднені атмосферні (дошові) опади випадають один період у рік. Вихідні дані для розрахунку знаходяться у таблиці 3.2.2.1. Необхідно розрахувати концентрацію ЗР у ГВ протягом 7 років після випадення забруднених атмосферних опадів.

Результати розрахунків подати у вигляді таблиці 3.2.1.1

Варіант 2. Забруднені атмосферні (дошові) опади випадають два періоди на рік (початок першого періоду випадення опадів 1 квітня, їх тривалість 10 діб; початок другого періоду випадення опадів 1 жовтня, їх тривалість 20 діб. За допомогою вихідних даних (табл. 3.2.2.2) розрахувати концентрацію ЗР в ГВ протягом 7 років після випадення забруднених атмосферних опадів.

Результати розрахунків подати у вигляді таблиці (3.2.2.2).

Таблиця 3.2.2.1 - Вихідні дані для самостійної роботи

N варіанту	Довжина ділянки руху ГВ, м	Швидкість фільтрації ГВ, м/доб	M	Пористість водоносних грунтів	Концентрація ЗР у атмосферних опадах, мг/л	Концентрація ЗР у ГВ, мг/л	Відносна потужність шару опадів	Період без дощу, діб
1	10000	0,01	10	0,1	0,5	0	0,2 0,02 0,002	330
2	90000	0,02	11	0,2	0,6	0,2	0,3 0,03 0,003	345
3	6000	0,05	20	0,3	0,5	0,1	0,1 0,01 0,001	351
4	11000	0,01	19	0,6	0,4	0	0,4 0,04 0,004	345
5	13000	0,04	18	0,3	0,9	0,4	0,2 0,02 0,002	321
6	20000	0,02	17	0,2	0,6	0,1	0,3 0,03 0,003	300
7	15000	0,03	16	0,5	0,7	0,3	0,2 0,02 0,002	328
8	17000	0,05	15	0,4	0,4	0	0,1 0,01 0,001	318

Продовження таблиці 3.2.2.1.

N варіанту	Довжина ділянки руху ГВ, м	Швидкість фільтрації ГВ, м/доб	M	Пористість водоносних грунтів	Концентрація ЗР у атмосферних опадах, мг/л	Концентрація ЗР у ГВ, мг/л	Відносна потужність шару опадів	Період без дощу, дів
9	10000	0,05	16	0,2	0,3	0	0,3 0,03 0,003	328
10	5000	0,04	18	0,1	0,6	0,1	0,2 0,02 0,002	324
11	7000	0,03	10	0,1	0,7	0,3	0,1 0,01 0,001	340
12	8000	0,03	12	0,2	0,5	0,1	0,3 0,03 0,003	320
13	15000	0,01	13	0,4	0,4	0	0,1 0,01 0,001	310
14	20000	0,015	11	0,3	0,5	0,2	0,2 0,02 0,002	300
15	11000	0,02	17	0,3	0,8	0,4	0,5 0,05 0,005	330
16	10000	0,025	20	0,2	0,4	0	0,4 0,04 0,004	350

Продовження таблиці 3.2.2.1.

N варіанту	Довжина ділянки руху ГВ, м	Швидкість фільтрації ГВ, м/доб	M	Пористість водоносних грунтів	Концентрація ЗР у атмосферних опадах, мг/л	Концентрація ЗР у ГВ, мг/л	Відносна потужність шару опадів	Період без дощу, дів
17	17000	0,018	16	0,1	0,6	0,1	0,2 0,02 0,002	320
18	21000	0,019	15	0,3	0,5	0,3	0,1 0,01 0,001	321
19	6000	0,02	11	0,4	0,4	0,1	0,2 0,02 0,002	298
20	7000	0,022	20	0,1	0,7	0,2	0,1 0,01 0,001	289

Таблиця 3.2.2.2 - Вихідні дані для самостійної роботи

N варіанту	Середня "товщина" горизонту ГВ, м	Пористість водоносних грунтів	Концентрація ЗР в атмосферних опадах, мг/л	Концентрація ЗР у ґрунтових водах, мг/л	Перший бездощовий період, діб	Другий бездощовий період, Діб	Відносна потужність шару забруднених опадів за перший період	Відносна потужність шару забруднених опадів за другий період
1	10	0,1	0,5	0	173	162	0,07	0,13
2	15	0,1	0,4	0	165	171	0,07	0,14
3	11	0,1	0,5	0	170	164	0,08	0,12
4	14	0,2	0,6	0,1	173	166	0,07	0,14
5	17	0,2	0,3	0	179	165	0,08	0,13
6	10	0,3	0,7	0,1	169	168	0,07	0,12
7	14	0,2	0,8	0,2	176	160	0,05	0,15
8	13	0,2	0,6	0	171	165	0,06	0,14
9	11	0,1	0,5	0,1	174	163	0,08	0,13
10	12	0,1	0,7	0,1	172	169	0,08	0,12
11	15	0,4	0,5	0	175	162	0,07	0,13
12	16	0,2	0,5	0	171	165	0,06	0,15
13	13	0,2	0,6	0,1	169	170	0,05	0,015
14	10	0,3	0,4	0	169	165	0,07	0,14
15	10	0,5	0,8	0,2	175	164	0,08	0,011
16	14	0,1	0,7	0,2	172	165	0,06	0,15
17	16	0,1	0,6	0	179	160	0,06	0,14
18	12	0,3	0,5	0	174	159	0,07	0,12
19	11	0,2	0,7	0,1	178	158	0,07	0,13
20	10	0,1	0,8	0,3	165	174	0,08	0,15

4 ОЦІНКА СТУПЕНЯ ЗАХИЩЕНОСТІ ГРУНТОВИХ ВОД ВІД АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ

При різних видах антропогенної діяльності відбувається забруднення вод зони аерації (води родючого ґрунту й верховодка) та підґрунтових вод (ґрунтових вод - ГВ). У зв'язку з цим при проектуванні різних інженерних споруд виникає необхідність прогнозування їх можливого впливу на природний стан ГВ, що багато у чому визначається ступенем їх ізольованості від донної поверхні.

4.1 Кількісна оцінка захищеності ґрунтових вод

В основу кількісної оцінки захищеності ГВ від забруднення фільтратом покладене визначення часу (t), за який забруднена вода, що фільтрується з поверхні землі (днища полігону), досягає рівня ГВ. Наближена оцінка величини t може бути виконана за відомою формулою Цункера, яку у спрощеному вигляді для умов однорідного розрізу записують у такому вигляді:

$$t = (s H / K_{\phi}) [m / H - \ln (1 + m / H)], \quad (4.1.1)$$

де H - висота стовпа забруднених (стічних) вод у межах полігону, м;

K_{ϕ} - коефіцієнт фільтрації порід зони аерації, м/доб.т;

m - потужність порід зони аерації, м;

s – нестача насичення порід зони аерації ($s = n - n_e$, де n - пористість, n_e - початкова вологість порід зони аерації; оскільки n_e звичайно не відома, то при розрахунку замість неї можна використати значення n , тобто формулу (4.1.1) можна записати у вигляді:

$$t = (n H / K_{\phi}) [m / H - \ln (1 + m / H)], \quad (4.1.2)$$

Розрахунки за формулами (4.1.1) та (4.1.2) показують, що час проникнення стоків до ґрунтових вод істотно залежить від значення K_{ϕ} , але цілкому цей час невеликий. Так, при K_{ϕ}

більше 0,5 м/доб. час руху стоків не перевищує декількох діб навіть при відносно великій потужності зони аерації ($m > 10$ м); при K_f менше 0,5 м/доб. час фільтрації збільшується до декількох діб; при K_f менше 0,01 м/доб. і m більше 20 м - час фільтрації досягає перших сотен діб.

При двошаровій будові зони аерації з малопроникним верхнім шаром (водоупором) час інфільтрації стоків (фільтрату) до рівня ГВ складається із часу руху у верхньому (t_1) та нижньому (t_2) шарах. Час t_1 визначається за формулами (4.1.1) та (4.1.2) підстановкою в них параметрів K_1 , m_1 для верхнього шару, а час t_2 визначається за формулою [4]:

$$t = n_2 H / K_{f2} \{ m_2 / H - [1 - m_1 / H (K_{f2} / K_{f1} - 1)] \ln (1 + m_2 / H + m_1) \}, \quad (4.1.3)$$

де n_2 , m_2 , K_2 - відповідно пористість, потужність і коефіцієнт фільтрації нижнього відносно добре проникного шару.

Аналіз показав, що при K_1 / K_2 менше за 0,1 часу руху стоків у двошаровому розрізі, в основному визначається часом руху через верхній, слабкопроникний (водоупорний) шар. Тому для наближеної оцінки часу руху стоків крізь двошаровий розріз можна обмежитись визначенням за формулами (4.1.1) і (4.1.2) часу руху стоків крізь слабкопроникний шар шляхом підстановки у ці формули параметрів водоупорного шару. У випадку неоднорідності будови відкладень зони аерації можливий другий наближений підхід: приведення неоднорідного розрізу до однорідного з середнім коефіцієнтом фільтрації, запропоноване Бочетвером [14,15,16]:

$$K_{cp} = m / (m_1 / K_{f1} + m_2 / K_{f2} + \dots + m_i / K_{fi}), \quad (4.1.4)$$

де - m_1, m_2, \dots, m_i - потужності окремих шарів, м;

$K_{f1}, K_{f2}, \dots, K_{fi}$ - коефіцієнти фільтрації цих же шарів, м/доб.;

m - потужність зони аерації, м.

При фільтрації з поверхні землі стічних вод, що скидаються з постійною витратою Q у приймач площею F , можуть бути два випадки. Якщо $q < K_f$, де K_f - коефіцієнт фільтрації порід зони аерації у випадку однорідного розрізу, $q = Q / F$, то стічні води, які потрапляють на поверхню землі (днище полігону) повністю підуть на інфільтрацію, не утворивши на поверхні стовпа води ($H = 0$). В такому випадку час досягнення стічними водами рівня ГВ може бути визначений за формулою:

$$t = m \cdot n \sqrt{q^2 \cdot K_{\phi}} \quad (4.1.5)$$

Якщо ж $q > K_{\phi}$, то на поверхні землі утворюється стовп стічних вод, що змінюється у часі $H = f(t)$, і час фільтрації до рівня ГВ може бути визначений за формулою

$$t = \frac{m}{\frac{(1 - n)K_{\phi}}{2n} + \sqrt{\frac{(1 - n)^2 K_{\phi}^2}{4n^2 + \frac{qK}{n}}}} \quad (4.1.6)$$

Якщо розріз неоднорідний і складається із декількох шарів з різними фільтраційними властивостями, то час фільтрації можна оцінити таким чином. Якщо K_{ϕ} кожного шару більший q , то неоднорідний розріз приводиться до однорідного за допомогою формули (4.1.4) й розрахунок величини t виконується за формулою (4.1.5) при підстановці в неї замість K_{ϕ} значення $K_{\phi}(ср)$. Так саме чинять, якщо K_{ϕ} кожного шару менший q , але тільки у цьому випадку величину t розраховують за формулою (4.1.6). Нарешті, якщо для одних шарів $K_{\phi} > q$, а для інших $K_{\phi} < q$, то величина t визначається для кожного шару: для шарів з $K_{\phi} > q$ за формулою (4.1.5), а для шарів з $K_{\phi} < q$ за формулою (4.1.6), і далі одержані значення підсумовуються [4].

Для розрахунку часу фільтрації за формулами (4.1.5) і (4.1.6) як розрахункове значення q приймається 0,03 м/доб. За даними [4] скид стічних вод складає: на комунальні поля зрошення 10-30, на землеробські поля зрошення не більше 5-20 і на поля фільтрації 100-300 м³/(га.доб.). У відповідності з цими даними, приймаючи $Q = 300$ м³/доб, $F = 1$ га = 10 000 м², маємо $q = 0,03$ м/доб.

За часом досягнення рівня ГВ виділяються такі категорії захищеності ґрунтових вод: I - $t < 10$, II - $t = 10 - 50$, III - $t = 50 - 100$, IV - $t = 100 - 200$, V - $t = 200 - 400$ и VI - $t > 400$ діб. Чим вища категорія, тим краще природна захищеність ГВ від техногенного забруднення.

4.1.1 Приклад кількісної оцінки ступеня захищеності ґрунтових вод

Варіант 1. Джерелом забруднення є накопичувач рідких відходів металургійного підприємства. Висота стовпу промислових стоків у накопичувачі (Н) складає 1,5 м. Породи зони аерації мають наступні усереднені характеристики: потужність (m) -15 м; пористість (n) -17 %, коефіцієнт фільтрації (K_{ϕ}) - 0,012 м/доб. Для кількісної оцінки часу фільтрації з накопичувача рідких відходів може бути використана формула (4.1.2):

$$t = (n H / K_{\phi}) [m / H - \ln (1 + m / H)] = (0,17 \times 1,5 / 0,012) [15 / 1,5 - \ln (1 + 15 / 1,5)] = 162 \text{ доби.}$$

Таке значення t відповідає достатньо високому ступеню (IV категорії) захищеності ґрунтових вод, що дозволяє припускати низький негативний вплив стічних вод, накопичених в приймальнику рідких відходів.

Варіант 2. Стічні води скидаються на поверхню землі та практично націло витрачаються на інфільтрацію, не утворюючи стовпу рідини. В цьому випадку розрахунок часу досягнення рівня ґрунтових вод визначається формулою (4.1.5):

$$t = m \cdot n \sqrt[3]{\alpha^2 \cdot K_{\phi}} = 17 \cdot 0,21 \cdot \sqrt[3]{0,03^2 \cdot 0,014} = 155,2 \text{ діб}$$

Таке значення t також відповідає достатньо високому ступеню (IV категорії) захищеності ґрунтових вод, що дозволяє припускати низький негативний вплив стічних вод, накопичених у приймальнику рідких відходів.

4.1.2 Завдання для самостійної роботи

Варіант 1. Дати кількісну оцінку часу фільтрації з накопичувача рідких відходів металургійного підприємства, використавши вихідні дані (табл. 4.1.2.1.).

Таблиця 4.1.2.1 - Вихідні дані для самостійної роботи

N варіанту	Висота стовпу промислових стоків у накопичувачі, м	Потужність горизонту, М	Пористість зони аерації, %	Коефіцієнт фільтрації, м/доб
1	1,5	2	17	0,012
2	2,0	1	16	0,010
3	1,6	2	17	0,011
4	1,7	1	15	0,012
5	1,2	2	16	0,013
6	1,8	1	16	0,012
7	1,9	2	15	0,011
8	1,5	2	15	0,013
9	1,8	1	18	0,012
10	1,3	2	17	0,012
11	1,5	3	16	0,013
12	1,8	2	15	0,013
13	1,4	1	18	0,014
14	1,7	2	14	0,012
15	1,8	1	15	0,012
16	1,5	1	16	0,012
17	1,7	1	17	0,011
18	1,9	1	14	0,011
19	2,0	1	16	0,012
20	1,5	1	15	0,013

Таблиця 4.1.2.2.

