

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК  
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК  
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ  
з дисципліни “Методологія та теорія екологічної безпеки”  
Спеціальність 7.04010603 «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Одеса 2015

Збірник методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни «Методологія та теорія екологічної безпеки» для студентів 5 курсу денної форми навчання за спеціальністю 7.04010603 «Екологія та охорона навколишнього середовища» / Вовкодав Г.М. – Одеса, ОДЕКУ, 2015 - 73 с.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК  
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК  
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ  
з дисципліни “Методологія та теорія екологічної безпеки”  
Спеціальність 7.04010603 «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Затверджено  
на засіданні кафедри  
прикладної екології  
Протокол № від  
Завідувач кафедрою  
\_\_\_\_\_ Сафранов Т.А.

Затверджено  
на засіданні методичної комісії  
природоохоронного факультету  
Протокол № від  
Декан факультету  
\_\_\_\_\_ Чугай А.В.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК  
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК  
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ  
з дисципліни “Методологія та теорія екологічної безпеки”  
Спеціальність 7.04010603 «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Затверджено  
на засіданні методичної комісії  
природоохоронного факультету  
Протокол № від  
Декан факультету  
\_\_\_\_\_ Чугай А.В.

Одеса 2015

## ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	5
<b>Практична роботи №1</b>	
Визначення ризику виникнення землетрусу.....	10
<b>Практична роботи №2</b>	
Визначення ризику виникнення зсуву.....	17
<b>Практична роботи №3</b>	
Визначення ризику виникнення селей.....	24
<b>Практична роботи №4</b>	
Визначення ризику виникнення повені.....	29
<b>Практична роботи №5</b>	
Визначення ризику ерозійної небезпеки.....	34
<b>Практична роботи №6</b>	
Визначення ризику виникнення посухи.....	41
<b>Практична роботи №7</b>	
Визначення ризику забруднення водного об'єкту .....	48
Додатки.....	59

## ВСТУП

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Методологія та теорія екологічної безпеки» для студентів, що навчаються за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища» призначені для закріплення теоретичних основ дисципліни та надбання студентами практичних навичок обробки та аналізу статистичних та експедиційних матеріалів.

З метою своєї безпеки, людина вимушена створювати спеціальні види діяльності по аналізу та управлінню надзвичайними ситуаціями природного та техногенного походження. До таких видів діяльності відноситься аналіз та оцінка ризику. В будь-якому виді діяльності визначення поняття ризику складне й обумовлене його комплексністю й наявністю багатьох аспектів. Ці аспекти допускають як кількісні, так і якісні підходи.

Екологічний ризик є окрема категорія ризику, орієнтована на кількісні підходи, які можна застосовувати на практиці.

Екологічний ризик – це можливість виникнення несприятливих екологічних наслідків, що виникли в наслідок небезпечних природних або антропогенних, в тому числі техногенних факторів – факторів ризику.

Фактори екологічного ризику – це природні та антропогенні впливи, які здатні викликати небажані, небезпечні зміни стану навколишнього середовища й здоров'я людини. Фактори екологічного ризику – це фактори, що несуть в собі екологічну небезпеку. Найважливішими з них є два: само небезпечне явище (природні й техногенні катастрофи); вразливість населення (ступінь підготовленості до цих явищ, реакція на них, організація заходів попередження й т.п.).

Всі фактори ризику змінюються в просторі й в часі.

Оскільки екологічна наука проходить період становлення, то на цей час можна відокремити декілька класифікацій екологічного ризику. За об'єктом досліджень екологічний ризик можна розділити на:

- 1) геоекологічний ризик;
- 2) антропоєкологічний ризик.

До об'єктів досліджень антропоєкологічного відносять:

- 1) загрозу забруднення навколишнього середовища продуктами діяльності людини;
- 2) реакція людини на результати своєї діяльності.

Об'єкти дослідження геоекологічного ризику складаються з:

- 1) загроза природних катастроф;
- 2) реакція природного середовища на вплив людини.

Всі несприятливі явища, що складають предмет досліджень геоекологічного ризику можна розрізнити на:

1. ендегенні (землетруси, виверження вулканів й т.п.);
2. екзогенні (зсуви, селі, ерозія ґрунтів й т.п.);
3. метеорологічні (урагани, смерчі, посухи та інш.);
4. гідрологічні (паводки, підтоплення й т.п.);

## 5. бар'єри (геохімічні, біологічні бар'єри й т.п.).

До найбільш небезпечних відносять ендегенні (землетруси й виверження вулканів). Саме на них припадає основна кількість людських жертв від природних стихій, але вони мають суттєву зональність й низьку повторюваність. Інші стихійні лиха не мають такої руйнівної дії, тому вважаються менш небезпечними, але випадковість робить їх небезпечними особливо для мало розвинених країн.

Виходячи з особливостей наслідків дії природних небезпечних явищ, можливість їх виникнення особливо цікавить такі галузі господарства як:

- 1) будівництво (стійкість будівель, особливості будівництва електромережі й т.п.);
- 2) сільське господарство (повені, посухи, урагани, зливи й т.п.);
- 3) екобезпеку (забруднення, епідемії й т.п.).

Екологічний ризик вимірюється різними величинами:

- 1) можливими розмірами погіршення якості природних ресурсів, деградації екосистем тощо;
- 2) можливим рівнем забруднення природних середовищ, тощо;
- 3) можливими натуральними показниками збитків (кількість жертв, зруйнованих об'єктів, втраченого вражаю й т.п.).

Найбільш розповсюдженим підходом до аналізу екологічного ризику є оцінка наслідків негативного явища через величину прогнозованих (потенційних) збитків. Ризик (R) тут виражається як добуток ймовірності прояву явища (P,%) на величину можливих збитків (Y):

$$R = P \cdot Y.$$

Існує декілька методів розрахунку, в залежності від наявності матеріалу, як величини ймовірності, так й величини збитків.

Широкий діапазон питань, що пов'язані з визначенням екологічного ризику, зокрема геоекологічного ризику, пояснює різноманітність пропонуємих до виконання практичних завдань. Слід також зазначити, що для більшості стихійних лих ще не створено надійних й загальноприйнятих методів прогнозу виникнення та оцінки ризику, тому пропонуються для ознайомлення деякі з існуючих методів.

По кожній практичній роботі повинен бути оформлений звіт, який містить мету роботи, завдання, розрахункову частину та висновок.

В якості індивідуального завдання студентом виконується реферат за наведеними нижче темами.

Оцінювання практичних робіт та реферату проводиться згідно з методикою наведеною в робочій програмі дисципліни.

**Теми рефератів в рамках індивідуального  
навчально-дослідного завдання:**

1. Абразія, лінійна (донна), бокова (руслова), схилова ерозія ґрунту - їх причини та наслідки, прогноз та попередження, способи забезпечення екологічної безпеки.
2. Біолого-екологічна класифікація хімічних елементів. Характеристика біогенних та абіогенних елементів.
3. Будова атмосфери Землі. Хімічний склад атмосферного повітря тропосфери.
4. Важкі метали у довкіллі – джерела надходження та мішені ураження.
5. Варіації коефіцієнтів поверхневого стоку річок та прогноз паводків.
6. Визначення індексу забруднення компонентів довкілля. Методи Бателле та поєднаного аналізу карт (GIS-технологій).
7. Вплив іонізуючих випромінювань на живі істоти, чутливість різних органів до іонізуючої радіації. Норми радіаційної безпеки та дози опромінення, що викликають променеву хворобу і призводять до летальних наслідків.
8. Геолого-геоморфологічні передумови накопичення родону. Умови безпечного проживання та перебування на загазованих територіях.
9. Геохімічні наслідки вулканічних вивержень. Гейзери та грязеві вулкани: природа та причини вивержень, наслідки та використання.
10. Гранично-допустимі концентрації, наукові основи визначення ГДК.
11. Типи токсичних речовин та їх колообіг у довкіллі. Токсичні ефекти. Нормування вмісту токсичних речовин.
12. Джерела евтрофікації водойм та наслідки забруднення біогенними елементами. Способи забезпечення екологічної безпеки від забруднення вод біогенними елементами.
13. Джерела живлення річок, твердий стік річок, закономірності водного, термічного, льодового режиму річок.
14. Джерела надходження оксидів сірки та нітрогену в атмосферне повітря. Кислотні дощі та їх причини і наслідки, шляхи вирішення проблеми.
15. Джерела надходження парникових газів. Парниковий ефект та можливі наслідки для змін клімату. Шляхи вирішення проблеми. Кіотський протокол.
16. Динамічна рівновага в природному середовищі та її порушення. Умови екологічно безпечного функціонування природних і техногенних систем. Причини та наслідки активізації небезпечних процесів та шкідливих чинників у довкіллі.
17. Евтрофікація, трофність та сапробність гідрологічних об'єктів, їх геохімічні та біологічні індикатори.
18. Екологічна безпека в умовах надзвичайних ситуацій. Модельна оцінка екологічного ризику. Експертна оцінка екологічного ризику. Соціологічна оцінка екологічного ризику.
19. Екологічний підхід до оцінки стану та регулювання якості довкілля.. Гранично-допустиме екологічне навантаження.
20. Екологічні наслідки застосування ядерної та термоядерної зброї.



21. Екологічні небезпеки - джерела ризику. Показники екологічної небезпеки.
22. Екотоксиканти, ксенобіотики та їх токсичність.
23. техногенні небезпеки. Класифікація і номенклатура потенційно небезпечних об'єктів і технологій.
24. Забруднення атмосферного повітря, вміст забруднюючих речовин при спалюванні різних типів органічного палива.
25. Забруднення поверхневих вод та ґрунтів нафтою та нафтопродуктами – причини та наслідки.
26. Загазованість геологічного середовища та причина підвищеного вмісту у ґрунтах метану, сірководню, вуглекислого газу, радону. Загазованість вугільних шахт, їх категорійність та безпека видобутку вугілля.
27. Загазованість сірчанних копалень та безпека видобутку самородної сірки. Загазованість уранових копалень та безпека видобутку урану.
28. Загальна характеристика геосфер (літосфери, гідросфери, атмосфери, біосфери) та сфер впливу людини (антропосфери, соціосфери, техносфери, ноосфери).
29. Землетруси техногенного типу – причини та наслідки, приклади.
30. Землетруси: причини, ознаки та наслідки.
31. Значення рН води та ґрунтів: засолення, закислення, залуження - причини та наслідки, прогноз та попередження, способи забезпечення екологічної безпеки.
32. Зонування станів навколишнього середовища за екологічними критеріями (характеристика зон екологічної норми, екологічного ризику, екологічної кризи та екологічної біди–катастрофи).
33. Ізотопний склад природних та технологічно-змінених вод, фракціонування ізотопів гідрогену та кисню, їх вплив на живі істоти та здоров'я людей.
34. Інженерна оцінка екологічного ризику. Комбіновані небезпеки: поєднання природних та техногенних чинників. Небезпеки в сучасному урбанізованому середовищі.
35. Історія цивілізації і стану довкілля острова Пасхи: аналіз поведінки людей з позицій екологічної безпеки та апроксимація на майбутнє людства і планети Земля.
36. Кількісна оцінка природних та техногенних небезпек, їх аналіз та керування ризиками.
37. Класи небезпеки основних забруднювачів за ступенем впливу на організм людини.
38. Критерії оцінки стану навколишнього середовища. Рослинні, зоологічні та ґрунтові індикатори зон екологічної норми, ризику, кризи і біди.
39. Матричний метод оцінки рівня екологічної безпеки за Л.Леопольдом. Найважливіші чинники, які повинні враховуватись при розробці та реалізації проектів виходячи з матричного підходу.
40. Метод побудови та аналізу гідрографу річки, визначення модуля підземного стоку, підземного, ґрунтового та дощового живлення.
41. Механічна, біологічна і хімічна очистка води, проблеми мулу очисних споруд.

42. Модель екологічно зумовленого голодомору - деградаційного впливу на довкілля експоненційно-зростаючої популяції - експеримент на острові Св.Матвія.
43. Модель екоциду - розквіту та деградації цивілізації з експоненційним зростанням чисельності людської популяції та її раптової депопуляції на острові Пасхи (Рапа-Нуї) внаслідок виснаження ресурсів території.
44. Моретруси та цунамі - причини та наслідки, прогноз та попередження, способи забезпечення екологічної безпеки. Механізм руйнівного впливу та стадії розвитку цунамі.
45. Найбільш катастрофічні землетруси в історії людства. Прогнозування землетрусів та їх достовірність. Міри захисту від руйнівної дії землетрусу.
46. Найбільш потужні виверження вулканів. Оцінка екологічної безпечності території навколо діючого (згаслого) вулкану.
47. Найбільші гідрологічні об'єкти світу – океани, моря, озера, річкові системи. Гідрологічний режим та гідрологічний процес.
48. Небезпечні біологічні та інфекційні впливи, їх прогноз та попередження, причини та наслідки (патогенні біотичні агенти - бактерії, віруси, гриби, мікоплазми, токсини, отрути біологічного походження; вогнища епідемій небезпечних інфекційних захворювань).
49. Небезпечні впливи підприємств металургійної, хімічної, нафтопереробної, гірничо-видобувної, деревообробної, харчової промисловості, теплових електростанцій, транспорту, сільського господарства. Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС) техногенного об'єкту.

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА №1**

### **ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ ЗЕМЛЕТРУСІВ**

**Мета:** ознайомити студентів з основними визначеннями та класифікаціями землетрусів, навчити визначати складові сейсмічного ризику.

**Завдання:** За даними табл.1.2. розрахувати сейсмічний ризик території. Визначити заходи по запобіганню або ослабленню негативного впливу.

#### **Відомості з теорії**

Землетруси – результат деформування пружного шару літосфери, виникають коли накопичені в середовищі напруги перевищують прочність порід, що його складають.

Відрізняють типи землетрусів за їх походженням:

- 1) тектонічні;
- 2) вулканічні (від вибухових вивержень й при русі магми в середині вулканів);
- 3) обвальні (денудаційні);
- 4) антропогенні або техногенні (що викликані діяльністю людини);
- 5) метеоритні, що викликані падінням крупних метеоритів на поверхню Землі.

Відома класифікація землетрусів за глибиною осередку:

- 1) мілкофокусні або корові з глибиною залягання осередку до 70 км;
- 2) проміжні з глибиною осередку від 70 до 300 км;
- 3) глибокі, з осередком на глибині 300-700 км.

Глибше за 700 км землетрусів зафіксовано не було. Вважається, що на цій глибині втрачається кристалічна будова твердої речовини й неможливе накопичення потенційної енергії за рахунок деформації середовища.

Визначна кількість землетрусів пов'язана з тектонічними процесами в глибинах Землі. У верхніх шарах Землі відбуваються процеси, що приводять до виникнення напруженого стану у блоках земної кори. Потенційна енергія накопичується за час довготривалого процесу наростання деформацій. Коли пружні напруги починають перевищувати границю міцності порід відбувається розрив або розлом. Розриви виникають вздовж відомих розломів або послаблених зон, блоки здвигаються, прагнучи відтворити рівновагу.

Всякий землетрус виникає в наслідок раптового вивільнення значної кількості енергії, що накопичилася за довгий час наростання напруг до критичного рівня в деякому об'ємі в середині Землі. При цьому у визначеній області в тілі Землі відбувається руйнація й інші незворотні деформації гірських порід. Ця область називається осередком землетрусу. В геологічному розумінні осередок – це розрив або група розривів, по яких відбувається миттєве переміщення мас. В центрі осередку умовно вирізняють точку, яка називається гіпоцентром землетрусу. Проекція гіпоцентру на

земну поверхню називається епіцентром, а проекція осередку – епіцентральною областю.