N варіанту	N п.ч	Літологічний склад зони аерації	Потужність, м	Коефіцієнт фільтрації, м/доб	Пористість, в частках од.
1	1	Пісок мілкозернистий	0-3	0,009	0,27
	2	Супісь	3-5	0,1	0,40
	3	Суглинок легкий	5-9	0,005	0,25
	4	Пісок мілкозернистий	9-12	1,1	0,40
	5	Суглинок легкий	12-14	0,004	0,25
	6	Супісь	14-15	0,15	0,42
	7	Пісок середньозернистий	15-17	2,5	0,45
2	1	Пісок мілкозернистий	0 - 2	1,5	0,45
	2	Супісь	2 – 5	0,1	0,40
	3	Суглинок легкий	5 – 8	0,005	0,25
	4	Пісок мілкозернистий	8 – 11	1,1	0,40
	5	Суглинок легкий	11-14	0,004	0,25
	6	Супісь	14-15	0,15	0,42
	7	Пісок середньозернистий	15-16	6,5	0,48

Продовження таблиці 4.1.2.2.

№ варіанту	№ п.ч	Літологічний склад зони аерації	Потужність, м	Коефіцієнт фільтрації, м/доб	Пористість, в частках од.
3	1	Пісок мілкозернистий	0 - 3	0,09	0,30
	2	Супісь	3 - 6	0,01	0,35
	3	Суглинок легкий	6 - 10	0,005	0,20
	4	Пісок мілкозернистий	10 - 12	1,0	0,45
	5	Суглинок легкий	12 - 14	0,004	0,25
	6	Супісь	14 - 15	0,16	0,42
	7	Пісок середньозернистий	15 - 17	2,7	0,45
4	1	Пісок мілкозернистий	0 - 3	0,009	0,25
	2	Супісь	3 - 5	0,2	0,30
	3	Суглинок легкий	5 - 7	0,005	0,25
	4	Пісок мілкозернистий	7 - 10	1,2	0,45
	5	Суглинок легкий	10 - 13	0,004	0,28
	6	Супісь	13 - 14	0,17	0,45
	7	Пісок середньозернистий	14 - 15	4,5	0,48
5	1	Пісок мілкозернистий	0 - 3	0,019	0,27
	2	Супісь	3 - 4	0,09	0,40
	3	Суглинок легкий	4 - 8	0,005	0,25
	4	Пісок мілкозернистий	8 - 10	1,0	0,40
	5	Суглинок легкий	10 - 12	0,004	0,25
	6	Супісь	12 - 14	0,15	0,42
	7	Пісок середньозернистий	14 - 16	2,5	0,45
6	1	Пісок мілкозернистий	0 - 3	0,008	0,30
	2	Супісь	3 - 6	0,1	0,45
	3	Суглинок легкий	6 - 8	0,005	0,27
	4	Пісок мілкозернистий	8 - 12	1,3	0,40
	5	Суглинок легкий	12 - 14	0,004	0,25
	6	Супісь	14 - 16	0,17	0,43
	7	Пісок середньозернистий	16 - 17	2,0	0,46
7	1	Пісок мілкозернистий	0 - 3	0,007	0,25
	2	Супісь	3 - 4	0,09	0,42
	3	Суглинок легкий	4 - 7	0,005	0,25
	4	Пісок мілкозернистий	7 - 10	1,1	0,46
	5	Суглинок легкий	10 - 13	0,004	0,24
	6	Супісь	13 - 15	0,14	0,45
	7	Пісок середньозернистий	15 - 17	2,7	0,48
8	1	Пісок мілкозернистий	0 - 3	0,01	0,28
	2	Супісь	3 - 5	0,16	0,43
	3	Суглинок легкий	5 - 9	0,006	0,27
	4	Пісок мілкозернистий	9 - 12	1,13	0,42
	5	Суглинок легкий	12 - 14	0,004	0,25
	6	Супісь	14 - 15	0,15	0,45
	7	Пісок середньозернистий	15 - 17	2,5	0,46

Продовження таблиці 4.1.2.2.

№ варіанту	№ п.ч	Літологічний склад зони аерації	Потужність, м	Коефіцієнт фільтрації, м/доб	Пористість, в частках од.
9	1	Пісок мілкозернистий	0 - 3	0,009	0,27
	2	Супісь	3 - 6	0,1	0,45
	3	Суглинок легкий	6 - 9	0,004	0,25
	4	Пісок мілкозернистий	9 - 11	1,1	0,30
	5	Суглинок легкий	11 - 12	0,003	0,23
	6	Супісь	12 - 15	0,15	0,40
	7	Пісок середньозернистий	15 - 16	2,5	0,45
10	1	Пісок мілкозернистий	0 - 2	0,009	0,25
	2	Супісь	2 - 4	0,11	0,42
	3	Суглинок легкий	4 - 6	0,006	0,25
	4	Пісок мілкозернистий	6 - 9	1,2	0,40
	5	Суглинок легкий	9 - 12	0,004	0,25
	6	Супісь	12 - 15	0,15	0,43
	7	Пісок середньозернистий	15 - 17	2,5	0,44
11	1	Пісок мілкозернистий	0 - 3	0,008	0,27
	2	Супісь	3 - 4	0,3	0,42
	3	Суглинок легкий	4 - 8	0,004	0,26
	4	Пісок мілкозернистий	8 - 11	1,2	0,38
	5	Суглинок легкий	11 - 12	0,004	0,27
	6	Супісь	12 - 13	0,15	0,43
	7	Пісок середньозернистий	13 - 16	2,5	0,45
12	1	Пісок мілкозернистий	0 - 3	0,008	0,29
	2	Супісь	3 - 6	0,12	0,42
	3	Суглинок легкий	6 - 7	0,005	0,22
	4	Пісок мілкозернистий	7 - 11	1,12	0,40
	5	Суглинок легкий	11 - 13	0,004	0,25
	6	Супісь	13 - 15	0,14	0,45
	7	Пісок середньозернистий	15 - 17	3,5	0,48
13	1	Пісок мілкозернистий	0 - 3	0,009	0,20
	2	Супісь	3 - 5	0,11	0,42
	3	Суглинок легкий	5 - 7	0,006	0,22
	4	Пісок мілкозернистий	7 - 10	1,2	0,40
	5	Суглинок легкий	10 - 12	0,004	0,25
	6	Супісь	12 - 13	0,13	0,42
	7	Пісок середньозернистий	13 - 14	2,0	0,45
14	1	Пісок мілкозернистий	0 - 3	0,008	0,25
	2	Супісь	3 - 5	0,11	0,40
	3	Суглинок легкий	5 - 9	0,004	0,27
	4	Пісок мілкозернистий	9 - 12	1,12	0,40
	5	Суглинок легкий	12 - 14	0,003	0,30
	6	Супісь	14 - 15	0,13	0,43
	7	Пісок середньозернистий	15 - 17	2,8	0,47

Продовження таблиці 4.1.2.2.

№ варіанту	№ п.ч	Літологічний склад зони аерації	Потужність, м	Коефіцієнт фільтрації, м/доб	Пористість, в частках од.
15	1	Пісок мілкозернистий	0 – 2	0,009	0,25
	2	Супісь	2 – 4	0,12	0,35
	3	Суглинок легкий	4 – 8	0,005	0,28
	4	Пісок мілкозернистий	8 - 12	1,11	0,40
	5	Суглинок легкий	12 - 14	0,006	0,25
	6	Супісь	14 – 16	0,20	0,40
	7	Пісок середньозернистий	16 - 17	2,5	0,47
16	1	Пісок мілкозернистий	0 - 3	0,009	0,25
	2	Супісь	3 - 5	0,11	0,40
	3	Суглинок легкий	5 – 7	0,004	0,35
	4	Пісок мілкозернистий	7 - 11	1,1	0,42
	5	Суглинок легкий	11 - 14	0,005	0,25
	6	Супісь	14 – 16	0,16	0,42
	7	Пісок середньозернистий	16 - 17	2,5	0,48
17	1	Пісок мілкозернистий	0 - 3	0,008	0,27
	2	Супісь	3 - 5	0,1	0,40
	3	Суглинок легкий	5 – 8	0,005	0,25
	4	Пісок мілкозернистий	9 – 10	1,0	0,40
	5	Суглинок легкий	10 - 14	0,004	0,25
	6	Супісь	14 - 15	0,10	0,42
	7	Пісок середньозернистий	15 - 16	3,5	0,45
18	1	Пісок мілкозернистий	0 - 3	0,009	0,23
	2	Супісь	3 - 5	0,1	0,43
	3	Суглинок легкий	5 - 9	0,005	0,24
	4	Пісок мілкозернистий	9 - 12	1,1	0,38
	5	Суглинок легкий	12 - 14	0,004	0,26
	6	Супісь	14 - 15	0,15	0,46
	7	Пісок середньозернистий	15 - 17	2,5	0,47
19	1	Пісок мілкозернистий	0 – 2	0,009	0,27
	2	Супісь	2 - 5	0,1	0,40
	3	Суглинок легкий	5 - 9	0,005	0,25
	4	Пісок мілкозернистий	9 – 11	1,1	0,40
	5	Суглинок легкий	11 - 14	0,004	0,25
	6	Супісь	14 - 15	0,15	0,42
	7	Пісок середньозернистий	15 – 16	2,5	0,45
20	1	Пісок мілкозернистий	0 - 3	0,01	0,25
	2	Супісь	3 - 5	0,11	0,40
	3	Суглинок легкий	5 – 7	0,005	0,25
	4	Пісок мілкозернистий	7 – 11	1,11	0,40
	5	Суглинок легкий	11 – 13	0,004	0,27
	6	Супісь	13 – 14	0,16	0,42
	7	Пісок середньозернистий	14 - 15	2,9	0,48

Варіант 2. Дати кількісну оцінку часу фільтрації з накопичувача рідких відходів металургійного підприємства, у якому стічні води скидаються на поверхню землі та практично націло витрачаються на інфільтрацію, не утворюючи стовпу рідини, використовуючи визхідні дані (табл. 4.1.2.1).

Для обох варіантів завдання визначити до якої категорії належить розраховане значення t .

4.2 Якісна оцінка захищеності ґрунтових вод

Якісна оцінка природних ґрунтових вод дається за такими показниками:

- 1) глибина залягання ґрунтових або потужність зони аерації;
- 2) будова й літологічні особливості порід зони аерації;
- 3) потужності слабкопроникнених порід у розрізі зони аерації;
- 4) фільтраційні властивості порід зони аерації і перш за все слабкопроникнених різностей [4].

Найменше захищеними є ґрунтові води в умовах, коли зона аерації представлена добре проникненими відкладеннями і у їх розрізі відсутні слабкопроникнені літологічні різності. Збільшення глибини залягання ГВ хоча й покращує їх захищеність, але вплив цього фактору менше істотний, ніж наявність водоупорних порід у розрізі зони аерації.

Якісна оцінка природної захищеності ґрунтових вод може бути виконана на основі визначення категорій захищеності ґрунтових вод I, II, III, IV, V, VI) у балах. Більш високим категоріям відповідає більша сума балів - сумарний показник захищеності ґрунтових вод.

Як вихідна одиниця для оцінки балів прийняте визначення за формулою (4.1.2) часу фільтрації t_1 крізь зону аерації, складену з добре проникнених порід ($K_f = 2$ м/доб) потужністю 10 м. Час фільтрації t_2 крізь зону аерації потужністю 20 м, яка складена такими породами, приблизно вдвоє більший ($t_2 = 2t_1$); крізь зону аерації потужністю 30 м - утворює більший ($t_3 = 3t_1$), тощо.

Звичайно зона аерації (глибина залягання ГВ) коливається від 3 до 30 м, рідко перевищуючи 40-50 м. Тому виділяються 5 градацій глибин залягання: до 10, 10-20, 20-30, 30-40, більш як 40 м. Першій градації з мінімальною (до 10 м) глибиною залягання рівня ґрунтових вод, час фільтрації для якої дорівнює t_1 , відповідає 1 бал; другий - 2 бали, третій - 3 бали, четвертій - 4 бали, п'ятій (більш як 40 м) - 5 балів (табл. 4. 2.1).

Таблиця 4.2.1- Градації глибин залягання рівней ґрунтових вод та кількість балів, яка їм відповідає

Номер градації	1	2	3	4	5
Глибина, м	< 10	10-20	20-30	30-40	> 40

Потужність слабопроникливих порід зони аерації поділяється на 11 градацій (до 2, 2 - 4, 4 - 6 ... понад 20 м), а серед них за літологічними та фільтраційними особливостями виділяються 3 групи: **а** - супіски, легкі суглинки з $K_f = 0,1-0,01$ м/доб.; **с** - важкі суглинки й глини з K_f менш 0,001 м/доб; **в** - проміжна між **а** та **с** - суміш порід з значеннями $K_f 0,01 - 0,001$ м/доб (табл.4. 2.2).

Таблиця 4.2.2 - Градації потужностей слабопроникливих порід зони аерації та кількість балів, яка їм відповідає

Номер градації	Потужність відкладень, м	Група відкладень		
		а	в	с
1	< 2	1	1	2
2	2 – 4	2	3	4
3	4 – 6	3	4	6
4	6 – 8	4	6	8
5	8 – 10	5	7	10
6	10 – 12	6	9	12
7	12 – 14	7	10	14
8	14 – 16	8	12	16
9	16 – 18	9	13	18
10	18 – 20	10	15	20
11	> 20	12	18	25

Примітка: а – супіски, легкі суглинки; с – важкі суглинки, глини; в – суміш порід груп а та с.

Сума балів, що залежить від градації глибин, залягання ґрунтових вод, потужності слабопроникливих порід та їх літології, визначають захищеністю ГВ, яку виражено показником захищеності (ПЗ). За значенням ПЗ виділяється 6 категорій захищеності ґрунтових вод (табл. 4. 2.3).

Таблиця 4.2.3 - Категорії захищеності ґрунтових вод (за ПЗ)

Категорії захищеності	I	II	III	IV	V	VI
Показник захищеності (за ПЗ)	< 5	5 – 10	10 - 15	15 – 20	20 - 25	> 25

4.2.1 Приклад якісної оцінки ступеня захищеності ґрунтових вод

В межах ділянки зона аерації представлена легкими суглинками (середня потужність 3,5 м) та супісками (2,5 м), а водоносний горизонт (середні потужності 5 м) складений крупно-зернистими пісками. Мінімальна глибина залягання рівня ГВ відзначає для грудня-лютого (час випадення мінімальної кількості опадів) і складає у середньому 6,5 метра.

Згідно з таблицею 4.2.1 глибина залягання ГВ відповідає першій градації (< 10 м), тобто відповідає 1 балу. По літологічним особливостям зони аерації (група **а** - табл. 4.2.2) набирає ще 4 бали. Отже, сума складає 5 балів, що відповідає значенню ПЗ відповідному I категорії захищеності (табл. 4.2.3). Така низька природна захищеність дозволяє припускати можливість інтенсивного техногенного впливу на ГВ, залягаючих в умовах ділянки, що розглядається.

4.2.2. Завдання для самостійної роботи

Зробити якісну оцінку ступеня захищеності ґрунтових вод за варіантом (табл. 4.1.2.2).

5 ОЦІНКА І ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННОСТІ ГРУНТОВИХ ВОД ТА ГРУНТОВИХ МАСИВІВ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗРАХУНКОВИХ МОДЕЛЕЙ МАСОПЕРЕНОСУ

Інтенсифікація господарчої діяльності людини все більше загострює проблему оцінки сучасного стану та прогнозу змін геологічного середовища під впливом різних техногенних факторів і, в тому числі, хімічного забруднення. Промислові стоки і витіки розчинів із комунікацій хімічних підприємств та інших об'єктів, а також широке використання різних засобів технічної меліорації можуть значною мірою розглядатися як фактори ризику забруднення оточуючого середовища.

В практиці еколого-геологічних досліджень широко використовуються методи оцінки і прогнозування геохімічного забруднення, побудовані на підставі часткових рішень рівнянь математичної фізики, що описують процеси тепло-масопереносу [17]. При цьому, основні параметри процесів тепло-масопереносу визначають на підставі проведення спеціальних лабораторних вимірювань, або розрахунковим способом за допомогою кореляційно-регресійного аналізу залежності цих параметрів від інших, для вимірювання яких немає потреби проводити тривалі і коштовні лабораторні дослідження.

5.1 Оцінка захищеності ґрунтових вод від забруднення за допомогою розрахункових моделей масопереносу

В теперішній час у світовій практиці використовується декілька методичних підходів до оцінки захищеності підземних вод від забруднення. Наприклад в США прийнято методика, розроблену National Ground Water Association (A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential). Ця методика призначена для бальної оцінки перш за все великих територій, які сильно відрізняються за своїми геологічними умовами, і, як показує аналіз, вона непридатна для територій з однотипною будовою. В країнах СНД прийнято використовувати методика бальної оцінки, яку розроблено ВСЕГІНГЕО. Оцінка захищеності підземних вод територій виконується окремо для глибоких (напірних) і для ґрунтових водоносних горизонтів. Обидві зазначені методики не враховують такого

важливого фактору, як захисна роль ґрунтового шару, що є майже єдиною перешкодою для забруднювачів.

Тому оцінку захищеності ґрунтових вод від забруднення доцільно виконувати за терміном, необхідним для міграції консервативного компонента від земної поверхні до рівня ґрунтових вод. Цей час (в роках) для шаруватої товщі, що складається із i - шарів, можна підрахувати за формулою [18]:

$$t = (40/W) \sum m_i (k_i)^{-1/n} , \quad (5.1.1)$$

де m_i - потужність i -го шару, м;

k_i - його коефіцієнт фільтрації, м/доб.;

W - інтенсивність інфільтраційного насичення, мм/рік;

n - безрозмірний показник ступеню, що залежить від прийнятої моделі вологопереносу (для суглинків та глин цей параметр дорівнює 4,0, а для пісків – 3,6).

Експериментально встановлено п'ять рівнів захищеності ґрунтових вод за часом інфільтраційного проникнення забруднювача при заданому інфільтраційному насиченні:

- дуже слабо захищені (менше 1 року);
- слабо захищені (1-3 роки);
- відносно захищені (3-5 років);
- практично захищені (5-10 років);
- захищені (більше 10 років).

5.1.1 Приклад розрахунку

Дано:

- інтенсивність інфільтраційного насичення $W = 60$ мм/рік;
- 1-й шар: піщані глини, $m_1 = 1,0$ м, $k_1 = 0,5$ м/добу, $n = 4,0$.
- 2-й шар, глини, $m_2 = 0,8$ м, $k_2 = 0,001$ м/добу, $n = 4,0$.

За формулою (5.1.1) підраховуємо термін, необхідний для міграції консервативного компонента від поверхні землі до рівня ґрунтових вод, який знаходиться на глибині 1,9 м:

$$t = (40 / 60)[(1,0 \times 0,5^{-1/4}) + (0,8 \times 0,001^{-1/4})] = 0,67[(1,0 \times 1,2) + (0,8 \times 5,62)] = 3,81 \text{ року}$$

Згідно класифікації рівнів захищеності ґрунтових вод у даному випадку вони будуть відносно захищеними.

5.1.2 Завдання для самостійної роботи

Встановити рівень захищеності водоносного горизонту територій, користуючись даними таблиці 5.1.2.1.

Таблиця 5.1.2.1.

Варіант	W, мм/рік	Ґрунтовий масив	Середня глибина залягання рівня ГВ, м	m _i , м	k _i , м/доб
1	80,0	глини	2,90	1,0	0,001
		мулисті глини		1,85	0,01
		піски		2,0	4,0
2	69,4	суглинки	6,30	1,5	0,3
		глини		1,0	0,001
		супіски		3,0	0,5
		суглинки		0,7	0,1
		супіски		2,5	0,7
3	88,0	глини	1,90	0,5	0,001
		супіски		1,2	0,5
		піски		3,0	6,0
4	91,4	глини	11,0	0,7	0,001
		суглинки		3,8	0,4
		піски		1,1	3,0
		супіски		1,8	1,05
		глини		2,9	0,005
		піски		3,6	7,0
5	82,0	суглинки	2,2	0,8	0,3
		супіски		1,4	0,5
		піски		3,6	6,0
6	71,5	піски	2,0	1,0	10,0
		супіски		0,9	0,4
7	65,9	глини	5,90	2,0	0,001
		мулисті глини		1,85	0,01
		піски		3,0	4,0

Продовження таблиці 5.1.2.1.

Варіант	W, мм/рік	Грунтовий масив	Середня глибина залягання рівня ГВ, м	m _i , м	K _i , м/доб
8	74,9	глини суглинки піски супіски глини піски	13,0	1,2 3,8 1,6 1,8 3,4 4,1	0,001 0,4 3,0 1,05 0,005 7,0
9	59,3	суглинки супіски піски	2,0	0,8 1,2 3,6	0,3 0,5 6,0
10	98,0	суглинки глини супіски суглинки супіски	7,9	2,6 1,2 3,1 0,8 2,6	0,3 0,001 0,5 0,1 0,7
11	84,0	суглинки глини супіски суглинки супіски	6,9	1,6 1,2 3,1 0,8 2,6	0,3 0,001 0,5 0,1 0,7
12	90,0	глини мулисті глини піски	6,90	3,0 2,85 4,0	0,001 0,01 4,0
13	58,9	глини мулисті глини піски	3,90	1,5 2,85 2,5	0,001 0,01 4,0
14	76,8	суглинки супіски піски	2,4	0,9 1,4 3,6	0,3 0,5 6,0
15	83,2	піски супіски	3,2	1,6 1,6	10,0 0,4
16	72,4	глини супіски піски	1,70	0,3 1,2 3,0	0,001 0,5 6,0
17	82,2	суглинки супіски сіски	4,4	0,9 2,4 3,6	0,3 0,5 6,0
18	34,8	глини мулисті глини піски	6,90	3,0 2,85 4,0	0,001 0,01 4,0
19	58,7	суглинки глини супіски суглинки супіски	6,5	1,6 1,2 3,1 0,8 2,6	0,3 0,001 0,5 0,1 0,7

Продовження таблиці 5.1.2.1.

Варіант	W, мм/рік	Грунтовий масив	Середня глибина залягання рівня ГВ, м	m _i , м	k _i , м/доб
20	68,5	глини супіски піски	2,0	0,3 1,2 3,0	0,001 0,5 6,0

5.2 Прогнозування забруднення ґрунтових вод внаслідок викидів шкідливих речовин в атмосферу промисловими комплексами

Формування хімічного складу ґрунтових вод відбувається під впливом різних джерел хімічних елементів. Деякі з них приводять до регіональних змін в хімічному складі ґрунтових вод, інші проявляються локально в непосредній близькості від джерела забруднення.

Дослідженнями територій, що знаходяться в зонах розташування підприємств і енергетичних комплексів, встановлено значний вплив на хімічний склад ґрунтових вод викидів в атмосферу шкідливих речовин виробництва. Наприклад, однією з найбільш шкідливих речовин, що надходять у повітря в процесі діяльності ТЕС, є діоксид сірки (в діапазоні $10^4 - 10^5$ т/рік). Випадаючи на земну поверхню, ці викиди насичують підземні води сульфатами.

Для оцінки ступеня впливу цих викидів на зміни у складі ґрунтових вод треба спочатку виконати розрахунки приземної концентрації сірки в повітрі. З цією метою можна використовувати гаусовську модель, за якою середньорічна концентрація тієї або іншої речовини C_a г/м³ в надземному шарі повітря (на висоті 1,5 м від поверхні землі) під впливом точкового джерела, визначається за формулою:

$$C_a = Q / \pi \sigma_z \sqrt{2\pi u x} [\exp(-h^2 / 2\sigma_z^2) + \exp(-(2A + h^2) / 2\sigma_z^2) + \exp(-(2A - h^2) / 2\sigma_z^2)], \quad (5.2.1)$$

де Q - інтенсивність викидів (г/с);

u - швидкість вітру на висоті джерела (м/с);

σ_z - стандартне відхилення концентрації по вертикалі ($\sigma \cong 0,06 \times (1 + 0,0015x)^{-1/2}$);

x - відстань від джерела до розрахункової точки;

A – висота інверсійного шару над поверхнею землі (м) (для середньої стабільності атмосфери $A = 800$ м);

h - висота центральної вісі султана викида над поверхнею землі (м).

Процес забруднення ґрунтових вод сульфатами розглядається також шляхом чисельного моделювання міграції і вологопереносу в зоні аерації.

Початковий вміст сульфатів в ґрунтових водах приймається за даними спостережень до будівництва підприємств-забруднювачів.

Розрахунок вмісту сульфатів в ґрунтових водах на даний час можна виконати експериментальним підрахунком балансу солей за формулою:

$$C_x = C_v + Q_a C_a / W, \quad (5.2.2)$$

де C_v - вміст сульфат - йона в ґрунтових водах до початку забруднення;

Q_a - середньорічна величина опадів (мм/рік) за розрахунковий період t років;

C_a – середньобогаторічне значення концентрації сульфат - йона в надземному шарі (мг/дм³);

W - інтенсивність інфільтраційного насичення (мм/рік).

Час, за який буде встановлено рівноважне становище між надходженням і накопиченням забруднюючої речовини в зоні аерації можна оцінити за формулою

$$t = 3V / W, \quad (5.2.3)$$

де V - об'єм води в зоні аерації, що приходить на одиницю площі горизонтального перетину (мм) при заданій середній вологості порід зони аерації G (дол.од.).

$$V = H G, \quad (5.2.4)$$

де H - потужність зони аерації, м.

5.2.1 Приклад розрахунку

Дано:

- інтенсивність викидів Q становить $55000 \text{ т/рік} = 17,46 \cdot 10^2 \text{ г/с}$;
- відстань від джерела до розрахункової точки $x = 100 \text{ м}$;
- висота центральної вісі султана викиду над поверхнею землі $h = 50 \text{ м}$;
- середня швидкість вітру на висоті джерела забруднення $U = 5 \text{ м/с}$.

За формулою (5.2.2) зробимо підрахунок величини середньорічної концентрації діоксиду сірки у надземному шарі атмосфери:

$$C_a = \frac{1746}{3,14 \cdot 5,59 \cdot \sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 5}} \left[\exp\left(\frac{250}{2 \cdot 31,3}\right) + \exp\left(\frac{2 \cdot 800 + 250}{2 \cdot 31,3}\right) + \exp\left(-\frac{2 \cdot 800 + 250}{2 \cdot 31,3}\right) \right] =$$

$$= 17,75 \cdot [0,0183 + 5,05 \cdot 10^{-8} + 5,05 \cdot 10^{-8}]$$

Оскільки друга і третя складові дуже незначні за величиною, їх можна невраховувати.

В цьому випадку

$$C_a = 17,75 \cdot 0,0183 = 0,324 \text{ г/м}^3 .$$

Далі розраховуємо вміст сульфатів у ґрунтових водах за формулою (5.2.2), якщо відомо, що

$$C_b = 25 \text{ мг/дм}^3, Q = 500 \text{ мм/рік}, W = 60 \text{ мм/рік}$$

$$C_x = 25 + 500 \times 0,324 / 60 = 27,7 \text{ мг/дм}^3$$

Час, за який буде встановлено рівновагу між надходженням і накопиченням ЗР підземних вод, можна підрахувати користуючись (5.2.3) і (5.2.4) при заданих величинах $H = 3 \text{ м}$ та $G = 0,17$.

$$V = H \cdot G = 3 \cdot 0,17 = 0,51 \text{ м} = 510 \text{ мм} ;$$

$$t = 3V / W = 3 \cdot 510 / 60 = 25,5 \text{ років}.$$

5.2.2 Завдання для самостійної роботи

Виконати розрахунки середньорічної концентрації діоксиду сірки (формула 5.2.1) збільшення вмісту сульфатів в ґрунтових водах за рахунок викидів (формула 5.2.2) та часу встановлення рівноваги між надходженням і накопиченням забруднюючої речовини, користуючись даними таблиці 5.2.1.

Таблиця 5.2.1.