За осередком землетрусу деформації мають характер пружних хвиль, які розповсюджуються за законами пружних хвиль. Відстань від епіцентру до точки спостережень, що вимірюється в одиницях довжини або відповідним центральним кутом, називається епіцентральною відстанню. Час початку землетрусу називається часом у вогнищі. Час за який хвилі досягають точки спостережень називають часом пробігу відповідної хвилі (повздожня, поперечна, поверхнева). Всі відмітки часу всіма сейсмічними станціями надаються у Грінвічському часі.

Найбільша сила землетрусу спостерігається в епіцентрі, з віддаленням від нього вона зменшується. Силу землетрусу вимірюють у балах за ступенем створених ним руйнувань. Існують декілька шкал оцінки сили землетрусів (Ріхтера, Меркалі, Шиндо, Європейська макросейсмічна шкала (EMS), шкала Медведєва-Шпонхойера-Карніка (МСК-64)). Бальність описує ступінь конкретних руйнувань в конкретному місці. А енергетичну оцінку землетрусу характеризують за допомогою магнітуди – умовної величини, пов'язаної з енергією землетрусу таким чином: збільшення магнітуди на одиницю відповідає збільшенню енергії у 30 разів (шкала Ріхтера). Тектонічних землетрусів з  $M$  більше ніж 8,6 не спостерігалось, оскільки напруги не можуть вирости більше ніж критичні, а розмір критичної зони - обмежено.

Сейсмічний ризик для даної території розраховується за рівнянням:

$$R = E_H \times G_H \times V_C \times D_P \times E_A, \quad (1.1)$$

де  $E_H$  – сейсмічна небезпека;  $G_H$  – геологічна небезпека;  $V_C$  – вразливість споруд;  $D_P$  – соціальний фактор;  $E_A$  – фактор, що характеризує економічну активність.

Сейсмічний ризик класифікують як: 1- низький, 2- середній, 3 – підвищений, 4 та вище – високий.

Сейсмічна небезпека визначається регіональною сейсмічною небезпекою, посилюючими властивостями ґрунтів, впливом рельєфу, гідрогеологічними умовами. Регіональна сейсмічна небезпека виражається можливою інтенсивністю або піковим прискоренням для різних періодів повторюваності. Середня сейсмічна інтенсивність землетрусів може бути розрахована за формулою:

$$I = 1,5M - 4,5 \lg \sqrt{H^2 + R^2} + 7,0, \quad (1.2)$$

де  $M$  – магнітуда по Ріхтеру;  $H$  – глибина осередку, км;  $R$  – епіцентральною відстань, км.

Ріхтер запропонував для оцінки сили землетрусу десятичний логарифм пересування (у мікрометрах) голки стандартного сейсмографу Вуда-Андерсона, розташованого на відстані 100 км від епіцентру:  $M_L = \lg A$ . Енергія землетрусу приблизно пропорційна  $A^{3/2}$ , тобто збільшення магнітуди

на 1,0 відповідає збільшенню амплітуди коливань у 10 разів та збільшенню енергії приблизно у 32 рази. Землетруси різної магнітуди за шкалою Ріхтера проявляються наступним чином: 1 – самі слабкі поштовхи, що відчуються; 4,5 – самі слабкі поштовхи, що призводять до невеличких руйнувань; 6 – помірні руйнування; 8,5 – самі сильні з відомих землетрусів.

Посилюючі властивості ґрунтів наведено у табл.1.1.

Таблиця 1.1. Класифікація ґрунтів за сейсмічними властивостями

Клас ґрунту	Опис	Посилення сейсмічної інтенсивності, бали
A	ґрунти типу скельні (вапняки, пісковики)	-1,0
B	піщано-глиністі відклади потужністю 30-80 м, що характеризуються ростом швидкостей з глибиною	0
C	піщано-глиністі відклади потужністю 30-80 м, що обводнені с поверхні	0,5
D	піщано-глиністі відклади потужністю 80-160 м, обводнені або ні	0
E	піщано-глиністі відклади потужністю > 160 м, обводнені або ні	-1,0
F	алювіальні відклади (мілкозерністі піски, іли, супісі й т.п.) потужністю до 30 м, водонасичені	1,0

Вплив гідрогеологічних умов при рівні ґрунтових вод більше ніж 5-10м (від поверхні) можна не враховувати. При падінні рівня ґрунтових вод з 1,0 м до 11,0 м макросейсмічна інтенсивність знижується на 0,5 бала.

Вплив рельєфу на амплітудно-частотні характеристики стає відчутним при крутості схилів  $k = h/l = 0,08$  ( $4^\circ$ ). Вважається, що при  $0,08 \leq k < 0,2$  – амплітудно-частотні характеристики посилюються в 1,5 рази, а при  $k \geq 0,2$  – в 2 рази. На вплив рельєфу також значний вплив оказує потужність осадочних відкладів. Так, при відкладах менше ніж 125 м вклад рельєфу відчутний. При потужності відкладів 150 м й більше – вплив рельєфу практично не відчувається.

Внесок геологічної небезпеки (зсуви, просадки, розжиження, розриви) у формування сейсмічного ризику вважають в межах 3-5%. Для спрощення розрахунків в даному завданні не враховуємо.

Вразливість споруд розраховують за наступним принципом:

$$V_C = (N_A + 0,5N_B + 0,3N_C) / (N_A + N_B + N_C), \quad (1.3)$$

де  $N_A$ ,  $N_B$ ,  $N_C$  – показують кількість будівель типів А, В, С (у відповідності з класифікацією шкали MSK - 64: А – будівлі з кірпичу сирцю, В – кірпичні, мілкоблочні, крупноблочні будівлі, С – каркасні залізобетонні, панельні, рублені ізби).

В якості соціального фактора використовують щільність населення. Так, індекс щільності населення складає: 1 – менш ніж 100 чол./км<sup>2</sup>, 2 – 100-200 чол./км<sup>2</sup>, 3 – 200-500 чол./км<sup>2</sup>, більш ніж 500 чол./км<sup>2</sup>.

Фактор, що характеризує економічну активність пропорційен валовому прибутку на душу населення й виражається індексом економічної активності: 1- низький, 2- середній, 3- високий, 4- дуже високий.

**Приклад:** Надано: вихідні дані в табл.1.2.

Розрахунок:

1. Середню сейсмічну інтенсивність землетрусів розраховуємо за формулою (1.2):

$$I = 1,5M - 4,5 \lg \sqrt{H^2 + R^2} + 7,0 = 1,5 \times 6 - 4,5 \times \lg \sqrt{100^2 + 200^2} + 7,0 = 5,4.$$

2. Посилюючі властивості ґрунтів за даними табл.1.1. Клас ґрунтів А це скельні ґрунти посилення сейсмічної активності тут складає -1,0.

3. Вплив гідрогеологічних умов: рівень ґрунтових вод 10 м при такій глибині залягання їх вплив на посилення сейсмічного впливу незначний. Вплив рельєфу:  $k = 0,05$  при такій крутизні схилів вплив рельєфу не відчувається.

4. Вразливість споруд:

$$V_C = (N_A + 0,5N_B + 0,3N_C) / (N_A + N_B + N_C)$$

$$V_C = (200 + 0,5 \times 250 + 0,3 \times 45) / (200 + 250 + 45) = 0,68.$$

5. Індекс щільності населення складає дорівнює 1.

6. Індекс економічної активності дорівнює 1.

7. Сейсмічний ризик для даної території складає:

$$R = E_H \times V_C \times D_P \times E_A = (5,4 - 1,0 + 0 + 0) \times 0,68 \times 1 \times 1 = 3$$

№	M	H, км	R, км	Клас ґрун- тів	Будівлі			к	Рівень ґрунтови х вод, м	D <sub>P</sub>	E <sub>A</sub>
					A	B	C				
Прик- лад	6	100	200	A	200	250	45	0,05	10,0	1	1

**Висновок:** Для даної території при наданих вихідних даних спостерігається підвищений сейсмічний ризик.



### **Контрольні питання:**

1. Що називають землетрусом?
2. Класифікації землетрусів?
3. Причини виникнення землетрусів?
4. Шкали для оцінки сили землетрусів?
5. З визначення яких складових складається сейсмічний ризик території?
6. Чому склад ґрунтів оказує вплив на силу землетрусу?
7. Який показник використовують для врахування соціального фактора при оцінці сейсмічного ризику?

### **Перелік літератури:**

1. Алказ В.Г. Научно-методические основы прогноза сейсмической опасности и сейсмического риска территории республики Молдова. /Автореферат дис. доктора физ.-мат. наук. – Кишинев, 2006. - 37 с.
2. Задонина Н.В., Саньков В.А., Леви К.Г. Современная геодинамика и геодинамика. Природные катастрофы и организация превентивных мероприятий при чрезвычайных ситуациях. – Иркутск: Изд-во. ИрГТУ, 2004. - 86 с.
3. Касьянова Н.А. Экологические риски и геодинамика.- М.:Научный мир, 2003. - 332 с.
4. Королев В.А. Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем. - М.:КДУ, 2007. - 416 с.
5. СНИП 11-7-81. Строительство в сейсмических районах. - М.: Минстрой, 1995. - 131 с.
6. Шахрамьян М.А. Оценка сейсмического риска и прогноз последствий землетрясений в задачах спасения населения - М.: Научный мир, 2000. - 190 с.



**Мета:** ознайомити студентів з визначеннями та класифікаціями зсувів, навчити визначати ризик виникнення зсуву.

**Завдання:**

1. Визначити тип зсуву за наведеними класифікаціями.
2. Розрахувати ймовірність виникнення зсуву за наданими в табл.2.3. вихідними даними й зробити висновок.
3. Визначити заходи по запобіганню або ослабленню негативного впливу.

**Відомості з теорії**

Зсув - це різке зрушення гірських порід, при якому маси, що переміщуються, відділені від монолітної основи видимою поверхнею ковзання. Зсуви виникають, як у пухких, так і у скельних породах при наявності похило нахилених водоупорів, що виконують роль «змащення», або надлишкового зволоження ґрунтів. В якийсь момент сила зв'язності ґрунтів або гірських порід оказується менше ніж сили тяжіння, й уся маса приходить у рух. Виникнення зсувів викликають наводненість ґрунту, зміна виду насаджень або знищення рослинного покриву, вивітрювання, струси. Зсувний рух завжди пов'язан з наявністю ґрунтових вод. Їхній достаток - необхідна умова оповзання. Однак треба собі ясно представляти, що не ґрунтові води служать причиною зсуву. Часто ми бачимо, що крутий схил долин піддається зсувам, а поруч вище або нижче за течією при тій же геологічній будові, при такому ж достатку води водоносних горизонтів і однакої висоті рівня підземних вод ніяких зсувів немає просто тому, що схил менш крутіший. Можна сказати, що при дотриманні ряду необхідних умов зсуви є функція крутості й висоти схилу. Але не можна сказати, що зсув - є функція наявності ґрунтових вод. Для виникнення зсувів найбільш сприятливі такі геологічні умови, коли в основі зсувного схилу залягають водотривкі шари, а вище лежать водоносні породи. Утворенню зсувів особливо сприяє таке залягання порід, при якому падіння покрівлі водотривких порід збігається з напрямком ухилу поверхні. Водотривкий горизонт при цьому служить поверхнею ковзання, по якій більш-менш значний блок породи зсковзує долілиць по схилі. Нестійкості схилу сприяє й підвищення обводненості ґрунтів, наявність пухких відкладень або гірських порід. Вода заповнює пори й порушує зчеплення між частками ґрунту. Міжпластові води можуть діяти подібно змащенню й полегшувати ковзання. Зв'язність гірських порід може бути порушена при замерзанні, і в процесі вивітрювання. На виникнення зсувів найбільший вплив мають дощові опади й струси. При сильних землетрусах зсуви виникають завжди. Що ж стосується дощових опадів, те це залежить від багатьох умов. Наприклад, в Альпах як критична межа прийнята кількість опадів вище 2500 мм. Випадання такої кількості опадів у короткий проміжок часу становить гостру небезпеку. У результаті багаторічних спостережень за проявом зсувних процесів встановлено, що масовий прояв зсувів спостерігається у багатководні роки й при максимальному положенні рівня ґрунтових вод. Високе стояння ґрунтових вод щодо поверхні ковзання зсуву і його підняття по 30 - 40 см у

добу протягом 6 - 7 діб є гідрогеологічною ознакою зсувної небезпеки даного схилу. Властивості ґрунтів покривних утворень - це основний фактор утворення й розвитку зсуву. Наявність у складі ґрунтів покривних утворень більше 50% глинистої фракції й вологість ґрунту більше 26% служить ознакою активізації зсувів.

Серед зсувних явищ можна визначити наступні види:

1. Сповзання блоків породи (блокові або структурні).
2. Сповзання чохла пухких відкладів (одноразове й швидке) по поверхні скельної або мерзлої - зсуви-спливи.
3. Сповзання дрібних блоків - опливання, що охоплює весь схил або його значну частину.
4. Вівсідання схилів, зсув блоків скельних або напівскельних порід.

Відповідно до цього, можна розглядати зсувні схили, схили оповзання чохла пухких відкладів (схили зсувів- спливів), схили опливання й схили отседання.

Структурні зсуви розділяються по різних ознаках. А.П. Павлов ще в минулому сторіччі розділяв зсуви на детрузивні й деляпсівні. Перші зсуви "штовхають" перед своїм нижнім кінцем пластичні гірські породи, деформуючи їх. Другі вільно зсковзують до урізу ріки, моря, озера.

Стосовно структури гірських порід, що складають схили, зсуви діляться на наступні види:

1. асеквентні, розвинені в однорідних породах;
2. консеквентні, що відбуваються по площинах нашарування порід або ж по площинах розламів;
3. інсеквентні, для яких характерне перетинання площинами оповзання поверхонь нашарування або площин розламів.

Зсуви можуть відбуватися на одному висотному ярусі - одноярусні або на декількох - багатоярусні. Багатоярусні зсуви спостерігаються в горах і рідше на рівнинах, головним чином там, де висота схилів досягає 100 - 200 метрів.

За часом, протягом якого відбувається процес оповзання, виділяються зсуви одночасні, періодичні й постійні. Можна розрізнити зсуви сучасні, недавні (що відбувалися десятки років тому), давні -, що сповзали в плин історичного часу, тобто менш ніж 3- 5 тис. років тому, і древні - вилучені від нас геологічно тривалими відрізками часу становить гостру небезпеку.

За швидкістю зміщення схилові процеси підрозділяються на три категорії: повільні, зі середньою швидкістю й швидкі. Повільні іноді називають водоченіями; швидкість сповзання не перевищує декількох сантиметрів у рік. Небезпека цих зміщень полягає в тім, що вони можуть поступово перейти в швидкі, що й відбувається з багатьма великими зсувами. Зміщення зі середньою швидкістю – метри в годину або метри у добу. Швидкість швидких зсувів складає декілько десятків кілометрів у годину. Такі зсуви можуть стати причиною катастроф з багатьма людськими жертвами.

Зсувна ділянка складається з зони відриву й фронтальної зони. (акумуляції). В зоні відриву буває розрізняють осовну трещину відриву й площину ковзання, по якій тіло зсуву відокремилася від підстеляючої

породи. За механізмом зсувного процесу вирізняють зрушення, видавлювання, гідравлічний винос. Зсуви розрізняють за глибиною залягання поверхні ковзання: поверхневі (до 1 м), мілкі (до 5 м), глибокі (більш ніж 20 м). За потужністю утягнутій в процес маси гірських порід зсуви розподіляють на мілкі, великі й дуже великі.

За генетичними комплексами порід, які є головним деформувальним горизонтом вирізняють наступні групи зсувів:

1. Зсуви (пластичного типу), що розвинуті в делювіальних відкладах. За механізмом вони виявляються у вигляді в'язкопластичних деформацій. Для таких зсувів у їхньому природно-історичному розвитку виявлена п'ятирічна ритмічність незначної катастрофічної активізації, а для значної кількості – переважно дев'яти та одинадцятирічна. Механізм утворення таких зсувів контролюють переважно морфологічні знижених ділянок рельєфу, у межах яких нагромаджується відповідний об'єм делювіальних відкладів. У цьому випадку на контакті корінних порід або їхньої кори вивітрювання та делювіальних відкладів формується водоносний горизонт, який є важливим чинником активізації зсувного процесу. Активізацію зсувів пластичного типу контролює (зумовлює) передусім режим зволоження порід та режим функціонування водоносного горизонту. У разі техногенних змін геологічного середовища пластичні зсуви можуть стати причиною активізації складних структурно-пластичних зсувів.

2. Зсуви структурні, контрольовані відповідними структурно-тектонічними умовами, а також межами поширення відповідних літолого-стратиграфічних комплексів. Досягають велетенських об'ємів (до 100 млн. м<sup>3</sup>).

Структурно-пластичні зсуви, розвинуті, зазвичай у межах схилів, верхня частина яких складена пісковиками з високими фізико-механічними показниками, а нижня – відкладами глинистого флішу, який має низку досить слабких фізико-механічних показників. Тому такі зсуви характеризуються зміщенням верхньої частини у вигляді структурних зміщень, а нижньої – у вигляді пластичних.

Типи й підтипи схилових процесів по механізму зсуву порід визначаються за табл. А.1.

Під інженерним ризиком території в аспекті оцінювання загрози катастрофічного прояву зсувів розуміють розраховану ймовірність їхньої активізації під дією природних або техногенно-природних чинників.

Ймовірність виникнення зсуву пропонується визначати, як добуток ймовірностей діючих на нього чинників. В діапазоні зміни кожного чиннику виділяють інтервали (класи) високої і низької ймовірності, приймаючи їх суму рівну 1. Так, при прогнозі зсувів – потоків чинник крутизни схилів має низькоймовірний інтервал (0,1) для 15-20°, а високоймовірний (0,9) – схили крутизною 20-50°, тобто для чинника крутизни схилів сума ймовірності дорівнює  $0,1+0,9 = 1$ . Подібним чином підбираються інтервали для інших чинників. Категорії небезпеки для зсувів наведено в табл. 2.1.

Коли в сукупності, яку ми розглядаємо,  $n$  чинників, з яких  $m$  відносяться до високоїмовірних, то ймовірність виникнення зсуву визначається з співвідношення:

$$P = p^m q^{n-m}, \quad (2.1)$$

де  $p$  і  $q$  відповідно, інтервали високої і низької ймовірності.

При різних значеннях  $n$  і  $m$  ймовірність явища в межах досліджуваного класу може бути визначена з врахуванням групування різноймовірносних класів і числа поєднань.

Таблиця 2.1. Категорії небезпеки природних процесів для зсувів

Показники, що використовуються при оцінці ступеню небезпеки природного процесу	Категорії небезпеки процесів			
	надзвичайно небезпечні (катастрофічні), 0,5 одиниць	дуже небезпечні 0,3 одиниці	небезпечні 0,2 одиниці	помірно небезпечні 0,1 одиниця
Площадна враженість території, %	більш ніж 30	11-30	1-10	0,1-1
Площа разового прояву на одній ділянці, км <sup>2</sup>	1-2	1-0,5	0,01-0,5	менш ніж 0,01
Об'єм захоплених порід при разовому прояві, млн. м <sup>3</sup>	10-20	5-10	0,001-5	до 0,001
Повторюваність, од. в рік	0,01-0,1	0,1-0,25	0,25-0,75	1

Ймовірність виникнення зсуву на площі  $S$  також можна визначити з виразу:

$$W = 1 - e^{-P(on/D)S} \quad (2.2).$$

При цьому щільність ймовірності  $P(on/D)$  утворення зсувного осередку на одиниці площі території визначається за формулою Байеса:

$$P(on/D) = P(on)((D/on)/p(D)), \quad (2.3)$$

де  $P(on)$  – апіорна щільність ймовірності виникнення зсувного осередку на одиниці площі;  $P(D/on)$  – ймовірність спостереження ознаки  $D$  при умові, що на ділянці відбувається зсув;  $P(D)$  – апіорна ймовірність спостереження ознаки  $D$ .

### Приклад.

Надано:

- склад геологічного розрізу: лес (15 м), гранітний шар (далі);
- глибина залягання ґрунтових вод, м (10 м);
- площадна враженість території, % (20 %);
- площа разового прояву на одній ділянці, (2 км<sup>2</sup>);
- повторюваність, од. в рік (0,1);
- нахил залягання пластів, град (40°).

**Розрахунок.** Об'єм захоплених порід при разовому прояві (млн. м<sup>3</sup>) дорівнює добутку площі разового прояву на одній ділянці (2 км<sup>2</sup>) та глибини верхнього шару породи (15 м). Він дорівнює 0,03 млн. м<sup>3</sup>.

Оцінюємо ймовірність прояву кожного з чинників:

1. Глибина залягання ґрунтових вод 10 м, це на 5 м вище від водоупору (гранітний шар) тобто шар породи в 5 метрів повністю зволожено, цей чинник за шкалою від 0 до 1 можна оцінити як 0,4 (табл.2.3).

2. Площадна враженість території 20% , за табл. А.1 це складає 0,3 одиниці від суми ймовірностей прояву.

3. Об'єм захоплених порід при разовому прояві 0,03 млн. м<sup>3</sup> дорівнює 0,2.

4. Площа разового прояву на одній ділянці 2 км<sup>2</sup> дорівнює 0,5.

5. Повторюваність, од. в рік дорівнює 0,5.

6. Нахил залягання пластів 40° дорівнює 0,9.

Розраховуємо ймовірність за формулою (2.1):

$$P = 0,4 \times 0,3 \times 0,2 \times 0,5 \times 0,5 \times 0,9 = 0,0054$$

**Висновок:** при наявному складі чинників ризик виникнення зсуву невеликий, й складає 0,0054.

Таблиця 2.2. Вихідні дані для розрахунку ймовірності виникнення зсуву

№ ва-ріанту	Склад геологічного розрізу*	Глибина залягання ґрунтових вод, м	Площа-на враже-ність те-риторії, %	Площа разового прояву на одній ділянці, км <sup>2</sup>	Об'єм за-хоплених порід при разовому прояві, млн. м <sup>3</sup>	Повто-рюва-ність, од. в рік	Нахил заляган-ня плас-тів,град
1	I	15	20	1	розрахо-вується	0,25	20
2	II	20	10	0,6		0,50	10
3	III	20	30	2		0,4	5
4	II	15	5	0,1		0,01	50
5	III	8	12	0,8		0,05	30
6	I	18	7	0,1		0,15	15
7	I	15	20	3		0,05	20
8	III	25	15	0,8		0,01	40
9	II	22	3	0,2		0,75	50
10	I	10	6	0,05		0,1	15
11	II	24	11	0,7		0,3	5
12	II	20	2	0,1		0,4	20
13	II	20	9	0,5		0,01	30
14	III	10	1	0,01		0,1	20
15	III	5	15	1,5		0,01	5
16	I	15	5	0,7		0,2	20
17	I	18	20	1,0		0,15	30
18	I	18	2	0,9		0,75	40
19	II	15	22	1,2		0,3	10
20	III	7	15	2		0,2	50
21	III	8	7	0,6		0,02	5
22	II	15	2	0,2		0,6	45
23	II	17	3	0,5		0,2	15
24	I	19	15	1		0,1	20
25	I	19	17	0,6		0,5	50
26	III	4	30	2		0,01	60
27	III	8	15	0,7		0,3	20
28	I	10	5	0,2		0,2	10
29	II	18	2	0,6		0,5	50
30	II	20	10	0,8		0,3	60

\* Геологічні розрізи (від поверхні): I – пісковики (20 м), глинистий фліш (40м); II – делювіальні відклади (25 м), гранітний шар (далі); III – лес (10 м), мергелі (далі).

Таблиця 2.3. Орієнтовний вплив шару зволоження на ймовірність зсуву:

Шар	повного	Ймовірність	Шар	повного	Ймовірність
-----	---------	-------------	-----	---------	-------------

зволоження	зсуву у відносних одиницях	зволоження грунту, м	зсуву у відносних одиницях
0	0,001	3	0,17
1	0,1	4	0,2
2	0,13	5	0,4

### Контрольні питання:

1. Що називають зсувом?
2. В яких випадках формується зсув?
3. Класифікація зсувів?
4. Методи визначення ризику виникнення зсувів?
5. Категорії небезпеки природних процесів відносно формування зсувів?

### Перелік літератури:

1. Гошовський С.В., Рудько Г.І., Преснер Б.М. Екологічна безпека техноприродних геосистем у зв'язку з катастрофічним розвитком геологічних процесів. - К.ЗАТ "НІЧЛАВА", 2002. - 624 с.
2. Задонина Н.В., Саньков В.А., Леви К.Г. Современная геодинамика и гелиодинамика. Природные катастрофы и организация превентивных мероприятий при чрезвычайных ситуациях. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. - 86 с.
3. Касьянова Н.А. Экологические риски и геодинамика - М.:Научный мир, 2003. - 332 с.
4. Королев В.А. Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем -М.: Изд-во КДУ, 2007. - 416 с.
5. СНИП 22-01-95. Геофизика опасных природных воздействий - М.: ПНИИИС Госстроя России, 1996. - 6 с.
6. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов / Госстрой России - М.: ПНИИИС Госстроя России, 2000.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №3 ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ СЕЛЕЙ

**Мета:** ознайомити з визначеннями та класифікаціями селей, навчити визначати ризик сходу селю за метеорологічними даними.

**Завдання:** Розрахувати ризик виникнення селю й граничну його концентрацію за наведеними вище формулами й вихідними даними наведеними у табл. 3.2. Визначити заходи по запобіганню або ослабленню негативного впливу.

### Відомості з теорії

Селеві потоки - це короткочасні руйнівні потоки, що перевантажені грязьо-кам'яним матеріалом, що виникають при чергуванні тривалих й більш менш посушливих періодів часу з контрастним коливанням добових температур. При цьому відбувається фізичне вивітрювання скельних порід з короткочасними періодами зливого випадіння опадів або інтенсивним таненням снігу. Зазвичай виникають у передгірських, гірських районах, у басейнах невеличких річок й логів з великими нахилами тальвегу ( $>0,1$ ).

За характером матеріалу, що транспортується, вирізняють селі:

- 1) грязеві – з гряззю;
- 2) кам'яні – з камінням;
- 3) змішані – з гряззю й камінням.

За походженням вирізняють селі: дощові, снігові, льодовикові й т.п. (табл. 3.1).

За мутністю потоку вирізняють:

- 1) наносоводні мутність складає 1100-1600 кг/м<sup>3</sup>;
- 2) грязеві – 1400-2000 кг/м<sup>3</sup>;
- 3) грязьокам'яні – 1800-2500 кг/м<sup>3</sup>.

Селевий процес – це процес взаємодії селевого потоку з руслом. Механізми формування селевої сумішки великої щільності можуть бути зведені до двох схем:

1) утворенню в'язкопластичної маси в наслідок зсуву водонасичених гірських порід, що призводить до руйнації (в наслідок об'ємних деформацій) структури ґрунту й перемішуванню маси в загалі;

2) утворення висококонцентрованої суміші твердої й рідкої фаз при взаємодії водного потоку з рихлообломковими породами.

В першому випадку початкова щільність селевої суміші одразу висока й визначається співвідношенням твердої й рідкої фаз у породі, що зсунулася.

У другому випадку спостерігається поступове по мірі руху по осередку селеформування, насичення водного потоку твердим матеріалом. Останній механізм може бути реалізовано двома шляхами:

1) основна частина твердої складової зважується у масі потоку за рахунок турбулентного перемішування останньої. Найбільш крупні фракції на першій стадії процесу втрачають контакт з руслом й також переходять у зважений стан в наслідок зіткнення (при своєму русі) з елементами шорсткості осередку селеформування.

Таблиця 3.1. Класифікація селей за походженням



Типи	Причини виникнення	Розповсюдження та зародження
Дощовий	Зливи, затяжні дощі	Самий розповсюджений на Земле тип селей. Утворюється в наслідок розмиву схилів й утворення зсувів
Сніговий	Інтенсивне сніготанення	Створюються переважно у горах субарктики. Пов'язані зі зривом й перезволоженням снігових мас
Льодовиковий	Інтенсивне танення льоду	У високогірних районах. Зародження пов'язане з проривом талих льодовикових вод
Вулканогенний	Виверження вулканів	У районах діючих вулканів. Самі великі. В наслідок бурного сніготанення й прориву кратерних озер
Сейсмогенний	Сильні землетруси	У районах високої сейсмічності. Зрив ґрунтових мас зі схилів
Лімногенний	Утворення озерних котловин	У високогірних районах. Руйнування гребель
Антропогенний й прямого впливу	Скопичення техногенних порід. Неякісні земляні греблі	На ділянках складування відвалів. Розмив й сповзання техногенних порід. Руйнація гребель
Антропогенний та непрямого впливу	Порушення ґрунтового рослинного покриву	На ділянках знешкодження лісів, лук, розмив русел й схилів

2) селеформуєчі породи, що залягають на великих нахилах ( $i > i_{кр}$ ) й не мають зчеплення (в умовах повного затоплення) набувають можливості самостійного масового лавинного руху, переміщуючись з водою, вони переміщуються й в кінці кінців формують селеву масу високої щільності.

Граничне насичення потоків твердою складовою визначається:

- 1) витратами потоку;
- 2) мінералогічним й гранулометричним складом селеформуєчих порід;
- 3) морфометричними характеристиками осередків селеформування.

Існує пряма залежність між концентрацією твердої фази в потоці й нахилом русла:

1) При малих його значеннях ( $0-5^\circ$ ) сельові потоки великої щільності (більш ніж  $2000 \text{ кг/м}^3$ ) не формуються навіть при великих витратах водного потоку.

2) Сельові потоки великої щільності формуються на нахилах  $16-18^\circ$  й більше.

3) Щільні сельові потоки ( $2300-2500 \text{ кг/м}^3$ ) можуть рухатись без витрат маси на малих нахилах ( $2-3^\circ$ ).

4) При великій щільності сільової суміші (2450-2500 кг/м<sup>3</sup> при щільності твердої складової 2650 кг/м<sup>3</sup>) потоки можуть зупинятися без видимих наслідків розпаду на тверду й рідку складові на нахилах 4-6°.

Вважається, що концентрація влекомої фази ( $\rho$ ), більша ніж:

$$\rho = 1,21i_0/(1-2i_0), \quad (3.1)$$

де  $i_0$  – нахил русла, неможлива.