Варіант	Q, т/рік	U, м/с	H, м	x, м	Cв, мг/дм ³	Qa, мм/рік	W, мм/рік	H, м	G, дол.од.
1	56700	15	125	2000	50	600	80	3	0,15
2	11000	10	85	4000	5	450	60	2	0,16
3	18000	7,5	60	1000	65	750	91	4	0,22
4	34000	17	67	3000	46	550	76	5	0,20
5	34577	5	100	2000	34	650	56	7	0,17
6	75640	12	70	2000	45	550	71	4	0,20
7	34895	15	80	1000	63	580	47	6	0,19
8	56070	10	65	3000	47	700	63	8	0,7
9	48750	7	59	3000	58	654	56	3	0,22
10	45670	8	67	1000	48	350	63	2	0,20
11	67900	5	85	1000	37	470	27	4	0,21
12	17000	12	91	2000	16	460	37	3	0,17
13	34000	10	123	2000	35	460	46	6	0,15
14	65000	6	111	3000	23	670	85	7	0,18
15	45000	8	70	3000	17	720	73	2	0,20
16	45300	9	90	2000	16	700	81	4	0,20
17	67500	7	50	1000	14	560	37	5	0,22
18	56700	10	57	1000	38	450	56	6	0,23
19	87600	15	68	1000	48	560	65	7	0,20
20	43980	9	87	2000	58	480	60	5	0,19

5.3 Прогнозування процесів геохімічного забруднення ґрунтів на основі молекулярно - дифузійної моделі солепереносу

Будівництво прудів-накопичувачів промислових стоків, витіків із комунікацій хімічних підприємств та інших об'єктів створюють умови для геохімічного забруднення ґрунтів, яке по деяким компонентам часто перевищує ГДК. Для будівництва прудів-

накопичувачів, як правило, вибираються ерозійні форми рельєфу (яри, балки, ділянки річок, що висох ли, тощо). Розглянемо такий приклад. В долині висохлої річки проектується пруд-накопичувач відходів хімічного виробництва, вихідним продуктом якого є розчини хлоридів лужних металів. Проектна глибина пруду 10 м.

Характеристика природних умов:

- за даними буріння встановлено, що ерозійний вріз виповнено в дуже щільних глинистих ґрунтах твердої консистенції, які можна вважати майже непроникненими; ерозійний вріз заповнено мулисто-глинистими ґрунтами середньої потужності 12 м;

- за даними лабораторних досліджень мулисто-глинисті ґрунти характеризуються наступними параметрами властивостей: природна вологість W_e коливається від 0,45 до 0,86 при середньому - 0,61; пористість n від 0,5 до 0,72; ґрунти повністю водонасичені; коефіцієнт фільтрації K_f менше 0,1 м/доб.

Загально відомо, що при $K_f < 0,1$ м/доб міграція розчинів в ґрунтах визначається переважно законами молекулярної дифузії [19,20,21]. У зв'язку з цим виконувалися експериментальні дослідження і виміри величин ефективного коефіцієнта дифузії D_e , який за даними встановлює $(0,36-0,78) \cdot 10^{-4}$ м²/доб., при середній величині - $0,50 \cdot 10^{-4}$ м²/доб. Середня мінералізація хлоридів в порових водах мулисто-глинистих ґрунтів $C_0 = 12$ г/л.

В пруді - накопичувачі проектна концентрація розчинів C_s буде дорівнювати 150 г/л, причому, ця концентрація буде підтримуватися на цьому рівні протягом всього терміну існування пруда-накопичувача, тобто можна прийняти $C_s = \text{const}$.

Таким чином, створюється градієнт концентрації $\Delta C_s = C_s - C_0$, і як слідство, виникають умови молекулярно-дифузійного засолення мулисто-глинистих ґрунтів, що буде тривати певний час t до повного вирівнювання концентрацій. Для того, щоб визначити розподіл концентрації розчинів в порових водах ґрунтів за строк t , глибину дифузійної зони та термін повного засолення товщ необхідно вирішити зрівняння нестационарної дифузії Фіка:

$$dx/dt = D_e(d^2c/dh^2), \quad (5.3.1)$$

для початкових і граничних умов:

$$\begin{aligned} C_x &= C_s \text{ при } h=0 \text{ і } t > 0 \\ C_x &= C_0 \text{ при } h > 0 \text{ і } t = 0 \end{aligned}$$

Це рішення, як відомо (С.И.Смирнов, 1971), має вигляд:

$$C_x = C_o / C_s - C_o = \text{erfc} (z), \quad Z = h_j / 2 \sqrt{D t}, \quad (5.3.2)$$

де $\text{erfc}(z)$ - інтеграл імовірності, величина табульована;

h_j - глибина від поверхні розділу між ропою і ґрунтом, тобто дно пруду;

$D_t h^2 = F_o$ - критерій Фур'є, який характеризує інтенсивність процесу дифузії.

Процес дифузії практично припиняється при $F_o \gg 1,5$.

Глибину дифузійної зони можна підрахувати за розрахунковою формулою:

$$h_j \cong 4 \sqrt{D t_j} \quad (5.3.3)$$

Час остаточного засолення ґрунтової товщі визначається за експериментальною формулою

$$t \cong 1,676 h^2 / Dc \quad (5.3.4)$$

5.3.1 Приклад розрахунку

Дано:

- концентрація хлоридів у порових водах глинистих мулів $C_o = 10 \text{ г/л} = 10000 \text{ г/м}^3$;

- концентрація розчину у пруді - накопичувачі $C_s = 100 \text{ г/л} = 100000 \text{ г/м}^3$;

- коефіцієнт дифузії $D_c = 0,4 \text{ м}^2/\text{доб}$;

- потужність товщі доних відкладів $H=10 \text{ м}$.

За формулою (5.3.2) слід розрахувати концентрацію хлоридів у порових водах ґрунтів C_x на глибині 1, 2, 3, 5, 10 м за 5 років (1825 діб), користуючись таблицею функції erfc (табл. 5.3.1).

Далі, відзначено концентрацію солей у порових водах на зазначених вище глибинах;

1) для $h_i = 1 \text{ м}$ $z = 1/2 \cdot 0,4 \cdot 1825 = 0,0185$, $\text{erfc}(z) = 0,981$, $C_x = 98290 \text{ г/м}^3$

2) для $h_i = 3 \text{ м}$ $z = 0,0555$, $\text{erfc}(z) = 0,944$, $C_x = 94960 \text{ г/м}^3$

3) для $h_i = 5 \text{ м}$ $z = 0,0925$, $\text{erfc}(z) = 0,903$, $C_x = 91270 \text{ г/м}^3$

4) для $h_i = 7$ м $z=0,129$, $\text{erfc}(z) = 0,870$, $C_x = 88300$ г/м³

5) для $h_i = 10$ м $z=0,185$, $\text{erfc}(z) = 0,813$, $C_x = 83170$ г/м³

Побудова епюри концентрації солей в порових водах ґрунтів за цими даними в довільному масштабі не становить труднощів.

5.3.2 Завдання для самостійної роботи

1. Підрахувати величини концентрації солей в порових водах ґрунтової товщі C_x з інтервалом 0,5 м для t 1, 5, 10, 25 років та побудувати відповідні епюри засолення.

2. Визначити глини проникнення зони дифузійного засолення за формулою (5.3.3) для вказаних у першому завданні строків.

3. Визначити час остаточного засолення ґрунтової товщі.

Таблиця 5.3.1 - Таблиця функцій $\text{erf } z$ і $\text{erfc } z$

z	$\text{erf } z$	$\text{erfc } z$	z	$\text{erf } z$	$\text{erfc } z$	z	$\text{erf } z$	$\text{erfc } z$
0,00	0,00	1,000	0,41	0,438	0,562	0,81	0,748	0,252
0,01	0,011	0,989	0,42	0,448	0,552	0,82	0,754	0,246
0,02	0,023	0,997	0,43	0,457	0,543	0,83	0,760	0,240
0,03	0,034	0,966	0,44	0,466	0,534	0,84	0,765	0,235
0,04	0,045	0,955	0,45	0,476	0,524	0,85	0,771	0,229
0,05	0,056	0,944	0,46	0,485	0,515	0,86	0,776	0,224
0,06	0,067	0,933	0,47	0,494	0,506	0,87	0,781	0,219
0,07	0,079	0,921	0,48	0,503	0,497	0,88	0,787	0,213
0,08	0,090	0,910	0,49	0,512	0,488	0,89	0,792	0,208
0,09	0,101	0,899	0,50	0,520	0,480	0,90	0,797	0,203
0,10	0,113	0,887	0,51	0,529	0,471	0,91	0,802	0,198
0,11	0,124	0,876	0,52	0,538	0,462	0,92	0,807	0,193
0,12	0,135	0,865	0,53	0,547	0,453	0,93	0,812	0,188
0,13	0,146	0,854	0,54	0,555	0,445	0,94	0,816	0,184
0,14	0,157	0,843	0,55	0,563	0,437	0,95	0,821	0,179
0,15	0,168	0,832	0,56	0,572	0,428	0,96	0,825	0,175
0,16	0,171	0,829	0,57	0,580	0,420	0,97	0,830	0,170
0,17	0,190	0,810	0,58	0,588	0,412	0,98	0,834	0,166
0,18	0,201	0,799	0,59	0,596	0,404	0,99	0,839	0,161
0,19	0,211	0,789	0,60	0,604	0,396	1,00	0,843	0,157
0,20	0,223	0,777	0,61	0,612	0,388	1,05	0,862	0,138
0,21	0,234	0,766	0,62	0,619	0,381	1,10	0,880	0,120
0,22	0,244	0,756	0,63	0,627	0,373	1,15	0,897	0,104
0,23	0,255	0,745	0,64	0,635	0,365	1,20	0,910	0,090

Продовження таблиці 5.3.1.

z	$\text{erf } z$	$\text{erfc } z$	z	$\text{erf } z$	$\text{erfc } z$	z	$\text{erf } z$	$\text{erfc } z$
0,24	0,266	0,734	0,65	0,642	0,358	1,25	0,923	0,077
0,25	0,276	0,724	0,66	0,649	0,351	1,30	0,934	0,066
0,26	0,287	0,713	0,67	0,657	0,343	1,35	0,944	0,056
0,27	0,297	0,703	0,68	0,664	0,336	1,40	0,952	0,048
0,28	0,308	0,692	0,69	0,671	0,329	1,45	0,960	0,040
0,29	0,318	0,682	0,70	0,678	0,322	1,50	0,964	0,036
0,30	0,329	0,671	0,71	0,685	0,315	1,60	0,976	0,024
0,31	0,339	0,661	0,72	0,691	0,309	1,70	0,984	0,016
0,32	0,349	0,651	0,73	0,698	0,302	1,80	0,989	0,011
0,33	0,359	0,641	0,74	0,705	0,295	1,90	0,993	0,007
0,34	0,369	0,631	0,75	0,711	0,289	2,00	0,9952	0,0048
0,35	0,379	0,621	0,76	0,718	0,282	2,10	0,997	0,003
0,36	0,389	0,611	0,77	0,724	0,276	2,20	0,9981	0,0019
0,37	0,399	0,601	0,78	0,730	0,270	2,30	0,99883	0,00177
0,38	0,409	0,591	0,79	0,736	0,264	2,40	0,9993	0,0007
0,39	0,419	0,581	0,80	0,742	0,258	2,50	0,99958	0,00042
0,40	0,428	0,572						

Таблиця 5.3.2 - Вихідні дані для самостійної роботи

№ варіанту	Концентрація хлоридів, г/м^3	Концентрація розчину у пруді, г/м^3	Коефіцієнт дифузії, $\text{м}^2/\text{доб}$	Потужність донних відкладень, м
1	10000	100000	0,4	10
2	15000	150000	0,5	12
3	20000	200000	0,6	11
4	17000	170000	0,3	14
5	16000	160000	0,4	13
6	14000	140000	0,6	11
7	10000	100000	0,3	10
8	11000	100000	0,4	15
9	16000	150000	0,5	15
10	18000	180000	0,5	10
11	17000	170000	0,4	10
12	19000	190000	0,4	12
13	20000	200000	0,6	14
14	10000	100000	0,3	17
15	15000	150000	0,7	14
16	10000	100000	0,4	12
17	17000	170000	0,6	13
18	16000	160000	0,5	15
19	17000	170000	0,4	10
20	18000	180000	0,4	13

6 ВИЗНАЧЕННЯ МІРИ ЗАБРУДНЕНОСТІ ГРУНТІВ ДНОЗАГЛИБЛЕННЯ

У цей час об'єм навмисного поховання різних матеріалів і речовин, зокрема, ґрунту, викинутого при днозаглиблених роботах, буровому шламу, відходів промисловості, будівельного сміття, твердих відходів, вибухових і хімічних речовин, радіоактивних відходів складає біля 10% від всієї маси ЗР, що поступають в Світовий океан.

Часто під терміном "дампінг" мають на увазі більш вузьке поняття: навмисне скидання в поверхневі води ґрунтів днозаглиблення, що з'являються внаслідок проведення будь-якого вигляду підводних земляних робіт (будівництво гідротехнічних споруд, відновлення проектних глибин акваторій і т.д.).

Основою для дампінгу в морі служить здатність морської середовища до переробки великої кількості органічних і неорганічних речовин без особливого збитку якості води. Однак ця здатність не безмежна. Звідси особливу важливість мають створення і наукове обґрунтування шляхів регулювання скидів відходів в морі.

При здійсненні днозаглиблюючих робіт і дампінгу ґрунтів основними параметрами водного середовища, що змінюються, є: режим каламутності; гідрохімічний режим; умови мешкання водних організмів; рел'єф дна ділянки провадження робіт.

Вимоги охорони навколишнього середовища при днозаглибленні базуються на положеннях "Закону про охорону навколишнього природного середовища України" (1991 р.) і зобов'язаннях України, які витікають із "Конвенції по захисту Чорного моря від забруднення" (1992 р.). Нормативні документи України, що регламентують провадження днозаглиблюючих робіт і дампінг, відсутні.

При розробці і скиданні ґрунтів не допускається погіршення якості водного середовища в районі виконання робіт, яке може надати шкідливий вплив на біоресурси, як в зоні провадження робіт, так і за її межами. Терміни виконання днозаглиблення необхідно призначати неспівпадаючими з життєво важливими біологічними ритмами живих організмів (нерест і міграція риби, періоди інтенсивного розмноження бентосу та інші).

6.1 Дослідження складу і властивостей ґрунтів днозаглиблення

Основним засобом запобігання погіршенню якості водного середовища при днозаглибленні є попереднє дослідження складу і властивостей ґрунтів, що розробляються.

Результати досліджень повинні використовуватися при обґрунтуванні екологічної безпеки проведення днозаглиблення.

Аналітичні дослідження ґрунтів необхідно провести на стадії техніко-економічного обґрунтування при капітальному днозаглибленні і при підготовці матеріалів для отримання дозволу на ремонтне днозаглиблення.

При цьому повинні бути визначені фізичні властивості, хімічний склад, санітарно-гігієнічні показники.

Вивчення донного відкладення (відбір проб) повинно розповсюджуватися на всю товщу (потужність) ґрунтів, що розробляються.