Збільшення рідкої фази на 8-10% в складі суміші може призвести до розпаду сільової суміші, відбувається осадження наносів на дно русла, в наслідок зменшення початкової напруги зрушення. В цьому випадку потрібна додаткова енергія для підтримування наносів у зваженому стані.

Сель являє собою грізну силу. Потік, що складається зі сумішки води, грязі й каміння, стрімко несеться вниз по річці, вивертаючи з корінням дерева, зриваючи мости, руйнуючи греблі, обдираючи схили долин, знищуючи посіви. Небезпека селей не тільки в їх руйнуючій силі, а ще й у раптовості їх появи. Зливи у горах часто не охоплюють передгір'я, й у населених місцях сель з'являється раптово. З-за великої швидкості течії час від моменту виникнення селю у горах й до моменту його виходу у передгір'я обчислюється часто 20-30 хвилинами.

Як було сказано вище, для формування селей потрібен тривалий бездощовий період для накопичення обломного матеріалу, тому для прогнозу виникнення селей, як правило, використовують метеорологічну інформацію.

Так, наявність небезпеки сходу селю ( $V$ ) можна визначити з рівняння:

$$V = -11,29 + 0,081y + 0,27t_{\min} + 0,051r + 0,111T_{\max} + 0,0003S_y, \quad (3.2)$$

де  $y$  й  $r$  – добовий шар опадів й відносна вологість повітря;  $t_{\min}$  й  $T_{\max}$  – мінімальна температура поверхні ґрунту й максимальна температура повітря;  $S_y$  – сума опадів за попередні 20 діб.

Якщо  $V \geq 0$  то вважається, що ризик сходу селю існує.

Найбільша імовірність сходу селю лежить в наступному діапазоні факторів: мінімальна температура поверхні ґрунту 10-22°C, температура повітря максимальна 20-40°C. Зі збільшенням температур в цьому діапазоні роль величини опадів в формування селю знижується, при великих температурах сель формується й при невеликій кількості опадів, випадіння ж великої кількості опадів в таких умовах призводить до формування катастрофічних селей. Зі зменшенням температур ступінь ризику селеутворення знижується, а величина селеутворюючих опадів росте.

**Приклад:** Надано: вихідні дані наведено в табл.3.2.

Розрахунок:

1. Максимально можлива концентрація влекомої фази ( $\rho$ )

$$\rho = 1,21i_0/(1-2i_0) = 1,21 \times 0,10 / (1 - 2 \times 0,10) = 0,15.$$

Ймовірно, що може сформуватись наносоводний сель.

2. Оцінюємо небезпеку сходу селю ( $V$ ):

$$V = -11,29 + 0,081y + 0,27t_{\min} + 0,051r + 0,111T_{\max} + 0,0003S_y =$$

$$-11,29 + 0,081 \times 45 + 0,27 \times 23 + 0,051 \times 76 + 0,111 \times 37 + 0,0003 \times 2 = 6,55$$

№	Нахил русла	Добовий шар опа- дів, мм	Відносна вологість повітря, %	Мінімальна температура поверхні грунту, °С	Максимальна температура повітря, °С	Сума опадів за попередні 20 діб, мм
Прик лад	0,10	45	76	23	37	2

**Висновок:** Існує ризик сходу наносоводного селю.

Таблиця 3.2. Характеристики погодних умов зони можливого сходу селей

№	Нахил русла	Добовий шар опа- дів, мм	Відносна вологість повітря, %	Мінімальна температура поверхні грунту, °С	Максимальна температура повітря, °С	Сума опадів за попередні 20 діб, мм
1	30	120	78	15	36	0
2	0,19	100	88	25	34	1
3	0,15	60	95	20	33	5
4	0,30	75	66	18	35	6
5	0,10	45	70	22	37	15
6	0,18	77	88	17	38	30
7	0,20	35	98	19	35	2
8	0,15	45	67	20	32	3
9	0,13	66	87	21	30	10
10	0,10	78	80	22	33	1
11	0,10	52	95	23	36	2
12	0,50	49	79	12	29	5
13	0,17	60	80	16	32	7
14	0,19	70	87	19	35	20
15	0,10	55	80	17	33	15
16	0,15	45	98	18	34	4
17	0,15	60	95	22	37	1
18	0,18	56	89	19	35	5
19	0,20	77	76	16	33	10
20	0,15	70	80	18	37	1
21	0,15	80	75	19	30	2
22	0,14	55	88	22	37	5
23	0,16	45	88	23	38	5
24	0,17	70	78	19	32	3
25	0,20	55	94	20	34	1
26	0,12	65	66	22	37	2
27	0,18	90	69	15	29	5
28	0,15	55	88	21	35	1
29	0,17	45	95	18	29	0
30	0,10	100	68	22	36	1

### **Контрольні питання:**

1. Причини виникнення селей?
2. Класифікація селей?
3. Методи визначення ризику сходу селей?
4. Умови виникнення селей?

### **Перелік літератури.**

1. Задонина Н.В., Саньков В.А., Леви К.Г. Современная геодинамика и гелиодинамика. Природные катастрофы и организация превентивных мероприятий при чрезвычайных ситуациях – Иркутск: Изд-во ИрГТУ – 2004. - 86 с.
2. СНИП 22-01-95 Геофизика опасных природных воздействий - М.: ПНИИИС Госстроя России, 1996. - 6 с.
3. Степанов Б.С., Степанова Т.С. Механика селей. Эксперимент, теория, методы расчета. - М.: Гидрометиздат, 1991. - 380 с.
4. Херхеулидзе Г.И. О возможном влиянии длительной засухи на параметры селевого стока// Сб.тр. Изменения природной среды на рубеже тысячелетий - Тбилиси-Москва, 2006. - С. 53-58.

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4**

### **ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ ПОВЕНІ**

**Мета:** ознайомити студентів з умовами виникнення повеней та навчити визначати ризик виникнення визначних повеней.

**Завдання:** Визначити ймовірність виникнення повені за допомогою моделей типа чорного ящика по матеріалам Гідрометслужби. Визначити заходи по запобіганню або ослабленню негативного впливу.

#### **Відомості з теорії**

Формування стоку – складний багатофакторний процес. Він складається з великої кількості частних процесів, що регулюються прямими та зворотніми зв'язками й локалізовані у межах річкового басейну. Сам басейн приймає, перерозподіляє, акумулює, розсіює й спрямовує потоки речовини (опади, стік, випаровування) й енергії (радіаційний й конвективний теплообмін), що надходять ззовні й туди ж уходять.

Річковий басейн зі своїм рельєфом, гірськими породами, ґрунтовим й рослинним покривом, гідрографічною сіткою, водоймами й іншими штучними спорудами, відносно води, що потрапляє на його поверхню виконує двояку функцію:

1) з одного боку, він наряду з погодою визначає співвідношення між опадами, стоком й випаровуванням (водний баланс);

2) з другого – виконує перерозподіл стоку в часі (трансформація).

Стік, за звичай, підрозділяють на талий й дощовий. Другий з них відносно більш стрімкий процес й відбувається бурхливіше ніж перший.

Формування стоку забезпечують наступні явища:

- випадіння опадів (дощу або снігу);
- перехват частини опадів рослинним покривом;
- формування снігового покриву (характеризується, в основному, потужністю й щільністю снігу);
- динаміка теплової енергії в сніговому покриві;
- сніготанення;
- водовіддача зі снігу;
- динаміка теплової енергії в ґрунті й реголіті, основний вплив якої не стік відбувається у формуванні льдистості та інфільтрації;
- процеси інфільтрації й поверхневого стокоутворення;
- поверхнева затримка частини поверхневого стоку у безстічних від'ємних формах мікрорельєфу схилів;
  - доруслова трансформація поверхневого стоку, що відбивається в накопиченні й стіканні води по поверхні схилів;
  - динаміка ґрунтових вод;
  - випаровування;
  - підземний стік;
  - доруслова трансформація підземного стоку, що відбивається в розподіленні останнього по ярусах геологічних структур приповерхневої товщі літосфери у межах річкового басейну й подальшої різношвидкісній розгрузці підземних ємностей у руслову мережу;

- руслова трансформація води, що потрапляє у гідрографічну мережу річкового басейну, що заключається в перерозподілі цієї води в часі;
- стік у замикаючому створі – результат взаємодії перерахованих процесів.

Моделювання формування стоку проводять різними способами.

Вирізняють моделі типа:

- чорного ящика;
- сірого ящика;
- білого ящика.

При моделюванні за типом чорного ящика відомі вхідні (X) й вихідні (Y) характеристики моделі, а оператор перетворення вхідних величин на вихідні (K) є емпіричний коефіцієнт, склад якого невідомий:

$$X \xrightarrow{K} Y$$

$$Y = K \times X, K = \text{const.}$$

Наприклад стік води залежить від опадів, що відбувається з опадами на басейні не відомо.

У моделях типа сірого ящика відомі деякі характеристики трансформації вхідних величин у вихідні.

$$K = f(I, W, E, \dots),$$

де I, W, E – характеристики від яких залежить оператор перетворення K, наприклад, для стоку води: інфільтрація, вологість ґрунтів, випаровування й т.п.

Приклад.

Надано: Кількість опадів, що очікується (142 мм), багаторічні ряди спостережень за опадами і стоком у наданому пункті спостережень (табл.4.1).

Рішення:

1. Будуємо графік залежності витрат води від атмосферних опадів (рис.4.1).

2. Розраховуємо емпіричну криву забезпеченостей витрат води для досліджуемого пункту спостережень.

Для побудови емпіричної кривої забезпеченості величини спостереженої змінної розташовують в порядку зменшення і обчислюють забезпеченість кожного члена ряду за формулою:

$$p = \frac{m}{n+1} 100\% \quad (4.1)$$

де m – порядковий номер члена ряду; n – кількість членів ряду.

Або

$$p = \frac{m-0,3}{n+0,4} 100\% \quad (4.2).$$

Перша з наведених формул рекомендується для обчислення забезпеченості максимальних витрат води, а друга – для обчислення норми річного стоку та інших середніх характеристик. Результати розрахунків заносять в табл. 4.2.

Будуємо графік емпіричної кривої забезпеченості (рис.4.2). За цією кривою можна визначити модулі стоку заданої забезпеченості перевищення,

модулі стоку, що перевищуються в 10% випадків, 25% і так далі, відповідно до потреб досліджень. Емпіричні криві забезпеченості прийнято апроксимувати аналітичними кривими. Для цього проводять додаткові статистичні розрахунки.

3. За наданою величиною очікуваних опадів (142 мм) за рис. 4.1. визначаємо величину витрат води ( $19 \text{ м}^3/\text{с}$ ).

4. За визначеною по рис. 4.1. величиною витрат води по рис. 4.2. визначаємо забезпеченість цих витрат води (80%).

Для з'ясування ступеню небезпеки тієї або іншої витрати води потрібно мати топографічну карту місцевості й повздовжній профіль долини річки для з'ясування які площі можуть бути затоплені в період повеней, цінність цих площ, особливості їх використання, ступінь збитків від їх затоплення. Важливо також встановити на який період вони можуть бути затоплені, наявність колекторної мережі (в межах населених пунктів), її пропускна здатність, характеристики ґрунтів й т.п.

Висновки: Забезпеченість можливих витрат води за прогнозованими опадами складає 80%, тобто ці витрати води будуть перевищені у 80% випадків, тобто повинь буде нижче ніж середньо максимальна, й пройдётиме у раніш виробленому рікою руслі.

Таблиця 4.1. Характеристики атмосферних опадів й витрат води за період спостережень р. Норин - п. Словенщина та метеостанції Київ.

рік	Максимальні витрати води, $\text{м}^3/\text{с}$	Кількість опадів за період XI-III, мм	рік	Максимальні витрати води, $\text{м}^3/\text{с}$	Кількість опадів за період XI-III, мм
1964	25,3	179	1984	28,7	201,3
1965	37,3	198	1985	39,8	198,6
1966	84,4	416,5	1986	23,9	227,8
1967	36,3	346,8	1987	51,7	214,4
1968	60,5	327,7	1988	30,2	174,6
1969	93,1	241,6	1989	4,49	199
1970	113	347,6	1990	7,83	158,4
1971	67,1	268,3	1991	38	154,1
1972	19,4	200,5	1992	3,98	127,9
1973	25,7	213,2	1993	37,2	243,5
1974	12	176	1994	31	221,6
1975	36,1	214,9	1995	4,88	199,9
1976	59,8	179,2	1996	42	194,4
1977	71,2	213,7	1997	16,8	174,1
1978	62,6	247,8	1998	58,8	239
1979	66,4	214,3	1999	42,9	237,3
1980	74,8	259,7	2000	47,2	207,7
1981	56,4	138,4	2001	44,7	244,3
1982	41,8	224,8	2002	11,1	185,4
1983	30,7	179,2	2003	29,0	156,8

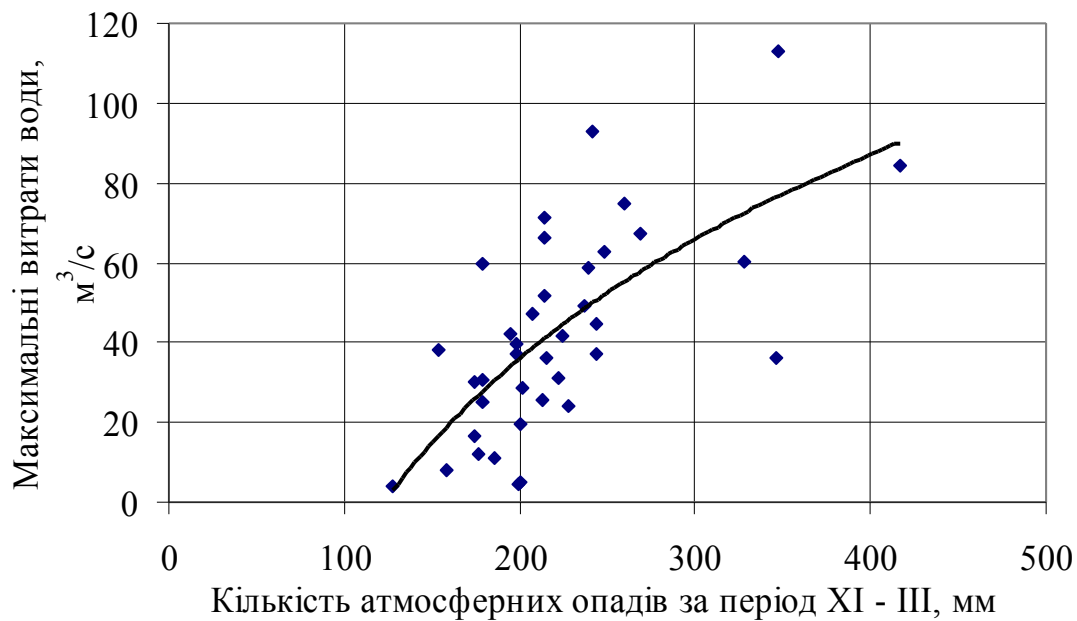


Рис.4.1. Залежність максимальних витрат води р.Норин - п.Славенщина від кількості опадів м/с Київ

Таблиця 4.2. Розрахунок емпіричної кривої забезпеченості максимальних витрат води по р. Норин – п. Словенщина