Оцінку міри забрудненості ґрунтів рекомендується проводити за [22] або шляхом порівняння хімічних і санітарно-гігієнічних показників з фоновими значеннями, що характеризують регіон робіт.

Класифікація ґрунтів днозаглиблення по мірі їх забрудненості була введена у вітчизняній практиці уперше, і її концептуальна відмінність від існуючих зарубіжних аналогів полягає в домінуванні екологічних принципів оцінки впливу дампіngu на водне середовище над економічними міркуваннями, яке виражається в значному посилюванні критеріїв, що визначають міру припустимості дампіngu того або іншого класу ґрунтів днозаглиблення.

Внаслідок многогранного характеру взаємодії скиненого у воду ґрунту з конкретної екосистеми класифікація, що пропонується, є узагальненням лише найважливіших чинників, які визначають процес зміни природного стану морської середовища під впливом техногенного втручання.

Дія класифікації розповсюджується на об'єкти капітальних і ремонтних днозаглиблюючих робіт, розташованих у шельфовій зоні Чорного і Азовського морів, причому обмеження, що накладаються на умови видалення і розміщення ґрунтів днозаглиблення в залежності від їх класу, обов'язкові для виконання.

У табл. 6.1.1 представлена класифікація ґрунтів днозаглиблення Азово-Чорноморського басейну по мірі їх забрудненості. Тут прийняті наступні позначення класів:

Таблиця 6.1.1- Класифікація ґрунтів днозаглиблення Азово-Чорноморського басейну по ступіні їх забрудненості

Інгредієнти (мг/кг) та параметри	Класи				
	A	I	II	III	IV
Кадмій (Cd)	≤1,0	>1.0	>2.0	>3.0	>5.0
Ртуть (Hg)	≤0,1	>0.1	>0.2	>0.3	>0.5
Свинець (Pb)	≤10	>10	>20	>100	>200
Цинк (Zn)	≤60	>60	>80	>150	>400
Мідь (Cu)	≤30	>30	>50	>100	>250
Миш'як(As)	≤5,0	>5.0	>6.0	>8.0	>10
Загальний фосфор	≤670	>670	>800	>1000	>1200
Загальний фтор	≤200	>200	>400	>500	>600
Цианіди	НЕ ЗНАЙДЕНІ				
Нафтопродукти	≤100	>100	>200	>300	>1000
Феноли	≤1,0	>1.0	>1.5	>2.0	>3.0
Coli – index	ВІДСУТ.	$4 \cdot 10^2 - 8 \cdot 10^4$	$10^4 - 1.2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^6$	$>10^6$
Мікробне число (загальна кількість бактерій)	ВІДСУТ.	$10^2 - 9,5 \cdot 10^4$	$1.8 \cdot 10^4 - 4 \cdot 10^5$	$10^5 - 9 \cdot 10^6$	$>2.9 \cdot 10^6$
Санітарно – токсичний показник (дегенерація культури клітин)	ВІДСУТ.	++ ПОМІРНА	+++ ВИРАЖЕНА	ТОТАЛЬНА	
Інтегральний коеф. забрудненості по Відношенню до еталону	ЕТАЛОН	≤15,0	≤30	≤60	>60

клас А - природно-чистий ґрунт (еталон);

клас I - умовно чистий ґрунт, який підлягає скиданню в морі, не будучи небезпечним для морської середовища;

клас II - помірно забруднений і забруднений ґрунт; дампінг можливий після компенсації збитку морському середовищу і рибному господарству; бажана утилізація, раціональне використання ґрунтів днозаглиблення (берегові відвали, будівельні матеріали);

клас III - сильно забруднений ґрунт; скидання в морське середовище можливе тільки по спецтехнології, подавання на берег небажана; бажана утилізація.

клас IV - токсичний ґрунт; можливе тільки поховання по спецтехнології, подавання на берег можлива лише після попереднього знешкодження і збагачення ґрунтів.

Загальним критерієм, що визначає клас ґрунту по мірі забрудненості, є інтегральний показник, який є сумою відносин середніх концентрацій кожного інгредієнта забруднюючих речовин в пробах ґрунту до відповідної концентрації інгредієнта в еталонному класі (клас А).

Якщо один із інгредієнтів забруднюючих речовин має концентрацію, що перевищує півсуму граничних значень для класу, визначеного по інтегральному показнику, і рядком вартото більш високого класу, то ґрунт потрібно віднести до більш високого класу.

Регламентація вмісту радіонуклідів в донних осадах, методи дослідження і критерії гігієнічної оцінки приймаються відповідно до вимог міжнародних і національних норм радіаційної безпеки (НРБ).

Необхідність індикації збудників інфекційних захворювань визначається результатами санітарного обстеження районів днозаглиблення по узгодженню з територіальними органами санітарно-епідеміологічного нагляду МОЗ України.

Кількість проб донного відкладення визначається виходячи з об'єму підлягаючих розробці ґрунтів:

- об'єм ґрунту менше за 100 тис. м³ - кількість проб 6 шт.;
- об'єм ґрунту від 100 до 300 тис. м³ - кількість проб 9 шт.;
- об'єм ґрунту від 300 до 600 тис. м³ - кількість проб 12 шт.;
- об'єм ґрунту більше за 600 тис. м³ - кількість проб 15 шт.

Оцінка токсичності на культурі клітки проводиться у разі наявності ризику інтенсивного забруднення морського середовища в районах днозаглиблення небезпечними хімічними речовинами, що не входять в класифікацію, надану в табл. 6.1.1, і при необхідності експертної оцінки ґрунтів днозаглиблення на вимогу органів охорони здоров'я України.

Відібрані проби аналізуються або по повній, або по скороченій програмі в залежності від очікуваного класу забрудненості ґрунтів днозаглиблення. Очікуваний клас - це клас ґрунту об'єкта, розрахований по середніх багаторічних концентраціях забруднюючих речовин в ґрунтах об'єктів днозаглиблення Азово-Чорноморського басейну.

У разі очікуваної класності ґрунтів А, I і II відібрані проби досліджуються по скороченій програмі.

У разі очікуваної класності ґрунтів III і IV проби досліджуються по повній програмі.

Скорочена програма передбачає проведення наступних спостережень і аналізів.

1) Фізичні властивості: гранулометричний склад з визначенням частки фракції, що викликає каламутність, %; природна вологість, %; щільність ґрунту, т/м³; щільність сухого ґрунту, т/м³.

2) Хімічний склад (мг/кг сухого ґрунту): кадмій; ртуть; свинець; цинк; мідь; миш'як; фосфор; фтор; ціаніди; нафтопродукти; феноли.

Повна програма має намір в доповнення до скороченої програми визначати санітарно-гігієнічні показники: Coli-index; мікробне число.

4) Оцінка токсичності методом біотестування.

5) Оцінка повторного забруднення методом лабораторного моделювання.

Значення показників пункту 1) приймаються за даними інженерно-геологічних досліджень.

Якщо днозаглиблення на ділянці виконується уперше або відсутні дані попередніх досліджень, проби ґрунту досліджуються по повній програмі.

6.2 Порядок виконання самостійної роботи

1. Згідно авріанту вибрати об'єкт проведення днозаглиблюючих робіт (табл. 6.2.1) і значення багаторічних середніх концентрацій забруднюючих речовин в його ґрунтах днозаглиблення, мг/кг.

2. Визначити очікуваний клас донного відкладення на об'єкті, що планується у вигляді таблиці 6.2.2.

3. Дати рекомендації відносно вибору програми спостережень і аналізів ґрунтів донозаглиблення і попередню оцінку можливості проведення дам্পінга на одному з морських звалищ Азово-Чорноморського басейну.

Таблиця 6.2.1 - Ступінь забрудненості донних відкладень на об'єктах днозаглиблення

№	Основні об'єкти днозаглиблення		Середні багаторічні концентрації забруднюючих речовин у ґрунтах мг/кг										
			Кадмій	Ртуть	Свинець	Цинк	Мідь	Миш' - як	Фос- фор	Фтор	Цианіди	Нафто- продук- ти	Феноли
1	Южний	Глина	0,92	0,08	13,52	52,61	22,52	Н/О	220,6	31,62	Н/О	134,5	0,76
		Мул	1,81	0,15	25,50	72,10	56,36	Н/О	654,4	124,30	Н/О	252,11	1,89
2	Білгород – Дністровс.	Пісок	0,82	0,03	19,72	15,90	13,65	0,15	440,2	91,25	Н/О	155,90	0,12
		Мул	1,76	0,08	40,37	74,32	46,41	3,98	558,1	134,90	Н/О	333,20	1,37
3	Одеса		3,78	0,11	121,00	97,06	62,50	4,78	390,6	133,20	Н/О	478,1	2,20
4	Іллічівськ		1,64	0,16	53,81	88,20	45,70	Н/О	630,0	144,0	Н/О	338,30	0,81
5	Миколаїв		2,76	0,09	94,65	127,2	41,45	7,51	633,6	87,83	Н/О	291,50	2,03
6	Херсон		1,43	0,08	24,06	54,09	33,12	4,45	482,0	144,00	Н/О	343,60	0,90
7	Маріуполь		1,47	0,20	40,67	77,67	20,92	5,28	496,5	44,57	Н/О	410,40	1,82
8	Усть-Дунайск		1,74	0,38	43,05	120,2	72,67	6,42	587,0	56,65	Н/О	227,10	0,93
9	Канал “Прорва”		1,53	0,35	47,03	86,15	60,25	5,22	377,0	58,73	Н/О	153,70	0,58
10	Одеський СРЗ		3,69	0,33	45,63	105,3	213,30	7,40	530,0	13,42	Н/О	287,50	0,68
11	Іллічівський СРЗ		1,06	0,14	135,30	35,2	192,00	6,63	627,3	154,00	Н/О	370,20	0,76

Таблиця 6.2.2 - Визначення класу ґрунту по мірі забруднення (мг/кг)

Інгредієнти	Середня концентрація, C_i , мг/кг сухого ґрунта	Максимальна концентрація еталонного класу (А) C_A мг/кг сухого ґрунта	Відношення C_i/C_A	Гранична концентрація даного класу класифікації	Гранична концентрація суміжного класу за класифікацією	Напівсуми концентрацій суміжних класів	Відмінність напівсуми концентрації суміжних класів з середньою концентрацією у пробах
Кадмій	1,24	1,0	1,24	2,0	3,0	2,50	1,26
Ртуть	0,12	0,1	1,20	0,2	0,3	0,25	0,13
Свинець	35,20	10,0	3,52	20,0	100,0	60,00	24,80
Цинк	85,50	60,0	1,42	80,0	150,0	115,00	29,50
Мідь	33,20	30,0	1,11	50,0	100,0	75,00	41,80
Миш'як	4,18	5,0	0,84	6,0	8,0	7,00	2,82
Фосфор	600,00	670,0	0,89	800,0	1000,0	900,00	300,00
Фтор	250,00	200,0	1,25	400,0	500,0	450,00	200,00
Цианіди	Не знайдені						
Нафтопродукти	195,00	100,0	1,95	200,0	300,0	225,00	30,00
Феноли	0,60	1,0	0,60	1,5	2,0	1,75	1,15
	Інтегральний показник Клас		14,2 1				

7 ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСУ ТОКСИЧНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ

7.1 Класифікація токсичних речовин

При розміщенні промислових відходів у навколишньому середовищі людини відбувається забруднення ґрунтоґрунтів, поверхневих та підземних вод і призеної частини атмосфери, рівень забруднюючих речовин різний, тому вони розділяються на 4 класи небезпеки: I – чрезвычайно небезпечні, II – високонебезпечні, III – помірно небезпечні, IV – малонебезпечні. Наприклад, до I – класу відносяться розчини та шлами (ціаніди, оксиди Cu, Cr, Cd, Ni та інші важкі метали), які зазнали нейтралізації, ущільнення, деметалізації та іншим засобам знешкодження до схову в спеціальних полігонах промислових відходів. Промислові відходи IV – класу (відходи фасонно-лінійних цехів та т.ін.) не потребують попередньої обробки до розміщення у відвалах та полігонах. Якщо промислові відходи не можуть бути класифіковані згідно [23], то клас їхньої токсичності може визначатись різними методами.

7.2 Визначення класу токсичності промислових відходів

В основу визначення класу токсичності промислових відходів покладені: імовірний принцип при оцінці можливого впливу промислових відходів на навколишнє середовище людини; застосування гігієнічних регламентів та параметрів токсикометрії; оцінка класу токсичності промислових відходів складного складу за хімічними сполученнями, який визначає рівень токсичності відходів; оптимальна комбінація порівняно допустимих гігієнічних, токсикологічних та фізико-хімічних параметрів, які дозволяють оцінити можливий вплив токсичних речовин на навколишнє середовище ; принцип взаємозміни деяких параметрів. Найбільш розроблені методи визначення класу токсичності на основі граничнодопустимої концентрації (ГДК) хімічних речовин в ґрунті та за величиною середньої летальної дози (ДЛ₅₀) [23].

7.2.1 Визначення класу токсичності на основі ГДК (хімічних речовин у ґрунті)

Розрахунок індексу токсичності (ІТ) робиться за формулою:

$$IT_i = GDK_i / (S + C / M)_i \quad , \quad (7.2.1)$$

де ГДК – гранично допустима концентрація токсичної хімічної речовини , яке міститься у відходах, в ґрунті, мг / кг ґрунту;

C – вміст даного компонента в загальній масі промислових відходів, т;

M – загальна маса промислових відходів; т;

S - коефіцієнт, який відображає розчинність токсиканту у воді, за допомогою довідника [24, 25] знаходять розчинність даної хімічної речовини або сполучення у воді, г / 100 г води при 20° С і отриману величину поділяють на 100, отримуючи безрозмірний коефіцієнт (S) у межах від 0 до 1;

i – черговий номер даного токсичного компонента.

Величину ІТ округляють до 1 – го знаку після зап'ятої. Розрахувавши величину ІТ для окремих компонентів промислових відходів, вибирають 1-3 ведучих компонентів (n), які мають мінімальні значення $IT_1 < IT_2 < IT_3$. Окрім того, повинна виконуватись умова: $2IT_1 > IT_3$.

Потім визначається сумарний індекс токсичності (СІТ):

$$CIT = 1 / n^2 \sum_{i=1}^3 IT_i \quad , \quad (7.2.2)$$

де n < 3.

Після цього визначається клас токсичності за допомогою допоміжної таблиці 7.2.1

Таблиця 7.2.1 - Класифікація небезпеки хімічних речовин на основі їх ГДК

СІТ	Клас токсичності	Ступінь небезпеки
Менш 2	1	Надзвичайно небезпечні
2 – 16	II	Високо небезпечні
16,1 – 30	III	Помірно небезпечні
Більш 30	1	Малонебезпечні

7.2.2 Приклад розрахунку

У промислових відходах масою 27,7 т міститься 4,8 т оксида міді (Cu), 2,2 т сульфату цинку (ZnSO₄), 3,4 т оксиду марганця (MnO), 1,2 т оксиду ванадія (V₂O₅), 4,4 т сульфату свинця (PbSO₄). Необхідно визначити СІТ та клас токсичності промислових відходів.

За формулою (6.2.1.1) визначаємо значення ІТ для кожного компонента окремо. Значення ГДК орієнтовно оцінюємо по валовому вмісту металів (Cu – 55, Zn – 100, Mn – 1500, V – 150, Pb – 30 мг/ кг ґрунту). За допомогою довідкових посібників [1, 7] знаходимо розчинність відмічених оксидів та сульфатів металів у воді при температурі 20° С та ділимо на 100, отримуючи значення S (CuO = 0, ZnSO₄ = 0,538, MnO = 0, V₂O₅ = 0, PbSO₄ = 0,000041).

$$IT(CuO) = 55 / (0 + 4,8 / 27,7) = 318,$$

$$IT(ZnSO_4) = 100 / (0,538 + 2,2 / 27,7) = 161,$$

$$IT(MnO) = 1500 / (0 + 3,4 / 27,7) = 12195,$$

$$IT(V_2O_5) = 150 / (0 + 1,2 / 27,7) = 3488,$$

$$IT(PbSO_4) = 30 / (0,000041 + 4,4 / 27,7) = 189.$$

За формулою (6.2.1.2) за трьома мінімальними значеннями ІТ (для (CuO, ZnSO₄, PbSO₄)) розраховуємо величину СІТ:

$$СІТ = (1 / 3)^2[(161 + 189 + 318)] = 74.$$

Згідно таблиці 7.2.1 таке значення СІТ відповідає 1V класу токсичності (малонебезпечні речовини). Тому, припустимо розміщення їх у відвалах або схов на полігонах (бажано, після деметалізації промислових відходів).

Таблиця 7.2.1 - Вихідні дані для самостійної роботи студентів

№ варіанту	Компоненти	ГДП, мг/кг	Коефіцієнт S	Вміст компоненти у масі відходів, т/т	Загальна маса промислових відходів, т
1	1	130	0,525	0,8	15
	2	0,02	0,04	0,7	15
	3	0,3	0,829	1,6	15
	4	0,3	0,804	1,5	15
	5	-	-	-	-
2	1	4,5	0,001	1,41	31,41
	2	2,0	0,002	4,48	31,10
	3	2,1	0	1,21	31,10
	4	85	0	0,18	31,10
	5	1500	0,354	4,24	31,10
3	1	130	0,53	0,8	16,2
	2	0,02	0,04	0,7	16,2
	3	0,3	0,83	1,6	16,2
	4	0,3	0,81	1,5	16,2
	5	-	-	-	-
4	1	4,5	0,001	4,41	60,7
	2	2,0	0,002	8,22	60,7
	3	2,1	0	6,67	60,7
	4	85	0	2,81	60,7
	5	1500	0,354	9,70	60,7
5	1	0,1	0	0,07	1,81
	2	2,0	0	0,15	1,81
	3	0,5	0	0,27	1,81
	4	0,1	0	0,05	1,81
	5	0,1	0	0,15	1,81
6	1	1500	0,018	17,7	147,8
	2	55	0,021	12,5	147,8
	3	85	0,011	9,8	147,8
	4	100	0,031	5,8	147,8
	5	30	0,020	3,1	147,8
7	1	0,1	0	0,03	2,18
	2	2,0	0	0,11	2,18
	3	0,5	0	0,22	2,18
	4	0,1	0	0,04	2,18
	5	0,1	0	0,03	2,18
8	1	1500	0,018	14,8	98,8
	2	55	0,021	5,1	98,8
	3	85	0,011	1,2	98,8
	4	100	0,031	0,43	98,8
	5	30	0,02	0,15	98,8

Продовження таблиці 7.2.1.

№ варіанту	Компоненти	ГДП, мг/кг	Коефіцієнт S	Вміст компоненту у масі відходів, т/т	Загальна маса промислових відходів, т
9	1	130	0,525	0,38	18,4
	2	0,02	0,04	0,37	18,4
	3	0,3	0,828	1,06	18,4
	4	0,3	0,81	1,04	18,4
	5	-	-	-	18,4
10	1	4,5	0,001	2,14	31,3
	2	2,6	0,002	1,1	31,3
	3	2,1	0	3,3	31,3
	4	85	0	1,4	31,3
	5	-	-	-	-
11	1	0,1	0	0,048	4,17
	2	0,2	0	0,011	4,17
	3	0,5	0	0,258	4,17
	4	0,1	0	0,037	4,17
	5	-	-	-	-
12	1	4,5	0,001	2,2	30,0
	2	2,0	0,002	4,1	30,0
	3	2,1	0	3,3	30,0
	4	85	0	1,4	30,0
	5	1500	0,354	3,6	30,0
13	1	1500	0,018	25	150
	2	55	0,021	15	150
	3	85	0,011	10	150
	4	100	0,031	5	150
	5	30	0,020	3	150
14	1	0,1	0	0,04	1,7
	2	2,0	0	0,1	1,7
	3	0,5	0	0,25	1,7
	4	0,1	0	0,03	1,7
	5	0,1	0	0,01	1,7
15	1	1500	0,018	25	150
	2	55	0,021	15	150
	3	85	0,011	10	150
	4	100	0,031	5	150
	5	30	0,020	3	150
16	1	4,5	0,001	2,2	60,0
	2	2,0	0,002	4,1	60,0
	3	2,1	0	3,3	60,0
	4	85	0	1,4	60,0
	5	1500	0,354	3,6	60,0

Продовження таблиці 7.2.1.

№ варіанту	Компоненти	ГДП, мг/кг	Коефіцієнт S	Вміст компоненту у масі відходів, т/т	Загальна маса промислових відходів, т
17	1	1500	0,018	5	30
	2	55	0,021	3	30
	3	85	0,011	2	30
	4	100	0,031	1	30
	5	30	0,020	1	30
18	1	1500	0,018	5	60
	2	55	0,021	3	60
	3	85	0,011	2	60
	4	100	0,031	1	60
	5	30	0,020	1	60
19	1	1500	0,018	5,4	30,4
	2	55	0,021	3,2	30,4
	3	85	0,011	2,8	30,4
	4	100	0,031	1,1	30,4
	5	30	0,02	1,0	30,4
20	1	130	0,525	0,6	15
	2	0,02	0,04	0,8	15
	3	0,3	0,678	1,3	15
	4	0,3	0,654	1,6	15
	5	-	-	-	-

7.3 Визначення індексу токсичності за величиною ЛД₅₀

При відсутності даних про ГДК хімічних речовин у ґрунтах розрахунок ІТ робиться, використовуючи величину ДЛ₅₀ для даного компоненту, тобто по дозі середньої летальної ефективною [4], яка спричиняє загибель у 50% стандартної групи тварин при певному терміні слідуючого спостереження. За [6] доза летальна – це мінімальна кількість шкідливого агента, попадання якого спричиняє до загибелі. Значення ІТ визначається за формулою:

$$IT = \lg (ДЛ_{50})_i / (S + 0,1F + C / M)_i \quad , \quad (7.3.1)$$

де F – коефіцієнт летючості компоненту, який визначається за довіковою літературою[1,7]; визначається тиск насичення пару окремих компонентів у суміжі у мм рт.ст. (які мають температуру кипіння при 760 мм рт.ст. не вище 80° С) для температури

20°C та це значення поділяється на 760 мм рт.ст., і отримується безрозмірна величина F (від 0 до 1).

Решта обозначень, що і у формулі (7.3.1).

Розрахувавши ІТ для окремих компонентів по $ДЛ_{50}$, потім за формулою (6.2.2.1) визначаємо СІТ, а після цього то таблиці 7.3.1 клас небезпеки речовини у відходах.

Таблиця 7.3.1 - Класифікація ступеня небезпеки речовин у відходах по $ЛД_{50}$

СІТ по $ЛД_{50}$	Клас токсичності	Ступінь небезпеки
Менш 1,3	I	Надзвичайно небезпечні
1,3 – 3,3	II	Високонебезпечні
3,4 – 10	III	Помірно небезпечні
Більш 10	IV	Малонебезпечні

7.3.1 Порядок виконання роботи

Згідно отриманого варіанту завдання для самостійної роботи (табл. 7.3.1.1), студент повинен визначити за формулою (7.2.2.1) ІТ, для чого визначається компонент з найменшим значенням F та $ДЛ_{50}$. Після цього розраховується величина СІТ за формулою (7.2.2). За результатами розрахунку визначити клас токсичності згідно таблиці 7.3.1.

7.3.2 Завдання для самостійної роботи

Визначити клас токсичності для речовин згідно варіанту, використовуючи вихідні дані (табл. 7.3.2.1)

Таблиця 7.3.2.1 - Вихідні дані для самостійної роботи студентів

№ варіанту	Компоненти	ЛД ₅₀ , мг/кг	Коефіцієнт	Коефіцієнт леткості	Вміст компонент у масі відходів, т/т	Загальна маса промисло- вих відходів, т
1	1	5760	0,011	0,152	12,4	44,7
	2	17,5	0,011	0,012	10,2	44,7
2	1	5760	0,001	0,147	0,18	9,8
	2	5560	0,001	0,152	0,17	9,8
3	1	5760	0,011	0,152	12,2	31,3
	2	5560	0,011	0,001	10,2	31,3
4	1	5760	0,001	0,147	1,5	4,87
	2	5560	0,070	0,001	1,5	4,87
5	1	5760	0,001	0,147	0,18	7,28
	2	5560	0,001	0,152	0,17	7,28
6	1	5760	0,012	0,151	1,23	3,48
	2	17,5	0,012	0,0099	10,04	3,48
7	1	5760	0,0015	0,147	5,87	21,4
	2	17,5	0,075	0,001	4,87	21,4
8	1	5760	0,012	0,147	0,94	14,97
	2	5580	0,0012	0,152	0,98	14,97
9	1	5760	0,012	0,153	1,28	4,45
	2	17,5	0,012	0,0015	1,15	4,45
10	1	5760	0,0015	0,147	3,44	21,42
	2	17,5	0,068	0,0018	3,44	21,42
11	1	5760	0,0012	0,147	0,94	12,54
	2	5560	0,0012	0,152	0,88	12,54
12	1	5760	0,0008	0,147	6	16
	2	17,6	0,066	0,0001	5	16
13	1	5760	0,001	0,142	0,8	15
	2	5560	0,0001	0,152	0,7	15
	3	17,5	0,066	0,001	0,6	15
14	1	5760	0,012	0,158	42,4	31,3
	2	17,5	0,098	0,001	10,8	31,3
15	1	5760	0,001	0,147	5	20
	2	17,5	0,070	0,001	5	20
16	1	5760	0,01	0,15	12	32
	2	17,5	0,01	0,001	10	32
17	1	5760	0,0012	0,147	4,87	31,8
	2	17,5	0,069	0,002	4,87	31,8
18	1	5760	0,012	0,145	5,32	27,98
	2	17,5	0,069	0,087	7,12	27,98
19	1	5760	0,001	0,145	0,90	24
	2	5560	0,0012	0,156	0,86	24
20	1	5760	0,0001	0,143	13	52
	2	5560	0,008	0,155	15	52

8 ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ГЕОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Геологічне середовище як складова частина біосфери знаходиться під значним впливом життєдіяльності людини, яка в тій чи іншій мірі обумовлює інтенсифікацію природних геологічних процесів і змінює стан, склад і властивості геологічного середовища у несприятливому напрямку.

У навчально - методичному посібнику передбачається виконання кількох груп задач, які включають виявлення загальних закономірностей водної та повітряної міграції екоотоксикантів у межах України, оцінку захищеності артезіанських вод від забруднення зверху (на якісному рівні), розрахунок територіального навантаження на геологічне середовище (на прикладі агрохімікатів), а також пошук можливих зв'язків між навантаженням, забрудненістю середовища і показниками деяких захворювань населення в цілому по державі і по Одеській області.

Для виконання практичних робіт необхідні короткі пояснення з медицини.

1. Злоякісні новоутворення, за даними медичних досліджень, виникають внаслідок дії на організм зовнішніх факторів фізичної, біологічної і хімічної природи. Серед останніх достовірно встановлено біля 30 речовин, які широко циркулюють у зовнішньому (включаючи геологічне) середовищі. До їх переліку входять пестициди, що мають бластомогенну (канцерогенну) активність, а також азотисті сполуки, які надходять з різних джерел, включаючи азотні добрива.

2. Активні форми туберкульозу спричиняє мікроскопічний грибок, носієм якого є хворі люди. Захворюванню сприяє знижений рівень імунітету під дією природних і техногенних токсикантів, незадовільні побутові і соціальні умови, високий рівень вологості повітря у поєднанні з нестачею сонячної інсоляції і інші чинники.

3. Рівень здоров'я населення визначається такими показниками, як захворюваність, смертність і кількість (контингент) осіб, що хворіють певною хворобою. Загальна захворюваність являє собою суму захворюваностей по всіх класах хвороб. Під захворюваністю розуміють кількість осіб, які в поточному році вперше одержали достовірний діагноз, у перерахунку на 100 тис. всього населення данної місцевості (області, району), або на таку ж кількість дорослого населення (при розгляді хвороб, які характерні для дорослого населення), чи на 10 тис. дитячого населення. Аналогічним чином визначають смертність і контингент хворих. У практичній діяльності онкологів розрізняють два

показники захворюваності – звичайний (“грубий”) і стандартизований. Звичайний визначається у спосіб, розглянутий вище, а стандартизований – з урахуванням статеві - вікової структури населення, що обумовлено різними рівнями захворюваності осіб жіночої і чоловічої статі, а також молодих і дорослих.

Рекомендації щодо обробки даних:

1. Оцінка захищеності артезіанських вод на якісному рівні виконується за наступними критеріями:

Категорія захищеності	Потужність першого від поверхні водотривкого шару, м	Потужність порід на I водотривкому шарі (м) і їх склад		Співвідношення рівнів води H_1 і H_2
		тільки суглинки	глини і суглинки	
1	2	3	4	5
Захищені	>10	< 30	< (1,5 + 15)	$H_2 > H_1$
	3 - 10	> 30	> (1,5 + 15)	
Умовно захищені	3 – 10	< 30	< (1,5 + 15)	$H_2 > H_1$
	1,5 - 3	>30	> (1,5 + 15)	$H_2 \leq H_1$
Незахищені	< 3	< 30	< (1,5 + 15)	$H_2 \leq H_1$

Примітки: а) цифри в дужках (стовпчик 4) відносяться: перша – до глин, друга – до суглинків; б) H_1 і H_2 - абсолютні висоти рівня артезіанських і ґрунтових вод відповідно; в) до категорії незахищених відносяться водоносні шари, над якими водотривкий шар не має суцільного розповсюдження внаслідок «літологічних вікон», розривних тектонічних порушень і т.і.