№	Ординати кривої забезпеченості за (4.1)	Прорангований ряд максимальних витрат води, м <sup>3</sup> /с	№	Ординати кривої забезпеченості за (4.1)	Прорангований ряд максимальних витрат води, м <sup>3</sup> /с
1	2,56	113	20	51,2	37,3
2	5,12	93,1	21	53,8	37,2
3	7,69	84,4	22	56,4	36,3
4	10,2	74,8	23	58,9	36,1
5	12,8	71,2	24	61,5	31
6	15,3	67,1	25	64,1	30,7
7	17,9	66,4	26	66,7	30,2
8	20,5	62,6	27	69,2	28,7
9	23,0	60,5	28	71,7	25,7
10	25,6	59,8	29	74,3	25,3
11	28,2	58,8	30	76,9	23,9
12	30,7	51,7	31	79,4	19,4
13	33,3	49,2	32	85,0	16,8
14	35,8	47,4	33	84,6	12
15	38,4	44,7	34	87,1	11,1
16	41,0	42	35	89,7	7,83
17	43,5	41,8	36	92,3	4,88
18	46,1	39,8	37	94,8	4,49
19	48,7	38	38	97,4	3,98



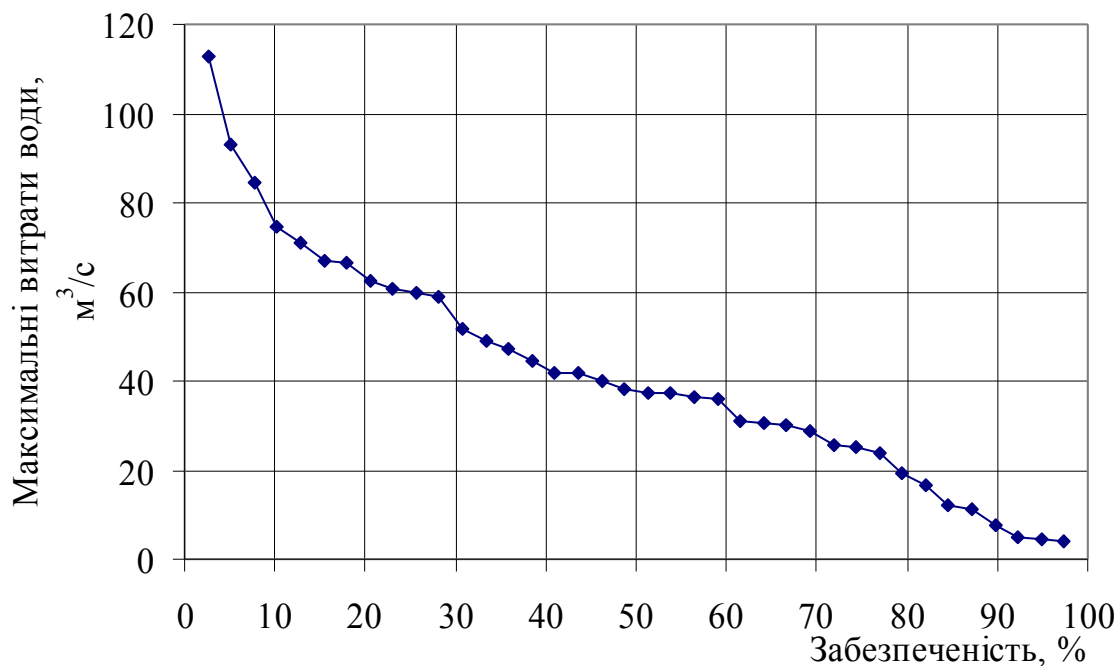


Рис.4.2. Емпірична крива забезпеченості  
максимальних витрат води р.Норин - Славенщина

#### Контрольні питання:

1. Причини повеней?
2. Які процеси передують формуванню повені?
3. Методи моделювання гідрологічних процесів?
4. Як розраховують емпіричну криву забезпеченості?
5. Визначення ризику виникнення визначних повеней?

#### Перелік літератури.

1. Бефани Н.Ф. Прогнозирование дождевых паводков на основе территориально общих закономерностей. - Л.: Гидрометиздат. - 1983. - 390 с.
2. Буднік С.В., Климчик О.М. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Гідрологія». – Житомир: Вид-во ДАУ, 2007. - 62 с.
3. Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование процессов формирования стока. Опыт критического анализа.- Л.:Гидрометиздат. – 1988 . - 312 с.
4. Кучмент Л.С., Демидов В.Н., Мотовилов Ю.Г. Формирование речного стока.-М.:-1983.-216 с.
5. Ромащенко М.І., Савчук Д.П. Водні стихії. Карпатські повені. Статистика, причини, регулювання. - К.: Аграрна наука. - 2002. - 304 с.
6. СНИП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. - М.: 1985. - 36 с.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

### Тема: ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ ЕРОЗІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

**Мета:** навчити студентів розраховувати ризик розвитку значних ерозійних процесів ґрунту.

**Завдання:** Визначити небезпеку змиву ґрунту за даними табл. 5.2 - 5.4. Визначити заходи по запобіганню або ослабленню негативного впливу.

#### Відомості з теорії

Ерозійно-небезпечними є землі, де поєднання природних умов створює при їхньому господарському використанні без необхідних протиерозійних заходів можливість прояву прискореної ерозії. В загальні існуючі методи оцінки ерозійної небезпеки земель можна поділити на дві групи:

1) бальні методи, які оперують безрозмірними кількісними показниками – балами, рангами, категоріями, коефіцієнтами й т.п;

2) методи, що засновані на математичному моделюванні змиву ґрунту, або методи, що оцінюють схиловий ерозійно-аккумулятивний процес і оперують категорією потенційного змиву ґрунту – можливою для даних кліматичних і ґрунтово-геоморфологічних умов втратою ґрунту при використанні території під рілля й відсутності протиерозійних заходів.

Небезпека ерозії ґрунтів ( $S$ , роки) визначається за формулою:

$$S = H/g, \quad (5.1)$$

де  $H$  – потужність генетичного горизонту, т/га;  $g$  – змив ґрунту, т/га.

Величина  $S$  вказує за скільки років горизонт  $H$  буде втрачений. Нормування ерозійної небезпеки проводиться за даними табл. 5.1.

Таблиця 5.1. Нормування ерозійної небезпеки

Значення $S$ , роки	Ступінь небезпеки ерозії ґрунту	Характеристика ступеню небезпеки ерозії
> 1000	1	Небезпека ерозії ґрунту відсутня
600	2	Має місце початок еродування ґрунту
300	3	Передкризовий стан ґрунту
300	4	Ерозійні процеси реально загрожують збереженню ґрунту
<150	5	Катастрофічний стан ґрунту. Склалися умови втрати ґрунту на очах одного покоління

Для визначення змиву ґрунту існує ряд моделей: емпіричні, фізико-статистичні, теоретичні. Часто в якості робочої моделі для опрацювання прогнозних оцінок змиву ґрунту застосовують гідромеханічну модель Ц. Е Мірцхулава.

При прогнозуванні ерозії ґрунту мають бути вирішені наступні питання:

1) визначення параметрів, що обумовлюють початок ерозії, особливо донних швидкостей, при яких відриваються грантові окремості (частки і агрегати);

2) інтенсивність ерозії;

3) кількість ґрунту, який змивається за певний проміжок часу;

прогноз поясу відсутності і проявлення ерозії на схилах.

При розв'язанні цих питань не враховується низка другорядних факторів і приймаються деякі припущення:

1) ґрунти на конкретній ділянці схилу мають однакові властивості, їх обробок виконаний за однією технологією, що обумовлює одноманітність рослинності і нанорельєфу, геологічні і кліматичні фактори залишаються незмінними, як на протязі усього схилу, так і у часі; інфільтраційна здатність не змінюється й дорівнює середній на ділянці і в інтервалі часу;

2) на визначеній площі випадає рівномірна кількість опадів, інтенсивність опадів приймається незмінною;

3) на схилах без рослинного покриву, довжина яких перевищує 10 м, переміщення ґрунтових часток і агрегатів при розбризкуванні під дією крапель (у якості агента пересушення) не враховується;

4) прогнозування змиву ґрунту при сніготаненні проводиться на шар стоку повені імовірністю перебільшення, що дорівнює 10%, і максимальну інтенсивність за годину – 1% імовірності перебільшення;

5) нахил визначеної ділянки схилу незмінний і дорівнює середньому;

б) кінетична енергія дощових крапель цілком витрачається на відрив агрегатів і часток від маси ґрунту.

Прогноз змиву (g, т/га) виконується за формулою:

$$g = 0,011\gamma'wd \left[ \frac{308T^{0,6} J^{0,6} i^{0,7} m_1 n_0^{1,6}}{V_{\Delta}^2 \delta on} + \frac{0,000013V_{\Delta}^{3,32} \delta on}{\mathcal{L}T^{1,16} m_1^{3,32} n_0} - X_2 \right] \frac{T}{X_2}, \quad (5.2)$$

де  $\gamma'$  – щільність ґрунту, т/м<sup>3</sup>;  $w$  – середня частота коливань швидкостей, сек<sup>-1</sup> (при відсутності результатів спеціальних досліджень її величина дорівнює 10 сек<sup>-1</sup>);  $d$  – середній діаметр відриваємих ґрунтових окремоностей, м;  $J$  – середня інтенсивність опадів, м/сек;  $T$  – коефіцієнт стоку (для злив);  $i$  – ухил поверхні (tg $\alpha$ );  $m_1$  = коефіцієнт, що враховує відхилення рідинного стоку на схилі;  $n_0$  – коефіцієнт шорсткості, який визначається за формулою:

$$n_0 = (0,7 \bar{d})^{1/6} / 22,2,$$

$\bar{d}$  – середньоваговий діаметр водотривких агрегатів;  $X_2$  – довжина схилу, м;  $V_{\Delta} \delta on$  – нерозмиваюча (допустима) швидкість на висоті виступів шорсткості ( $\Delta$ ), яка визначається за значенням розмиваючої донної швидкості ( $V_{\Delta p}$ ):  $V_{\Delta} \delta on = V_{\Delta p} / 1,4$ ;  $T$  – тривалість випадіння опадів, сек.

Донна розмиваюча швидкість визначається за формулою М. С. Кузнецова:

$$V_{\Delta p} = 1,55 \sqrt{\frac{g}{1,46\gamma_0} (\gamma - \gamma_0) \left(1 - \frac{p}{100}\right) \bar{d} (\cos \alpha - \sin \alpha)}, \quad (5.3)$$

де  $\bar{d}$  - середньоваговий діаметр водотривких агрегатів, м;  $p$  – шпаруватість структурних агрегатів;  $\alpha$  – кут нахилу, град;  $\gamma_0$  і  $\gamma$  – щільність води і щільність твердої фази ґрунту.

При складанні прогнозу ерозії застосовується тільки імовірностний підхід. В гідромеханічній моделі ерозії ґрунту конкретної ділянки дискретне значення мають геоморфологічні параметри: довжина схилу, нахил, коефіцієнт  $m_1$ . Енергетичні параметри злив і вод повеней, ґрунтові параметри мають значну просторову варіабельність і часову динамічність. Тому вони мають оцінюватись імовірними критеріями. Прогноз ерозійної небезпеки, як мінімум виконується з 10% рівнем імовірності перебільшення фактичних значень над розрахунковими (теоретичними). Припускається, що злива 10% забезпеченості випадає кожен рік, але лише один раз. Коефіцієнт стоку 10%-ої забезпеченості дорівнює 0,4. Шар стоку повеневих вод 10%-ої забезпеченості для полісся і лісостепу дорівнює 60 мм, північного степу – 30 мм. Відповідно інтенсивність сніготанення 10%-ої забезпеченості 5 мм/год і 4 мм/год. Значення  $\bar{d}$  10%-ної забезпеченості основних ґрунтів України наведено в додатку А.2.

Спрощена схема розрахунку змиву ґрунту наведена в додатках А.3 - А.5.

Приклад.

Надано: Ґрунти дернові піщані і глинисто-піщані (№35а), середньоваговий діаметр  $\bar{d} = 0,2$  мм, потужність гумусового горизонту  $H = 15$  см, щільність ґрунту  $1,5$  г/см<sup>3</sup>. Довжина схилу 700 м, тангенс нахилу схилу  $= 0,035$ .

Рішення: Для визначення небезпеки ерозії ґрунтів необхідно визначити потужність генетичного горизонту у т/га та змив ґрунту.

1. Потужність гумусового горизонту надана у см, для переводу у т/га необхідно провести наступні розрахунки:

$$H, \text{ т/га} = H, \text{ см} \times \text{щільність ґрунту, г/см}^3 \times 0,01 = 15 \times 1,5 \times 0,01 = 0,225 \text{ т/га.}$$

2. Змив ґрунту визначаємо за вихідними даними по табл. 5.3.  $g = 107,4$  т/га.

3. Ерозійна небезпека обчислюється за формулою (5.1):

$$S = H/g = 0,225/107,4 = 0,0021 \text{ років.}$$

**Висновки:** Ерозійна небезпека існує, спостерігається катастрофічний стан ґрунту. Склалися умови втрати ґрунту на очах одного покоління.

Таблиця 5.2. Середньоваговий діаметр ( $\bar{d}$ ) водотривких агрегатів та потужність гумусового горизонту (Н) основних ґрунтів

Шифр ґрунту (варіант)	Номенклатурна назва ґрунту	$\bar{d}$ , Н, щільність,		
		мм	см	г/см <sup>3</sup>
1	Дерново-слабопідзолисті піщані і глинисто-піщані	0,2	18	1,6
2	Дерново-середньопідзолисті супіщані	0,2	20	1,5
3	Дерново-слабопідзолисті оглеєні піщані і глинисто-піщані	0,2	27	1,6
4	Дерново-середньопідзолисті оглеєні супіщані	0,2	15	1,5
6	Світлосірі і сірі опідзолені	0,3	22	1,3
7	Темно-сірі	0,4	37	1,2
8	Чорноземи опідзолені	0,4	41	1,2
10	Чорноземи реградовані	0,6	40	1,2
11	Чорноземи потужні малогумусні і слабогумусовані	0,6	41	1,2
12	Чорноземи потужні середньогумусовані	0,8	43	1,2
13	Чорноземи звичайні мало-і середньогумусовані	0,7	48	1,1
14	Чорноземи звичайні середньогумусовані і глибокі	0,6	46	1,1
15	Чорноземи звичайні малогумусовані	0,5	40	1,2
16	Чорноземи звичайні малогумусовані неглибокі	0,3	22	1,2
17	Чорноземи південні малогумусні і слабогумусовані	0,3	30	1,2
18	Чорноземи переважно солонцюваті на важких глинах	0,2	30	1,3
18a	Чорноземи на важких глинах	0,3	30	1,3
19	Чорноземи і дернові щербенисті ґрунти на елювії щільних некарбонатних порід	0,3	20	1,5
20	Чорноземи і дернові карбонатні ґрунти на елювії карбонатних порід	0,3	23	1,6
21	Чорноземи потужні залишково-солонцюваті	0,3	30	1,3
22	Чорноземи південні залишково-солонцюваті	0,4	25	1,3
23	Лугово-чорноземні	0,6	45	1,3
24	Лугово-чорноземні поверхнево-солонцюваті	0,5	27	1,4
25	Лугово-чорноземні глибоко-солонцюваті	0,5	45	1,4
26	Темно-каштанові залишково-солонцюваті	0,3	31	1,4
28	Каштанові солонцюваті	0,3	17	1,4
29	Лугові	0,7	43	1,4
30	Лугові солонцюваті	0,7	50	1,4
31	Лугово-болотні і болотні	0,3	26	1,4
32	Торф'яно-болотні і торфовища низинні	0,2	18	0,3
33	Солонці	0,2	15	1,4
34	Лугово-чорноземні і дернові осолоділі глеєві ґрунти і солоди	0,2	10	1,3
35	Дернові переважно оглеєні піщані, глинисто-піщані і супіщані в комплексі зі слабогумусованими пісками	0,2	15	1,5
35a	Дернові піщані і глинисто-піщані	0,2	15	1,5