2. Для графічного відображення наслідків одержаних розрахунків територіального навантаження, а також складових частин водного балансу і т.і. містяться зразки бланків карт України і Одеської області.

3. Територіальне навантаження на орні землі агрохімікатів визначається шляхом ділення маси використаних пестицидів і мінеральних добрив на площу орних земель і надається в кг/га. Виключенням є загальне техногенне навантаження на територію України, яке наведено в т/км².

4. Побудова карти має сенс у випадку, коли візуальний аналіз відображених на них даних дозволяє наочно визначити райони (області) чи їх групи, які суттєво відрізняються між собою за тим чи іншим показником. Ця мета досягається у випадку, коли декілька показників (за кількістю адміністративних одиниць в Україні і в Одеській області) групуються у кілька інтервалів (градацій) значень показника. Одним з методів об'єктивного визначення ступенів є метод, в якому використовується середнє арифметичне (\bar{x}) і середнє квадратичне відхилення (σ). Можливі межі інтервалів: центрального $\bar{x} \pm \sigma$, у напрямку зменшення від $\bar{x} - \sigma$ до $\bar{x} - 2\sigma$, від $\bar{x} - 2\sigma$ до $\bar{x} - 3\sigma$ і менше, ніж 3σ ; у напрямку збільшення: від $\bar{x} + \sigma$ до $\bar{x} + 2\sigma$, від $\bar{x} + 2\sigma$ до $\bar{x} + 3\sigma$, більше, ніж 3σ . Території адміністративних одиниць,

що відповідають за значеннями показника різним інтервалам, фарбуються на карті різними кольорами. При цьому території з більш безпечними значеннями показника фарбуються гамою зелених, з небезпечною – червоних, з проміжною – жовтих кольорів (принцип світлофору). Менш об'єктивним методом, але таким, що забезпечує наочність відображеної інформації, є метод рівномірного розподілу амплітуди значень на кілька рівнів (однакових за величиною) інтервалів з послідовним присвоєнням кожному з них свого кольору при дотриманні “принципу світлофору”.

5. Для аналізу наявності можливих зв'язків між різними чинниками і захворюваністю на міліметровому папері будують графіки розсіювання. Після попереднього візуального аналізу робиться висновок про наявність (відсутність) зв'язку. При цьому слід мати на увазі, що деякі залежності маскуються внаслідок належності областей України до різних ландшафтно - кліматичних зон. У зв'язку з цим необхідно звернути увагу під час аналізу на те, як розташовані на графіку точки, які відповідають території степу (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька, Дніпропетровська, Кіровоградська, Луганська, Донецька області), а також області в межах території змішаних лісів і лісостепу за виключенням адміністративних одиниць, які розташовані частково в гірських районах (Закарпатська, Івано - Франківська, Львівська, Чернівецька області та автономна республіка Крим).

У випадку, якщо встановлена наявність зв'язку, подальші обчислення (коефіцієнту кореляції, рівняння регресії і інших статистичних параметрів) виконуються на ЕОМ за стандартними програмами.

8.1 Аналіз закономірностей водної та повітряної міграції екотоксикантів

1. Скласти на основі додатків слідує карти, що характеризують умови водної міграції токсичних речовин на території України: а) атмосферних опадів; б) поверхневого стоку; в) підземного стоку; г) за попередньо розрахованими значеннями гідротермічного коефіцієнту.

2. Скласти на основі даних таблиці 8.6.1 карти, які характеризують умови повітряної міграції токсикантів: а) розподілу площі орних земель; б) лісистості; в) швидкості вітру в весняно - літній період.

3. Виконати змістовний аналіз кожної карти окремо, а потім обох комплектів карт, зробити обґрунтований висновок щодо умов міграції токсичних речовин.

8.2 Оцінка захищеності артезіанських водоносних шарів від забруднення зверху

1. Визначити за інформацією (“Вихідні дані і довідкові матеріали”) потужність складових частин геологічного розрізу і співвідношення рівнів двох шарів підземних вод.

2. Користуючись критеріями (таблиця “Оцінка захищеності артезіанських вод на якісному рівні”) зробити висновок щодо захищеності.

8.3 Оцінка техногенного навантаження на геологічне середовище і особливості його територіального розподілу

1. Виконати обчислення модуля територіального навантаження азотних добрив на орні землі Одеської області.

2. Скласти карти: а) модуля територіального навантаження загальної маси пестицидів на орні землі Одеської області у розрізі адміністративних районів; б) модуля територіального навантаження азотних добрив на ті ж землі області; в) модуля загального техногенного навантаження на територію України у розрізі адміністративних одиниць; г) територіального навантаження пестицидів на територію України у 1993 р. згідно з даними таблиці 8.6.3; д) онкозахворюваності населення Одеської області у 1992 р.; е) захворюваності населення Одеської області активними формами туберкульозу у 1992 р.; ж) загальної захворюваності населення України; з) захворюваності злякисними новоутвореннями населення України у 1996 р.; і) модуля захворюваності туберкульозом сільського населення України в 1980 - 1997 рр.

3. Проаналізувати і виявити основні територіальні закономірності розподілу використання агрохімікатів: а) по Україні; б) по Одеській області.

4. Проаналізувати відповідні карти і виявити основні особливості територіальної диференціації захворюваності злякисними новоутвореннями і туберкульозом: а) по території України; б) по Одеській області.

8.4 Оцінка наявності зв'язку між навантаженням на геологічне середовище, забрудненням ґрунтових вод питного призначення і захворюваністю населення

1. Побудувати графіки залежності по Україні: а) між масою пестицидів і онкозахворюваністю, б) між масою пестицидів і захворюваністю на туберкульоз, в) між масою добрив і захворюваністю на туберкульоз, г) між масою добрив і захворюваністю злоякісними новоутвореннями, д) між площею орних земель і онкозахворюваністю, е) між площею перезволожених, заболочених земель і відкритих боліт і захворюваністю на туберкульоз.

2. Побудувати графіки залежності по Одеській області: а) між навантаженням бластомогенних пестицидів і онкозахворюваністю, б) між навантаженням азотних добрив і онкозахворюваністю, в) між навантаженням азотних добрив і захворюваністю на туберкульоз, г) між розповсюдженістю нітратного забруднення ґрунтових вод і онкозахворюваністю.

3. На основі аналізу графіків (з урахуванням рекомендацій, які викладено у “Загальних положеннях”) зробити висновок щодо наявності зв'язку. З використанням ЕОМ одержати статистичні характеристики зв'язку між показниками захворюваності і відповідними чинниками.

8.5 Звітні матеріали

Після закінчення практичних занять складають звіт, який надається відповідальному за практичні заняття і оцінюється ним. При позитивній оцінці звітуючий допускається до складання іспиту з теоретичного (лекційного) курсу.

На титульному листі наводиться: назва ВНЗ, факультету, кафедри, назва практичних занять, список студентів - виконавців, рік.

Текстова частина містить короткий вступ і розділи, назва яких відповідає назвам задач. В кожному розділі наводиться аналіз побудованих карт, які розміщуються під відповідними номерами у додатку після текстової частини. При цьому в текстовій частині у дужках наводиться номер карти, на яку посилається автор.

Винятком є третій розділ тексту, в якому не всі карти виносяться у додаток: в текстовій частині зберігаються всі графічні побудови, які одержані при роботі з ЕОМ і відображають всі фактично виявлені залежності. Нумерація цієї групи графічних побудов виконується окремо і розпочинається з першого номера.

Графіки розсіювання, на яких встановлена відсутність зв'язку, розміщуються у додатку і компонуються по чотири на одному стандартному аркуші міліметрового паперу. Виконуються тушшю або кульковою ручкою чорного кольору. На кожному графіку повинні бути підписані назви вісей, вказані одиниці виміру.

Текстова частина завершується висновками, що являють собою в основному суму попередніх висновків з кожного розділу.

8.6 Вихідні дані і довідкові матеріали

Таблиця 8.6.1 - Середньорічні елементи водного балансу і швидкість вітру в весняно - літній період

Адміністративні одиниці	Елементи балансу, мм				Швидкість вітру, м/с
	Опади	Стік		Випаро- вування	
		поверхневий	підземний		
АР Крим	450	13	19	418	4,6
Області:					
Вінницька	595	59	18	518	
Волинська	681	73	18	590	
Донецька	581	33	6	542	4,5
Дніпропетровська	535	27	1	507	
Житомирська	682	76	16	590	3,4
Закарпатська	939	487	138	314	
Запорізька	484	21	2	461	3,7
Івано-Франківська	876	250	62	564	
Київська	645	48	16	581	2,7
Кіровоградська	536	41	4	491	
Луганська	568	41	13	514	3,9
Львівська	838	153	77	608	3,5
Миколаївська	454	20	0	434	
Одеська	495	11	6	484	4,5
Полтавська	616	57	7	552	4,7
Рівненська	708	65	20	623	
Сумська	654	77	26	551	3,8
Тернопільська	724	68	53	603	
Харківська	615	44	17	554	
Херсонська	447	5	0	442	3,9
Хмельницька	673	74	31	568	2,9
Черкаська	572	48	10	514	3,2
Чернівецька	788	136	24	628	
Чернігівська	665	67	21	577	
Україна	609	64	19	526	

Таблиця 8.6.2 - Інформація до оцінки захищеності водоносних шарів

Короткий опис геологічного розрізу	Індекс геологічного віку	Глибина підшви шару, м
Район 1 – долина річки Тилігул в межах Ананьївського району. Абсолютна висота поверхні 25м		
1. Грунтово-рослинний шар	Q _{IV}	0,15
2. Супісок з прошарками піску з глибини 0,5м, водонасичений	aQ _{IV}	15,0
3. Пісок з галькою і гравієм вапняку, водонасичений	aQ _{III}	20,5
4. Глина сіра, темносіра, водотривка	NiS ₃	31,0
5. Вапняк світлосірий тріщинуватий	NiS ₂	40,0
Глибина рівня ґрунтових вод 0,5 м. Положення рівня напорного шару +1,5 м		
Район 2 – межиріччя Тилігул –Куяльник. Абсолютна висота поверхні 120,0м		
1. Грунтово-рослинний шар	Q _{IV}	0,5
2. Суглинок лесоподібний, з глибини 10м, водонасичений	vdQ _{I-III}	16,0
3. Глина червоно-бура водотривка	N ₂ ³	24,0
4. Вапняк-черепашник тріщинуватий	N _{2p}	36,0
Глибина рівня ґрунтових вод 10м Глибина рівня напорних вод 15м		
Район 3 – острів Турунчук на р. Дністер Абсолютна висота 5,0м		
1. Грунтово-рослинний шар	Q _{IV}	0,3
2. Суглинок легкий з глибини 1,5 м, водонасичений	aQ _{IV}	8,8
3. Глина темносіра водотривка	aQ _{III-IV}	12,0
4. Пісок світлосірий з гравієм і галькою карбонатного і кремнійового складу, водонасичений	aQ _{III}	22,0
Глибина рівня ґрунтових вод - 1,5м Глибина рівня напорних вод - 1,5 м		
Район 4 – межиріччя Дністер - Дунай Абсолютна висота 15,0м		
1. Грунтово-рослинний шар	Q _{IV}	0,5
2. Суглинок лесоподібний, з глибини 4,0м водонасичений	vdQ _{III}	12,0
3. Глина червоно-бура водотривка	N ₂ ³	20,0
4. Пісок світлосірий мілкозернястий водонасичений	N ₂ kj	25,0
Глибина рівня ґрунтових вод 4,0м Глибина рівня напорних вод 7,0м		

Таблиця 8.6.3 - Структура землекористування

Адміністративні одиниці	Загальна площа, км ²	В тому числі:					
		сіль- госп. угіддя	орні землі	під лісом	площа заболочених земель і боліт		
					загальна площа	в т.ч. боліт	доля заболоче- них земель і боліт в загаль- ній площі, %
АР Крим	26945	18323	12125	4395	207	48	0,8-0,2
Області:							
Вінницька	26514	20416	18560	2916	1068	262	4,0-1,0
Волинська	20144	10878	7050	6043	2510	1172	12,5-5,8
Дніпропетровська	31923	25538	21708	958	1022	270	3,3-0,8
Донецька	26518	20684	16972	1326	496	86	1,9-0,3
Житомирська	29827	17001	13422	9545	4053	801	13,6-2,7
Закарпатська	12753	4846	1913	6249	938	8	7,3-0,1
Запорізька	27185	22835	19845	272	562	64	2,1-0,2
Івано-Франківська	13927	6406	4317	5710	289	25	2,1-0,2
Київська	28936	17940	15047	6077	1361	496	4,7-1,7
Кіровоградська	24588	20654	18687	984	200	104	0,8-0,4
Луганська	26682	19211	14675	2401	526	165	2,0-0,6
Львівська	21831	13099	8732	5894	919	79	4,2-0,4
Миколаївська	24585	20651	17455	492	511	211	2,1-0,9
Одеська	33313	25651	20987	1333	1343	729	4,0-2,2
Полтавська	28750	22138	18688	2013	1121	872	3,9-3,0
Рівненська	20051	9424	6617	7218	1945	1070	9,7-5,3
Сумська	21048	15576	12629	3368	1561	612	7,4-2,9
Тернопільська	13824	10644	9677	1797	846	48	6,1-0,3
Харківська	31418	24192	21993	4084	873	306	2,8-1,0
Херсонська	28461	19638	17646	854	376	318	1,3-1,1
Хмельницька	20629	15844	14028	2475	1090	207	5,3-1,0
Черкаська	20916	14641	13177	2928	514	272	2,5-1,3
Чернівецька	8096	4777	3481	2348	170	10	2,1-0,1
Чернігівська	31913	21701	15637	6063	5595	1152	17,5-3,6

Таблиця 8.6.4 - Загальне техногенне навантаження і навантаження агрохімікатів на територію України