Таблиця 5.3.1. Змив ґрунту (т/га) при сніготаненні 10%-ої забезпеченості у лісостепу (для визначення середньорічного змиву результат зменшується у 3 рази)

tg( $\alpha$ )	X <sub>2</sub> , м	$\bar{a}$ , м					
		0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,001	0,002
0,0175	100	15,73	5,89	2,60	1,20	0,50	0,90
0,0175	300	35,94	11,15	9,70	6,30	4,25	0,58
0,0175	700	63,79	31,40	19,90	14,10	10,52	3,89
0,0350	100	29,20	13,00	7,30	4,50	2,80	0,20
0,0350	300	62,20	30,50	19,40	13,70	10,20	3,10
0,0350	700	107,4	54,80	36,10	26,60	20,70	8,40
0,0525	100	45,10	21,60	13,1	8,90	6,30	1,50
0,0525	300	84,40	42,50	27,60	20,00	15,30	5,60
0,0525	700	144,5	74,60	49,90	37,20	29,40	13,00
0,0700	100	51,00	24,60	15,20	10,50	7,60	1,90
0,0700	300	104,4	53,20	35,00	25,70	20,00	8,10
0,0700	700	177,20	92,50	62,20	46,70	37,20	17,10
0,0875	100	60,98	29,90	18,90	13,30	9,87	2,96
0,0875	300	123,62	63,40	42,10	31,20	24,47	10,40
0,0875	700	209,62	109,5	74,10	55,90	44,68	21,12
0,1227	100	78,90	39,40	25,50	18,40	14,02	5,00
0,1227	300	158,26	82,00	55,00	41,20	32,60	14,70
0,1227	700	267,22	140,30	95,50	72,50	58,23	28,30
$V_{\Delta \text{дон}}$		0,0398	0,0562	0,0689	0,0795	0,0889	0,1258
$n_0$		0,00997	0,0112	0,012	0,0126	0,0131	0,0147

Таблиця 5.3.2. Змив ґрунту (т/га) при сніготаненні 10%-ої забезпеченості у північному степу (для визначення середньорічного змиву результат зменшується у 4 рази)

tg( $\alpha$ )	X <sub>2</sub> , м	$\bar{a}$ , м					
		0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,001	0,002
0,0175	100	8,02	2,80	1,10	0,41	0,14	1,10
0,0175	300	21,50	8,40	4,80	3,00	1,91	0,17
0,0175	700	33,99	16,50	10,30	7,10	5,22	1,40
0,0350	100	15,40	6,50	3,50	2,00	1,20	0,10
0,0350	300	33,10	16,00	10,0	6,90	5,00	1,30
0,0350	700	57,60	29,10	19,00	13,90	10,70	4,10
0,0525	100	21,50	9,80	5,70	3,70	2,50	0,30
0,0350	300	45,20	22,50	14,40	10,30	7,80	2,60
0,0525	700	77,70	39,90	26,50	19,60	15,40	6,60
0,0700	100	27,10	12,80	7,40	5,20	3,70	0,80
0,0700	300	56,00	28,30	18,50	13,40	10,30	3,90
0,0700	700	95,70	49,50	33,20	24,80	19,60	8,80
0,0875	100	32,47	15,60	9,70	6,70	4,88	1,25
0,0875	300	66,34	33,80	21,90	16,40	12,73	4,76
0,0875	700	112,85	59,00	39,60	29,50	23,65	10,92
0,1227	100	42,15	20,80	13,30	9,50	7,10	2,30
0,1227	300	85,07	43,80	29,20	21,80	17,13	7,55
0,1227	700	144,00	75,40	51,10	38,70	30,98	14,83
$V_{\Delta доп}$		0,0398	0,0562	0,0689	0,0795	0,0889	0,1258
$n_0$		0,00997	0,0112	0,012	0,0126	0,0131	0,0147

Таблиця 5.3.3. Змив ґрунту (т/га) від зливи 10%-ої забезпеченості у лісостепу (дорівнює середньорічному змиву ґрунту)

tg( $\alpha$ )	X <sub>2</sub> , м	$\bar{a}$ , м					
		0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,001	0,42
0,0175	100	3,41	1,68	1,06	0,74	0,56	1,12
0,0175	300	6,93	3,56	2,26	1,76	1,18	0,17
0,0175	700	11,74	6,16	4,23	3,15	2,51	2,08
0,0350	100	5,78	2,94	1,94	1,42	1,11	0,89
0,0350	300	11,50	6,01	4,06	3,06	2,45	2,03
0,0350	700	19,34	10,22	7,32	5,32	4,29	3,59
0,0525	100	7,79	4,02	2,68	2,00	1,58	1,29
0,0525	300	15,34	8,09	5,51	4,18	3,36	2,20
0,0525	700	25,80	13,68	9,38	7,18	5,82	4,88
0,0700	100	9,61	5,00	3,36	2,52	2,00	1,65
0,0700	300	18,89	9,98	6,81	5,19	4,19	3,50
0,0700	700	31,65	16,82	11,56	8,89	7,19	6,05

0,0875	100	11,39	5,90	3,99	3,00	2,40	1,98
0,0875	300	22,15	11,72	8,02	6,13	4,95	4,15
0,0875	700	37,07	19,73	13,57	10,42	8,47	7,13
0,1050	100	12,88	6,75	4,57	3,46	2,77	2,30
0,1050	300	25,22	13,37	9,16	7,01	5,68	4,76
0,1050	700	42,17	22,46	15,47	11,89	9,67	8,15
0,1227	100	14,40	7,56	5,14	3,90	3,13	2,60
0,1227	300	28,15	14,94	10,26	7,86	6,37	5,35
0,1227	700	47,06	25,08	17,29	13,29	10,82	9,13
0,1400	100	15,83	8,33	5,67	4,31	3,47	2,89
0,1400	300	30,92	16,43	11,29	8,66	7,00	5,90
0,1400	700	51,65	27,55	19,00	14,62	11,90	10,04
$V_{\Delta доп}$		0,0398	0,0562	0,0689	0,0795	0,0889	0,1258
$n_0$		0,00997	0,0112	0,012	0,0126	0,0131	0,0147

### Контрольні питання:

1. Ерозія ґрунту це ендегенний або екзогенний процес?
2. Методи визначення ерозійної небезпеки?
3. Питання що необхідно вирішити для прогнозування ерозії ґрунтів?
4. Які підходи застосовують при прогнозуванні змиву ґрунту?

### Перелік літератури.

1. Ачасов А.Б., Булигін С.Ю., Бураков В.І. та інші. Методики і нормативи обліку прояву і небезпеки ерозії. –Харків.-2000.-63 с.
2. Будник С.В. Оптимизация агроландшафтов.- Житомир.-2007.-311 с.
3. Васенков Г.І. та інші. Гідрологічні і гідротехнічні розрахунки в протиерозійних меліораціях і рекультивациі земель. Методичні вказівки.- Житомир.-2003.- 47 с.
4. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки.-М.:Изд.МГУ.- 1993.- 200с.
5. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии.-М.:Колос.- 1970.- 240 с.
6. Світличний О.О., Чорний С.Г. Основи ерозієзнавства. - Суми. - 2007. -266 с.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6 ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ ПОСУХИ



**Мета:** навчити студентів визначати ризик виникнення атмосферної та ґрунтової посухи.

**Завдання:** На основі матеріалів агрометеорологічних спостережень (агрометеорологічний щорічник) або за даними табл. 6.1 - 6.2 розрахувати показники атмосферної та ґрунтової посухи й зробити висновок про наявність посухи й ступеню її інтенсивності. Визначити заходи по запобіганню або ослабленню негативного впливу.

### **Відомості з теорії**

Посуха це бездощовий період на весні або в літку, інколи восени до настання приморозків. Під час посухи переважає жарка й суха погода (з низкою відносною вологістю повітря). Так як опадів випадає дуже мало або вони взагалі відсутні, ґрунт пересихає.

Історія людства свідчить, що посуха є дуже великим лихом, що часто супроводжувалася голодом й смертю великої кількості населення. З метою запобігання зниження добробуту населення й виникнення небезпечних соціальних станів у багатьох країнах запроваджено страхування від небезпечних погодних подій на основі погодних індексів, в тому числі й від посухи.

Посухи на Україні викликаються різними причинами. В основному вони пов'язані з вторгненням на територію з Арктики сухих мас холодного повітря з яких потім формується антициклон. Арктичне повітря в наслідок низьких температур має дуже невеликий запас вологи. В теплу половину року це повітря по мірі руху в глибину материку прогрівається, що викликає збільшення дефіциту вологи. В цих умовах відбувається інтенсивне випаровування ґрунтової вологи, що призводить до висушування ґрунту. Як було сказано раніше, з цієї маси формується антициклон. В антициклонах відбувається низхідний рух повітря. Повітря при опусканні, переходячи в шари з більшим атмосферним тиском, стискується й адиабатично нагрівається на 1° на кожні 100 м. Тому в антициклоні зазвичай стоїть безхмарна, суха погода з слабкими вітрами, в теплу половину року сильно гріє сонце, йде інтенсивне випаровування вологи з ґрунту й рослинного покриву.

Вирізняють атмосферну посуху й ґрунтову посуху. З початку спостерігається посушливий атмосферний процес, а далі, при несприятливих погодних умовах може виникнути ґрунтова посушливість.

Атмосферну посуху характеризують наступними показниками:

- 1) посушлива декада – декада на протязі якої випало опадів не більше 5 мм, не залежно від того випали вони в один прийом або в декілька прийомів;
- 2) гідротермічний показник

$$K = \sum(td),$$

де  $t$  – температура повітря в 13 годин;  $d$  – дефіцит вологості повітря в 13 годин в мб.

Спочатку величину  $K$  визначають за метеоданими в день останнього дощу, потім – за даними в перший день після дощу. Теж саме виконують для другого, третього й т.д. днів, до дня на який треба визначити наявність і

ступінь посухи. Всі добутки температури й дефіциту вологи сумують. Величина цієї суми і є показник посухи. Вважається, що посуха почалася коли гідротермічний показник досягає 4000 грнад/мб.

3) кількість опадів за весняний період:

- дуже сильна посуха – кількість опадів до 40% від середньо багаторічної кількості.

- сильно посушливі роки – 40-80%.

- слабкі посухи – 80%.

4) гідротермічний коефіцієнт Селянинова часто застосовується для оцінки посушливості клімату і визначення посушливих й сухих періодів:

$$K = \sum X / (\sum t : 10),$$

де  $\sum X$  – сума опадів за вегетаційний ( або той, що цікавить дослідника) період, мм;  $\sum t$  – сума температур за цей же період, °С.

При  $K$  нижче 1,0 – спостерігається посушливий період, при  $K < 0,5$  – посуха.

5) показник посушливості або зволоження Д.А. Педя:

$$S = \frac{\Delta T}{\sigma_T} - \frac{\Delta X}{\sigma_X}$$

де  $S$  – показник посушливості;  $\Delta T$  й  $\Delta X$  – аномалії середньомісячних значень температури повітря в °С й атмосферних опадів у мм;  $\sigma_T$ ,  $\sigma_X$  – середньоквадратичні відхилення температури повітря, °С.

За Д.А.Педем посуха характеризується величиною  $S \geq 1,0$ , в тому числі при значеннях  $S$  від +1,1 до +2 посуха характеризується як помірна, при  $S$  від +2,1 до +3 – як середня, при  $S$  більше 3 – як сильна. При значеннях  $S \leq -1,0$  відмічається зволоження, в тому числі від -1 до -2 – помірно, від -2,1 до -3 – середнє, менше -3 – сильне.

Для оцінювання ґрунтової посухи використовують наступні показники напруженості посухи:

1) весняні запаси продуктивної вологи в кореневмісному шарі ґрунту: під ґрунтовою посухою розуміють зменшення продуктивної вологи в кореневмісному шарі ґрунту ( $W$ ) до й менше ніж 70% НВ (найменшої вологості), в наслідок чого уповільнюється а потім зупиняється ріст й розвиток рослин. Інтенсивність ґрунтової посухи оцінюється: 70% НВ

2) зволоження орного шару ґрунту напротязі вегетаційного періоду;

3) тривалість й повторюваність періодів з дуже високими температурами;

4) сумарні витрати вологи посівами культур за період вегетації або його відрізки: дуже сильна посуха з витратами вологи за період вегетації менш ніж 100 мм, сильна посуха з витратами вологи 100-120 мм, помірна посуха – з витратами вологи 120-140 мм.

5) дефіцит вологи як різниця між сумарними її витратами в умовах достатньої вологозабезпеченості рослин й фактичними сумарними витратами у реальних агрометеорологічних умовах.

6) показник посушливості М.В.Бова:

$$K = (10(W+X)) / \sum t,$$

де  $W$  – запаси вологи у метровому шарі ґрунту на весні, мм;  $X$  – сума опадів, що випали з початку весни й до початку посухи, мм;  $\sum t$  – сума температур від дати переходу через  $0^{\circ}\text{C}$  весною.

Значення показника посушливості зростає, коли запаси вологи на весні більше й, навпаки, зменшується, коли суми температур збільшуються. Якщо  $K > 1,5$  – посухи немає; якщо  $K = 1,5$  – цей день вважається початком посухи. Для першої половини вегетаційного періоду для розрахунків пропонують брати не всі запаси вологи метрового шару, а тільки  $2/3$  цих запасів, так як корені рослин ще слабо розвинуті.

Кінець посухи визначають показником:

$$K' = (10X)/\sum t,$$

де  $X$  – сума опадів за період посухи, мм;  $\sum t$  – сума температур з дня випадіння опадів,  $^{\circ}\text{C}$ .

Якщо  $K' < 1,5$  – посуха продовжується, а  $K' > 1,5$  – посуха скінчилася. Дефіцит випаровування – це різниця між випаровуваністю й фактичним випаровуванням. Його виражають наступним чином:

$$\Delta E = (1 - bW_a)E_0,$$

де  $\Delta E$  – дефіцит випаровування;  $W_a$  – продуктивна вологість ґрунту;  $E_0$  – випаровуваність;  $b$  – коефіцієнт пропорційності  $= 0,08-0,11 \approx 0,1$ .

$$E_0 = \alpha d,$$

де  $d$  – недостача насичення водяного пару;  $\alpha$  – коефіцієнт пропорційності  $0,39-0,42 \approx 0,4$ .

При  $\Delta E > 4$  мм/доба частота гноблень і ушкоджень рослин досягає 100%.

Приклад.

Надано: Хід метеоелементів за період з квітня по серпень 1971 р по метеостанції Черноморське, Кримська обл. (табл. 6.3).

Рішення: за наведеними вище формулами розраховуємо гідротермічний коефіцієнт Селянинова і показник посушливості М. В. Бова. Розрахунки заносимо в таблицю 6.3.

**Висновок:** Гідротермічний коефіцієнт Селянинова значно нижче від 0,5, тобто спостерігається атмосферна посуха. Показник посушливості М. В. Бова на початку досліджуваного періоду значно вище від 1,5, тобто ґрунтової посухи ще не спостерігається, відсутність опадів в наступні декади призводить до висушування ґрунту і величина показнику посушливості значно знижується, вже у 2 декаді квітня спостерігається ґрунтова посуха.

Таблиця 6.1. Середня температура повітря по декадах 1991 р

Пункт	W, мм/ $\Sigma t^*$	Температура повітря, середня, °C														
		IV			V			VI			VII			VIII		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. Любешов	160/36	9,4	6,2	6,2	10,1	18,3	17,4	19,4	14,4	15,1	16,9	16,7	19,9	21,6	19,0	15,9
2. Свитязь	245/49	9,4	6,3	6,5	9,6	18,2	17,9	19,2	14,5	15,2	16,9	17,6	20,3	21,8	19,2	15,9
3. Ковель	267/38	9,2	6,2	6,7	9,8	18,5	17,8	19,0	14,6	15,3	16,7	17,5	19,7	21,4	19,0	15,8
4. Володимир- Волинський	323/37	9,1	6,2	6,9	9,4	18,3	17,4	18,6	14,5	14,9	16,2	17,1	19,1	20,9	18,6	15,6
5. Луцьк	163/31	9,1	6,3	6,9	9,4	13,4	18,0	19,4	14,8	15,2	16,1	17,1	19,1	21,6	19,0	16,1
6. Сарни	82/31	8,8	5,8	6,3	9,9	18,2	17,7	19,2	15,1	15,1	16,4	17,5	19,4	21,5	18,8	15,5
7. Ровно	147/25	8,1	5,8	7,0	9,5	18,0	17,6	19,4	14,8	14,9	15,8	16,9	19,1	21,6	18,8	15,6
8. Дубно	187/31	9,4	6,2	7,5	9,5	18,1	18,1	18,6	15,0	15,1	15,9	16,7	18,6	20,6	18,3	15,5
9. Овруч	143/22	6,8	5,1	6,4	10,0	17,7	17,7	19,7	15,6	15,1	16,0	16,9	19,1	21,1	18,0	15,0
10. Олевск	230/29	7,6	5,3	6,4	9,7	17,4	17,7	18,8	14,9	14,6	15,9	16,4	18,5	20,1	17,5	14,8
11. Коростень	347/24	7,1	5,0	6,8	9,8	17,5	17,7	19,5	15,4	15,1	15,9	17,1	19,1	21,0	17,8	14,9
12. Новоград- Волинський	302/29	7,6	5,4	7,4	9,8	18,4	18,0	19,5	15,2	14,9	15,7	17,2	18,9	21,0	18,1	14,8
13. Житомир	194/24	6,5	5,2	7,2	9,5	17,4	17,8	19,7	15,3	15,0	15,8	17,7	19,0	21,0	18,2	14,6
14. Чернобиль	208/24	6,5	6,4	7,0	10,8	18,1	18,5	21,3	16,2	15,8	16,3	18,4	19,7	22,1	19,1	15,6
15. Полеське	108/26	6,6	5,8	6,9	10,0	17,8	17,8	19,7	15,9	15,5	16,3	17,8	19,3	21,4	18,4	15,3
16. Тетерев	207/29	7,0	5,6	7,0	9,9	17,7	18,3	20,3	16,0	15,5	16,2	18,3	19,5	21,4	18,0	14,9
17. Баришівка	239/27	6,4	6,2	7,8	10,1	17,1	18,3	20,6	16,3	16,2	16,3	13,9	19,1	20,8	18,5	15,0
18. Бориспіль	157/27	6,6	6,2	8,0	10,2	17,9	18,6	20,9	16,8	16,3	16,3	16,3	16,6	21,9	19,8	15,4
19. Яготин	181/25	5,5	5,9	8,0	10,3	17,5	18,7	20,4	16,6	16,2	16,5	20,0	19,7	22,1	20,1	15,4

20.Фастів	93/26	6,2	6,2	7,8	9,6	18,0	18,6	20,6	15,9	15,2	15,9	18,6	19,3	22,1	19,1	14,8
21.Біла Церква	184/30	6,3	6,5	8,4	9,8	18,1	18,5	20,4	16,1	15,3	16,2	18,8	19,6	21,8	19,1	15,0
22.МиронівськаАС	156/30	6,2	6,5	8,8	10,0	17,9	19,2	20,8	16,4	16,0	16,0	19,8	19,9	22,2	20,1	15,3
23.Семенівка	94/8	5,1	4,7	5,3	10,0	5,9	17,6	18,9	15,2	15,9	16,0	17,9	18,0	20,6	18,2	15,6
24.Щорс	112/15	5,7	5,2	6,1	10,1	16,7	18,6	19,6	15,9	16,2	16,4	18,3	19,0	21,0	18,6	16,0
25.Покопичі	263/7	4,9	4,6	5,6	9,9	16,2	17,8	19,2	15,4	16,1	15,8	18,1	18,2	20,8	18,8	15,6
28.Остер	201/24	6,3	6,3	7,5	10,4	17,6	18,4	20,3	16,4	16,4	16,5	18,8	19,3	21,2	18,5	15,5
29.Прилуки	192/21	5,9	6,0	7,5	10,5	17,3	19,2	20,6	16,7	16,4	16,6	19,9	19,4	21,8	18,9	15,4
30.Хутір Михайлівський	222/10	4,6	4,3	5,3	9,9	15,5	17,4	18,9	15,4	16,3	16,1	18,5	17,9	20,4	18,3	15,6

Примітка: \* W- запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на весні, в мм, /сума температур вище 0°С на кінець березня.

Таблиця 6.2. Кількість опадів за декаду 1971 р

Пункт	Кількість опадів, мм														
	IV			V			VI			VII			VIII		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. Любешов	1	3	36	3	0	33	33	32	33	18	4	0	3	18	16
2. Свитязь	9	5	30	6	8	38	10	16	19	44	6	0	2	5	12
3. Ковель	1	6	33	9	1	46	15	19	22	28	2	0	2	15	28
4. Володимир-Волинський	0	9	25	16	14	43	10	24	24	39	11	0	2	24	12
5. Луцьк	0	4	27	13	5	29	38	23	23	37	25	0	1	12	29
6. Сарни	0	5	25	4	10	35	41	42	0	41	21	14	3	9	40
7. Ровно	0	2	18	14	22	35	6	46	39	54	48	9	1	13	30
8. Дубно	0	5	19	18	22	4	14	21	36	55	60	5	3	20	34
9. Овруч	0	9	30	9	6	45	5	36	40	42	64	1	12	4	31
10. Олевск	0	6	28	4	5	40	78	37	28	60	60	2	7	4	38
11. Коростень	0	4	18	12	6	51	3	26	20	76	14	0	29	7	33
12. Новоград-Волинський	0	12	23	15	1	33	4	30	34	76	52	0	2	26	29
13. Житомир	0	10	12	16	10	36	7	34	33	68	2	1	38	4	38
14.Чернобиль	0	2	18	5	5	39	19	81	26	55	11	0	30	1	36
15. Полеське	0	7	20	8	0	16	9	38	27	33	13	1	34	6	34
16. Тетерев	0	6	14	11	0	61	4	65	25	39	11	0	22	2	42
17.Баришевка	0	2	22	14	0	46	0	51	17	61	35	5	4	6	39
18. Бориспіль	0	6	18	15	0	19	0	37	11	73	18	2	10	6	36
19. Яготин	0	1	26	12	0	32	0	24	28	49	30	6	1	24	42
20. Фастів	0	5	11	22	0	17	0	33	14	42	22	0	9	15	34
21. Біла Церква	0	5	15	31	0	3	0	76	14	31	30	0	2	24	36
22.МиронівськаАС	0	0	24	31	2	19	0	60	19	38	29	0	1	8	38
23. Семенівка	0	4	29	14	0	49	5	65	32	33	27	27	12	1	3
24. Щорс	0	3	24	14	0	16	16	60	28	42	13	14	7	0	4
25. Покошичі	0	2	30	16	0	6	12	43	36	43	60	24	2	0	7
26. Чернігів	0	3	14	9	0	34	13	46	38	65	31	33	15	0	36
27. Нежин	0	8	18	6	0	44	3	51	27	50	34	14	7	0	31
28. Остер	0	4	24	8	0	22	2	61	46	76	22	6	22	0	42
29. Прилуки	0	3	16	8	0	31	1	28	31	52	14	29	4	3	33
30. Хутір Михайлівський	0	1	32	17	1	53	14	42	44	25	32	20	0	0	10

### **Контрольні питання:**

1. Причини виникнення посух?
2. Характеристики атмосферної посухи?
3. Характеристики ґрунтової посухи?
4. Які характеристики визначають ризик виникнення посух?
5. Як розраховується ризик виникнення атмосферної посухи?
6. Як розраховується ризик виникнення ґрунтової посухи?

### **Перелік літератури.**

1. Задонина Н.В., Саньков В.А., Леви К.Г. Современная геодинамика и гелиодинамика. Природные катастрофы и организация превентивных мероприятий при чрезвычайных ситуациях. - Иркутск: Изд-во ГТУ, 2004.- 86 с.
2. Лекции по сельскохозяйственной метеорологии. /Под ред. М. С. Кулика и В. В. Синельникова. - Л. Гидрометиздат. - 1966. - 340 с.
3. Педь Д.А. О возможности прогноза засухи и избыточного увлажнения. //Труды ГМЦ СССР. - 1975. - Вып. 156. - С. 64-76.

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7**

### **ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНОГО ОБ'ЄКТУ**

**Мета:** ознайомити студентів з методами оцінки ризиків забруднення території, навчити визначати ризик забруднення водних об'єктів.

**Завдання:** визначити імовірність прояву ризику забруднення води у річці при наявності скиду забруднюючих вод за даними табл.7.5. Визначити заходи по запобіганню або ослабленню негативного впливу.

#### **Відомості з теорії**

Більшість з відомих методологій оцінки екологічного ризику мають трохрівневу структуру: 1 – перевірна оцінка, 2- попередня кількісна оцінка ризику, 3 – детальна кількісна оцінка ризику.

Перевірна оцінка виконується переважно на основі аналізу літературних, звітних, статистичних й інших матеріалів. Її основне призначення – визначити для кожної точки дійсно тут є небезпека виникнення несприятливих змін екосистем. На цьому рівні достатньо констатувати, що для досліджуемій точці (екосистеми) є ризик її несприятливих змін.

Попередня кількісна оцінка екологічного ризику має за кінцеву мету отримання орієнтирних оцінок розмірів несприятливих змін, що можуть виникнути у екосистемах у випадку, якщо ці ризики реалізуються. На відзнаку від перевірного рівня оцінки, тут необхідні дослідження точок в природі з наступним лабораторним аналізом відібраних проб. Методи отримання попередніх кількісних оцінок ризику можуть бути різними й включати як стандартні методи математичної статистики (зокрема, визначення ймовірності ризику), так і експертне оцінювання ймовірності й розміру ризику. Попередність й орієнтованість оцінок ризику полягає в тому, що до їх точності й статистичної достовірності не пред'являється жорстких вимог. Це дозволяє розраховувати їх за невеликими виборками, отримувати експертні оцінки по невеликим виборкам експертів, використовувати слабо формалізовані математичні методи. У більшості випадків практичного застосування методології оцінки екологічного ризику до складних екосистем рівень попередньої кількісної оцінки є кінцевим. Це пов'язано з реальною неможливістю або великими часовими втратами, що необхідні для отримання масиву інформації, що достатня для розрахунку детальних (високої точності й статистичної достовірності) оцінок ризику. Однак, ці оцінки цілком достатні для аналізу даних по джерелу забруднення й складання загального плану дій по ліквідації небезпечних змін в зонах, що підвержені його впливу.

Детальна оцінка екологічного ризику може бути виконана у випадках, коли для кожної досліджуваної точки є можливість й засоби зібрати масив інформації, що достатній для того щоб на його основі побудувати прогностичну модель екосистеми, що дозволяє за нею розраховувати точні й статистично достовірні оцінки ризиків. Такі моделі повинні бути імітаційними або наближеними до них.



Кожен з трьох розглядаємих рівнів оцінки ризиків включає наступні 4 компоненти: 1 – характеристика рецепторів, 2- оцінка сприйманих впливів (зокрема, об'ємів і концентрацій забруднюючих речовин, 3 – ідентифікація екологічних й економічних загроз (типів екологічних ризиків), 4- характеристика ризиків (оцінки їх імовірності та розмірів).

Аналіз і оцінка екологічних ризиків особливо ефективні у тих випадках, коли є значні невизначеності у вихідних даних об антропогенних навантаженнях на екосистеми й стану самих екосистем; реакції екосистем на ці навантаження також невизначені й мають імовірностний характер; характер можливого наступного використання екосистем допускає декілька альтернативних сценаріїв. Всі ці обставини характерні для вивчення й оцінки впливу точкових джерел забруднення (гарячих точок) на водні об'єкти. Тому, для досягнення мети визначення впливу забруднення на стан екосистеми застосування методології оцінки екологічного ризику вважають більш ефективним ніж використання більш традиційної методології, що орієнтована на деякі встановлені критеріальні оцінки (ГДК, ГДВ й т.п.).

Натурне обстеження припускає відбір проб та біологічну оцінку впливу гарячої точки на різній відстані від неї – безпосередньо нижче скиду забруднених вод (десятки метрів у випадку реально точкового скиду), після чого при візуальному та приборному контролі розповсюдження каламутного (температурного, рН, O<sub>2</sub>) сліду – в межах зони 1 км, далі в межах зони 3 км й т.д., в залежності від потужності скиду й здатності річки до розбавлення, до зони де структура біотичних співтовариств не має видимих відхилень від фонові. При виборі місця відбору проб обов'язковою умовою є подоба ландшафтно-біотопичної фізіономії станцій. В якості контролю роблять відбір проб й опис співтовариств вище місця скиду, у біотопах ідентичних таким у створах, що тестуються. Крім того, роблять обстеження безпосередньо у екологічно чутливих й екологічно цінних зонах, на акваторіях, що охороняються, розташованих у межах до 15 км від гарячої точки.

Загальну фізіономію біотичних співтовариств описують на основі розвитку й розповсюдження макроформ (вищі водні рослини, нитчасті водорості, макробезхребетні). Відбирають проби донної фауни (зообентосу та зооперіфітону), по можливості фіто- та зоопланктону. Проби зообентосу та зооперіфітону відбирають з врахуванням візуально відокремлених однорідностей. У біотопах з пухкими донними відкладами використовуються коробчатий пробовідбірник з площею захвату 100 см<sup>2</sup>, або дночерпатель Петерсена з площею захвату 0,25 м<sup>2</sup>. Обростання з твердих субстратів відбирають скребком з шириною леза 5 см. Робляться змиви з окремих каменів, що підняті на поверхню. Врахування макроформ проводять використовуючи рамку 0,5×0,5 м. Проби планктону відбираються з поверхні води – фітопланктон безпосередньо в тару об'ємом 0,5 л, зоопланктон – концентруючи 100 л через планктонну сітку з мельнічним газом №73.

Уві проби фіксують формаліном. Камеральну обробку проб проводять за загальноприйнятими методиками.

Контролюються фонові абіотичні характеристики: температура води, прозорість, кольоровість, швидкість течії (можна оціночно), розчинний кисень, рН, електропровідність (мінералізація).

За можливості відбираються проби на форми азоту та фосфору, БСК<sub>5</sub> та інші гідрохімічні показники.