Адміністративні одиниці	Загальне навантаження, тис.т./ км ² -рік	В тому числі:	
		пестицидів, тис. т	мін. добрив, тис.т
АР Крим	37	8,8	143,5
Області:			
Вінницька	44	5,7	286,6
Волинська	6	1,9	152,5
Донецька	99	2,9	165,9
Дніпропетровська	97	2,6	186,0
Житомирська	6	2,7	198,8
Закарпатська	6	0,6	52,05
Запорізька	97	2,2	168,6
Івано-Франківська	15	0,7	79,9
Київська	108	3,1	266,9
Кіровоградська	10	3,1	179,1
Луганська	41	1,5	117,3
Львівська	25	2,3	187,9
Миколаївська	8	2,0	156,7
Одеська	18	4,6	200,7
Полтавська	12	3,8	207,2
Рівненська	8	1,3	153,5
Сумська	7	3,0	191,7
Тернопільська	10	1,3	184,7
Харківська	19	3,8	292,6
Херсонська	18	3,1	220,4
Хмельницька	11	3,1	211,7
Черкаська	25	4,0	191,5
Чернівецька	9	1,0	72,6
Чернігівська	8	1,9	242,5

Таблиця 8.6.5 - Показники захворюваності населення України (осіб/100 тис. населення)

Адміністративні одиниці	Кількість осіб, що захворіли	Загальна захворю- ваність	В тому числі:			
			зляксі- ними новоут- вореннями	туберкульозом (середнє за 1980 -1997 рр.)		
				все насе- лення	міське	Сільське
АР Крим Області:	7267	77950	333,8	34,4	34,3	34,5
Вінницька	5677	66550	304,5	40,9	35,9	45,0
Волинська	2385	66550	222,4	40,2	34,7	44,6
Донецька	11603	72250	313,9	37,9	38,5	33,6
Дніпропетровська	16253	72250	302,1	34,8	32,4	46,5
Житомирська	4434	60850	301,1	55,5	43,3	68,2
Закарпатська	2819	55150	220,0	38,7	35,1	40,9
Запорізька	6618	72250	319,7	41,3	40,4	43,4
Івано-Франківська	3466	60650	237,9	44,4	37,6	46,1
Київська	6529	77950	345,4	40,6	32,6	49,9
Кіровоградська	4026	60850	331,8	45,1	43,2	47,4
Луганська	8018	72250	288,1	40,4	40,3	40,8
Львівська	6765	77950	246,8	41,0	36,4	47,6
Миколаївська	4174	66550	311,3	42,2	38,6	43,6
Одеська	10836	66350	421,9	46,6	41,1	57,0
Полтавська	6694	55150	385,9	33,3	30,2	37,5
Рівненська	2907	55150	244,5	46,2	40,0	51,1
Сумська	4505	55150	323,5	34,8	38,0	42,4
Тернопільська	3121	55150	266,6	41,3	34,6	45,5
Харківська	9415	77950	306,9	37,3	36,0	41,9
Херсонська	4229	60850	334,9	50,1	47,9	53,5
Хмельницька	4684	55150	311,6	37,5	30,7	43,8
Черкаська	5240	66550	349,2	37,4	33,1	42,1
Чернівецька	2283	60850	241,2	37,0	35,1	37,7
Чернігівська	4218	60850	313,3	43,1	36,8	50,2

Таблиця 8.6.6 - Населення України і його структура

Адміністративні одиниці	Структура населення					
	всього, тис. чол.	міське	сільсь- ке	молодше непраце- здатного віку	праце- здатного віку	старіше праце- здатного віку
АР Крим	2466,0	1729,6	736,4	21,6	57,4	26,0
Області:						
Вінницька	1943,0	864,8	1078,1	21,0	52,4	26,6
Волинська	1067,0	519,0	548,0	25,1	52,9	22,0
Донецька	5321,0	4808,0	513,0	20,4	56,2	23,4
Дніпропетровська	4067,0	3217,0	850,0	21,3	56,9	21,8
Житомирська	1549,0	830,0	719,0	22,3	52,9	24,8
Закарпатська	1272,0	519,0	753,0	26,6	56,4	17,0
Запорізька	2087,0	1591,0	496,0	21,6	57,1	21,5
Івано-Франківська	1409,0	588,0	821,0	24,8	54,5	20,7
Київська	4522,0	3632,0	890,0	21,9	55,2	22,9
Кіровоградська	1222,0	726,0	496,0	21,6	54,1	24,3
Луганська	2885,0	2491,0	394,0	21,1	55,7	23,3
Львівська	2738,0	1626,0	1112,0	23,3	55,8	20,9
Миколаївська	1327,0	865,0	462,0	23,1	56,6	20,3
Одеська	2620,0	1730,0	890,0	21,9	57,5	20,6
Полтавська	1773,0	1003,0	770,0	20,4	54,1	25,5
Рівненська	1152,0	519,0	633,0	26,0	53,9	20,1
Сумська	1447,0	899,0	548,0	20,5	53,7	25,8
Тернопільська	1169,0	484,0	685,0	23,2	52,5	24,3
Харківська	3210,0	2525,0	685,0	20,1	57,0	22,9
Херсонська	1240,0	761,0	479,0	23,6	56,9	19,5
Хмельницька	1530,0	726,0	804,0	21,6	52,9	25,2
Черкаська	1515,0	796,0	719,0	21,0	53,4	25,6
Чернівецька	929,0	381,0	548,0	24,0	54,8	21,2
Чернігівська	1428,0	761,0	667,0	19,6	51,1	29,3

Таблиця 8.6.7 - Населення Одеської області і його структура

Адміністративні одиниці	Всього, тис. чол.	В тому числі:	
		доросле	дитяче
Ананівський	36,1	29,0	7,1
Арцизський	57,0	44,1	12,9
Балтський	55,7	45,2	10,5
Біляївський	100,6	78,9	21,7
Березовський	40,9	32,0	8,9
Болградський	78,5	60,2	18,3
Біл.-Дністровський	133,5	103,1	30,4
Вел.-Михайлівський	32,7	25,1	7,6
Іванівський	32,1	24,7	7,4
Ізмаїльський	148,6	116,2	32,4
Кілійський	65,6	50,7	14,9
Кодимський	38,1	30,4	7,7
Комінтернівський	89,6	71,0	18,6
Котовський	74,8	61,8	13,0
Красноокнянський	24,3	18,9	5,4
Любашівський	35,6	28,4	7,2
Миколаївський	22,1	17,0	5,1
Овідіопільський	55,1	43,3	11,8
Роздільнянський	62,6	51,2	11,4
Ренійський	45,4	35,2	10,2
Савранський	24,4	19,8	4,6
Саратський	52,4	40,5	11,9
Тарутинський	49,3	37,4	11,9
Татарбунарський	45,3	34,8	10,5
Фрунзівський	23,4	17,9	5,5
Ширяївський	31,3	24,0	7,3

Таблиця 8.6.8 - Використання пестицидів і азотних добрив в Одеській області.
Розповсюдженість нітратного забруднення ґрунтових вод
(% до загальної кількості досліджених проб води з колодязів)

Адміністративні одиниці	Пестициди			Азотні добрива, маса за 9 років, кг/га	Розповсюд- женість NO ₃ (% від загальної кількості проб води з колодязів)
	навантаження на орні землі, кг/га-рік				
	всього	органічні	з канцero- генною активністю		
Ананівський	1,37	1,23	0,23	343,7	48,0
Арцизький	6,42	2,84	0,89	377,9	
Балтський	2,09	1,69	0,29	552,2	
Березівський	1,31	0,97	0,19	303,3	48,0
Біл.-Дністровський	3,96	1,41	0,49	467,7	
Біляївський	2,84	1,59	0,54	707,7	
Болградський	5,52	2,19	0,79	398,0	
Вел.-Михайлівський	1,44	1,04	0,23	309,4	51,0
Іванівський	1,23	1,06	0,18	357,4	50,2
Ізмаїльський	4,11	2,63	0,63	626,8	
Кілійський	3,98	2,64	0,94	827,8	
Кодимський	5,39	3,02	0,75	631,1	
Комінтернівський	1,67	1,27	0,28	578,0	42,0
Котовський	2,12	1,82	0,30	406,9	44,5
Красноокнянський	1,73	1,43	0,22	309,8	52,0
Любашівський	1,46	1,37	0,18	397,8	
Миколаївський	1,11	0,95	0,19	301,5	
Овідіопільський	5,03	2,13	0,75	806,4	
Роздільнянський	4,44	2,04	0,64	289,3	
Ренійський	4,84	2,28	0,72	495,9	
Савранський	2,33	2,07	0,36	479,1	
Саратський	4,52	1,93	0,68	369,9	53,8
Тарутинський	4,52	1,55	0,52	489,1	
Татарбунарський	3,07	1,68	0,56	557,8	
Фрунзівський	1,21	1,08	0,22	275,2	47,4
Ширяївський	1,24	1,10	0,18	381,6	

Таблиця 8.6.9 - Захворюваність населення сільських районів Одеської області.
Площа орних земель, га

Адміністративні одиниці	Злоякісні новоутворення в 1992 р.	Туберкульоз в 1992 р.	Площа орних земель, тис.га
Ананівський	336,6	42,5	67,80
Арцизьський	350,8	40,5	55,67
Балтський	361,4	34,8	72,86
Біл.-Дністровський	376,6	46,6	128,00
Біляївський	317,3	79,3	91,72
Березівський	317,1	52,9	111,32
Болградський	287,2	24,2	85,97
Вел.-Михайлівський	366,6	60,4	89,32
Іванівський	349,2	50,2	79,12
Ізмаїльський	316,5	34,1	72,81
Кілійський	359,1	43,3	61,53
Кодимський	335,0	30,3	48,88
Комінтернівський	258,8	54,6	94,70
Котовський	310,7	40,9	58,52
Красноокнянський	429,2	36,0	64,35
Любашівський	438,8	27,8	74,60
Миколаївський	321,7	17,8	76,63
Овідіопільський	347,2	49,4	51,30
Роздільнянський	277,0	64,8	92,99
Ренійський	266,7	45,5	35,10
Савранський	554,2	32,8	36,41
Саратський	278,0	49,1	85,78
Тарутинський	300,0	56,9	111,53
Татарбунарський	380,0	44,0	101,23
Фрунзівський	452,2	55,3	62,74
Ширяївський	346,9	75,7	100,40

ЛІТЕРАТУРА

1. Тетиор А.Н. Строительная экология. - К.: Вища школа, 1991. - 129 с.
2. Сахаев В.Г., Шевчук В.Я. Економіка і організація охорони навколишнього середовища.- ДО.: Вища шк., 1995. - 272 с.
3. Матеріали семінару "Основи природоохоронного законодавства України та Європейського Співтовариства: водни ресурси/Держ. інститит підвищення кваліфікації та перепідготовки кадрів Мінекобезбеки України. - Київ,1997.
4. Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. - Л.:Гидрометеиздат,1987. -248 с.
5. Казеннов С.М., Арбузов А.И., Ковалевский Ю.В. Воздействия объектов нефтепродуктообеспечения на геологическую среду
6. Бетелев Н.П. Методы определения загрязнения грунтов углеводородами
7. Журавлева М.Г. и др. Промышленные выбросы как источник загрязнения окружающей среды химическими элементами. - В кн.: Геохимия ландшафтов. - Ростов на Дону,1982. - С.12-14.
8. Махонько Є.П. и др. Содержание тяжелых металлов в растворимых осадками формах в выпадениях в зависимости от расстояния от источника загрязнения. - В кн.: Миграция загрязн. веществ в почвах и сопред. средах.- Обнинск,1979. - С.53-58.
9. Лысак А.В. и др. Проблемы дальнего атмосферного переноса загрязнений. - Журн. Всесоюзн. хим. ова им. Д.И.Менделеева. -1979. - т.24.- N 1. - С. 25-29.
10. Вредные вещества. Неорганические соединения элементов IV групп: Справ. изд. / А.Л.Биндеман и др. Под ред. В.А.Филатова.- Л.:Химия, 1988. -512 с.
11. Магмедов В.Г. Проблема охраны подземных вод от загрязнения. - В кн.:Проблемы охраны вод: Тр. УкрНЦОВ. - Харьков,1993.- Вып.1,2.- С.41-48.
12. Белогуров В.П., Воронцов Ю.Б. Система анализа данных об экстремальных ситуациях на водных объектах. - В кн.:Проблемы охраны вод: Тр. УкрНЦОВ. - Харьков,1993.- Вып.1,2.- С.12-20.
13. Арцев А.И. Инженерногеологические и гидрогеологические исследования для водоснабжения и водоотведения. - М.:Недра,1979. -285 с.
14. Шандала М.Г. и др. Принципы ограничения содержания токсичных соединений в промышленных отходах в накопителях с целью охраны подземных вод от химического загрязнения. - В сб.:Проблемы обоснования и реализации мероприятий по минимизации негативного воздействия на подземные воды. - Киев,1989. - С.83-85.
15. Бочеввер Ф.Н. Основы гидрогеологических расчетов. - М.Недра.1969. -367 с.

16. Бочеввер Ф.М., Лапшин Н.Н., Орадовская А.Е. Защита подземных вод от загрязнения. - М.:Недра,1979. -524 с.
17. Бочеввер Ф.М., Орадовская А.Е. Гидрогеологическое обоснование защиты подземных вод и водозаборов от загрязнения. - М.:Недра,1972. -129 с.
18. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент. Справочник.- М.: Энергоиздат, 1982. - 512 с.
19. Пашковский И.С., Рошаль А.А. и др. Исследование и моделирование загрязнения вод в районе крупной ТЭЦ в Восточной Чехии. - Геоэкология, 1995.- С. 57-74.
20. Смирнов С.И. Происхождение солености подземных вод седиментационных бассейнов. - М.: Недра, 1971. - 216 с.
21. Рошаль А.А. Методы определения миграционных параметров. - М: ВИЭМС, 1980. - 62 с.
22. Макеева Т.Г., Злочевская Р.И., Трофимов В.А. Закономерности миграции щелочных растворов высоких концентраций в глинистых грунтах. - Геоэкология, 1995.- С. 57-74.
23. Классификация грунтов дноуглубления Азово-Черноморского бассейна по степени их загрязненности (в пределах Украины).- Одесса: ЧЦД, 1991. -17 с.
24. Временный классификатор токсичных отходов и методические рекомендации по определению класса токсичности промышленных отходов. – М.: Минздрав СССР, 1987. – 24 с.

Збірник методичних вказівок з дисципліни "Оцінка техногенного впливу на ґрунти та підземні води"

Склали: Сафранов Т.А., професор, д.г.-м.н., Коніков Є.Г., професор, д.г.-м.н., Полетаєва Л.М., доцент, к.г.н., Ротор М.Ф., доцент, к.г.-м.н., Кузьміна В.А., асистент, Чугай А.В., інженер.