На кожній точці відбору проб (станції контролю) заповнюється форма «Полевой протокол – біологічна оцінка впливу точкового джерела забруднення на водні екосистеми».

При камеральній обробці матеріалів встановлюють наявність в пробах індикаторних груп тварин. Відносно зниження чутливості до забруднення, їх розташовують згідно 5 класам якості води:

1) Личинки веснянок – Plecoptera -1 клас, b - олігосапробні.

2) Личинки поденщин - Ephemeroptera (виключаючи Baetis), личинки ручейників Trichoptera (виключаючи Ecnomus), Бокоплави Gammaridae – 2 клас, a - олигосапробні, b' - мезосапробні.

3) Личинки бабок Odonata, Bivalvia (виключаючи Sphaeridae), Gastropoda, Bryozoa – 3 клас, b'' - мезосапробні, a' - мезосапробні.

4) Spongia, Asellus, Hirudinea, Sphaeridae – 4 клас, a'' - мезосапробні.

5) Chironomidae, Tubificidae – 5 клас, полісапробні.

Указуються індикаторні види для яких відомі значення індексу сапробності S або значення сапробних валентностей: x – ксеносапробна зона, o – олігосапробна зона, b – бетамезосапробна зона, a – альфамезосапробна зона та p – полісапробна зона.

Trent Biotic Index (ТБІ) розраховується за представленістю груп організмів за робочою шкалою (табл.7.1), в якій використана найбільш часто зустрічаєма послідовність зникнення макробезхребетних донних співтовариств по мірі забруднення воді та донних відкладів. Для обліку різноманіття фауни запропоновано умовне поняття «група» тварин, під яким для одних тварин розуміють окремі види, для інших, трудновизначаємих груп, більш крупні таксони. За сумою груп та якісному складу населення розраховуються значення індексу.

Групи для визначення ТБІ: всі відомі види плоских хробаків (т. Plathelminthes); малощетинкові хробаки (кл. Oligochaeta), виключаючи рід Nais; всі відомі види п'явок (кл. Hirudinea), молюсків (т. Molluska); ракоподібних (кл. Crustacea); водяних кліщів (отр. Acarina); личинок поденщин (отр. Ephemeroptera), виключаючи Baetes rhodani, личинок веснянок (отр. Plecoptera); личинок ручейників (отр. Trichoptera); личинок вислокрилих (отр. Megaloptera), жуків (отр. Coleoptera); імаго та личинок клопів (отр. Hemiptera); сімейство мошок (сем. Simulidare); комарів – звонцов (сем. Chironomidae), крім Chironomus thummi; личинки Ch. Thummi (личинки червоного кольору).

Початковим моментом роботи зі шкалою при визначенні біотичного індексу є пошук вихідної позиції у першій графі при русі з верхнього рядка цієї графі вниз у міру відсутності у визначаємії пробі показових організмів.

Таблиця 7.1. Робоча шкала для визначення ТВІ

Показові організми	Видове різноманіття	Біотичний індекс за наявністю загальної чисельності наявних у пробі груп				
		0-1	2-5	6-10	11-15	16 та більше
Личинки веснянок	більше ніж 1 вид	-	7	8	9	10
	тільки 1 вид	-	6	7	8	9
Личинки поденцин	більше ніж 1 вид	-	6	7	8	9
	тільки 1 вид	-	5	6	7	8
Личинки ручейників	більше ніж 1 вид	-	5	6	7	8
	тільки 1 вид	-	4	5	6	7
Гаммаруси	всі вищеназвані види відсутні	3	4	5	6	7
Водяний віслук	теж саме	2	3	4	5	6
Тубіфіциди і/або личинки хіроманд (червоні)	теж саме	1	2	3	4	-
Все вищеназвані види відсутні	Все вищеназвані види відсутні	0	1	2	-	-

Потім враховується видове різноманіття у показовій групі за другою графою, при цьому розрізняють лише три категорії: «тільки один вид», «більше одного виду», «всі вищеназвані види відсутні». Потім за сумою груп у останній графі «біотичний індекс за наявністю загального числа присутніх груп» знаходимо стовпець з із відповідним числом груп у пробі й, дивлячись униз до перехрестя з лінією показової групи, у точці перетину отримуємо значення ТВІ.

Індекс різноманіття – інформаційний індекс Шеннона ( $H'$ ) – розраховується за формулою:

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i, \quad (7.1)$$

де  $p_i$  – відношення чисельності  $i$ -го виду (групи) до загальної чисельності  $n$  видів (груп) у співтоваристві.

Виходячи зі специфіки експрес-методу збору полевої інформації більшість стандартних математико-статистичних методів оцінювання імовірності (зокрема, за частотою події й за функцією розподілу) непридатні. Можливі два методи орієнтовочної оцінки імовірності ризику: метод оцінки за варіацією значень індикатора ризику й метод експертного оцінювання. Вибір того або іншого залежить від наявних припущень про ступінь варіації значень індикатору ризику.

Розрахунковий метод оцінки імовірності ризику за варіацією значень його індикаторів виходить з наступних положень: якщо для індикатора ризику  $x$  задано деякий діапазон значень, вихід за межі якого говорить про настання небажаних змін екосистеми, то імовірність цієї події (тобто ризику) буде тим менша, чим ширше цей діапазон; чим далі від його меж ( $x_{\max}$ ,  $x_{\min}$ ) знаходиться значення індикатора ризику  $x_i$ ; чим менша варіація цих значень на протязі заданого часового інтервалу  $t$  або заданої площі території  $S$ . Виходячи з цього, імовірність того, що значення індикатору ризику знаходяться у межах їх допустимих змін, можна визначити як:

$$q_x(\Delta t) = p(x_{\min} < x_i < x_{\max}) = \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} f(x_i) dx_i, \quad (7.2)$$

де  $q_x(\Delta t)$  – імовірність знаходження значень екологічного індикатору  $x$  у межах заданої норми на протязі часового інтервалу  $t$ ;  $x_{\min}$  та  $x_{\max}$  – відповідно верхнє та нижнє значення індикатору ризику  $x$ , що обмежує діапазон його екологічно допустимих значень;  $f(x)$  – щільність розподілу  $x$ .

Якщо немає інших припущень, розподіл значень екологічного індикатору  $x$  можна умовно прийняти як гаусове (що для попередньої оцінки ризику припустимо). Тоді вираз (7.2) прийме вигляд:

$$q_x = q(x_{\min} < x_i < x_{\max}) = \Phi\left(\frac{x_{\max} - \bar{x}}{\sigma_x}\right) - \Phi\left(\frac{x_{\min} - \bar{x}}{\sigma_x}\right), \quad (7.3)$$

де  $\Phi$  – функція нормованого розподілу, значення якої табульовані й наведені у довідниках з математичної статистики;  $\bar{x}$  – середнє арифметичне  $x$ ;  $\sigma_x$  – оцінка середнього квадратичного відхилення величини  $x$ .

Якщо ризик полягає в тому що значення ризику  $x$  перевищить критичне значення  $x_{\max}$ , то формула прийме вигляд:

$$q_x = q(x_i < x_{\max}) = \Phi\left(\frac{x_{\max} - \bar{x}}{\sigma_x}\right).$$

Якщо ризик полягає в тому, що значення індикатору ризику  $x$  знизиться нижче критичного значення  $x_{\min}$ , то формула прийме вигляд:

$$q_x = q(x_{\min} < x_i) = \Phi\left(\frac{x_{\min} - \bar{x}}{\sigma_x}\right).$$

Імовірність виникнення за часовий інтервал  $t$  екологічного ризику виду  $x$  оцінюється як:

$$p_x = 1 - q_x, \quad (7.4)$$

В якості середнього арифметичного значення індикатора екологічного ризику  $x$  рекомендується використовувати його значення, виміряне в точці, для якої оцінюється ризик.

В якості оцінки середнього квадратичного відхилення допустимо прийняти оцінку  $\sigma_x$ , розраховану за вибіркою значень змінної  $x$ , виміряних на всіх станціях контролю для даної ріки (тобто у самій гарячій точці та станціях, що знаходяться на різних відстанях від неї). В цьому випадку значення  $x$  виявиться однаковим для всіх станцій контролю й у загальному випадку декілько більшим ніж  $\epsilon$ . Вочевидь, для місця скиду забруднюючих

вод часова та просторова варіації значень індикатору екологічного ризику при його гіршому у екологічному значенні середньому значенні  $x$  буде меншою, ніж просторова варіація значень  $x$ , розрахована по всім дослідженим станціям контролю. Аналогічно, при кращому середньому значенні  $x$  на контрольній станції (вище місця скиду), варіація значень змінної  $x$  буде меншою. Тому, можна умовно прийняти, що оцінку середнього квадратичного відхилення  $\sigma_x$ , розраховану по всім станціям даної ріки, слід відкоректувати для кожної конкретної станції. Значення поправочних коефіцієнтів, на які слід поділити середню по річці оцінку  $\sigma_x$ , наведені у табл.7.2.

Таблиця 7.2. Поправочні коефіцієнти  $k$  до оцінки середнього квадратичного відхилення

Відстань станції від місця скиду, км	Контроль (вище скиду)	0 (скид)	до 1 км	до 3 км	до 5 км	до 15 км
Значення $k$	3,0	3,0	1,5	2,0	2,5	3,0

Маючи імовірності виникнення кожного типу екологічних ризиків  $p_i$  можна оцінити імовірність виникнення визначеної комбінації ризиків різних типів:

$$p_{j=1-k} = 1 - \prod (1 - p_j), \quad (7.5)$$

та, зокрема, імовірність того, що за заданий часовий інтервал у екосистемі не відбудеться ні одного типу екологічних ризиків:

$$p = \prod_{i=1}^n (1 - p_i), \quad (7.6)$$

де  $n$  – кількість типів екологічних ризиків, що характерні для точки, що досліджується.

Для кожного з індикаторів ризику необхідно встановити його критичне значення, вихід за межі якого вказує на те, що ризик здійснено. У якості критичних значень приймають значення градацій індексів якості води та водного середовища, що вказують на перехід якості води до класу (категорії) брудна, (табл.7.3).

У багатьох випадках оцінити розміри екологічних ризиків дуже складно з-за фрагментарності вихідної інформації, невизначеностей у шляхах подальшого господарського використання й поводження «гарячої точки» й т.п. Крім цього, оцінки ризику мають різну природу, зокрема – одиниці вимірів, й порівнювати їх, а також зводити до деякій інтегральній оцінці розміру ризику, не представляється можливим. Тому має сенс оцінка розмірів різних видів екологічних ризиків у деяких єдиних одиницях вимірювань. Такою оцінкою може бути ступінь небажаності ризику, що можна отримати на основі функції бажаності Харрінгтона.

Для переходу від значень іменній змінній  $x_i$  до безрозмірної оцінки ступеню небажаності його значення  $d_i \in [0,1]$ , а визначивши значення небажаності  $d_i$  для всіх змінних – індикаторів ризику, визначити інтегральну оцінку небажаності очікуваних змін екосистеми  $D \in [0,1]$ .

Таблиця 7.3. Критичні значення індикаторів ризику

Категорія	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{3-}$ ,	Розчинний кисень	S	ТВІ
Дуже чиста	<0,1	<0,002	<0,2	<0,015	>8	<1	9-10
Чиста	0,1-0,2	0,002-0,005	0,2-0,3	0,015-0,03	7,6-8	1-1,5	8
Достатньо чиста	0,21-0,3	0,006-0,01	0,31-0,5	0,031-0,05	7,1-7,5	1,6-2,0	7
Слабо забруднена	0,31-0,5	0,011-0,02	0,51-0,7	0,051-0,1	6,1-7,0	2,1-2,5	6
Помірно забруднена	0,51-1,0	0,021-0,05	0,71-1	0,101-0,2	5,1-6,0	2,6-3,0	5
Брудна	1,01-2,5	0,051-0,1	1,01-2,5	0,201-0,3	4-5	3,1-3,5	4-3
Дуже брудна	>2,5	>0,1	>2,5	>0,3	<4	>3,5	2-1
Критичне значення	max=1,0	max=0,05	max=1,0	max=0,2	min=5	max=3	min=4

Реалізація методу виконується наступним чином:

1. Для індикатора екологічного ризику виду  $x$  задається його оптимальне (найбільш бажане) значення  $x_{opt}$ . Та найгірше у екологічному розумінні значення  $x_{er}$ . Цим значенням відповідають оцінки небажаності  $d=1$  (для  $x_{opt}$ ) та  $d=0$  (для  $x_{er}$ )

Ці значення визначаються виходячи з особливостей індикаторів. Для Trend Biotic Index (ТВІ)  $x_{er}=1$ , а у якості  $x_{opt}$  можна прийняти значення ТВІ у контрольному створі. Для індексу видового різноманіття  $H'$  його найгірше значення розраховується для випадку, коли кожен з видів у співтоваристві представлений однією особою, а вся інша чисельність доводиться на один вид-домінант, в якості  $x_{opt}$  можна прийняти його значення, що визначається на контролі, визначене у контрольній точці. Для індексу сапробності  $S$  його найгірше значення дорівнює  $x_{er} = 4,0$ , а в якості  $x_{opt}$  можна прийняти його значення, визначене у контрольній точці.

2. Для індикатору екологічного ризику виду  $x$  задається його очікуване при здійсненні ризику значення  $x_{risk}$ . Воно повинно задовольняти умовам  $x_{opt} < x_{risk} < x_{er}$  або  $x_{opt} > x_{risk} > x_{er}$ .

3. Оцінюється ступінь небажаності екологічного ризику типу  $x$  за модифікованою формулою Харрінгтона:

$$d_x = 1 - \exp \left\{ - \exp \left\{ - \left[ 9 \left| \frac{x_{opt} - x_{risk}}{x_{er} - x_{risk}} \right| \right]^{1,927} - 2 \right\} \right\} \quad (7.7)$$

4. Інтегральна оцінка небажаності стану екосистеми у випадку виникнення всіх типів екологічного ризику оцінюється за виразом:

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i^{a_i}}, \quad (7.8)$$

де  $d_i$  – оцінка небажаності ризику  $i$ -го типу;  $n$  – число ризиків;  $a_i$  – оцінка суттєвості ризику  $i$ -го типу (припустимо прийняти  $a_i=1$  для всіх типів ризику).

Чим ближче до одиниці значення  $d_i$  або  $D$ , тим більш небажаними є розміри екологічного ризику. При цьому, шкала Харрінгтона розбивається на визначені інтервали значень, що відповідають деяким якісним градаціям небажаності (табл.7.4).

Таблиця 7.4. Градації ступеню небажаності розмірів екологічного ризику

Значення показника небажаності $d_i$ або $D$	Градація бажаності за Харрінгтоном	Якісна оцінка ступеню небажаності екологічного ризику
0,00 - 0,20	дуже добре	практично незначний ризик
0,20 - 0,37	добре	малозначний ризик
0,37 - 0,63	задовільно	середньозначний ризик
0,63 - 0,80	погано	небажаний ризик
0,80 - 1,00	дуже погано	вкрай небажаний ризик

Табл.7.5. Показники забруднення води по станціях

№	Станція (відстань)	ТВІ бентосу	S ролінності	S донної фауни	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/л	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/л	O <sub>2</sub> , мг/л
Приклад	Контроль	7	1,9	1,7	0,026	0,22	0,37	0,043	7,8
	Скид	2	1,9	2,23	0,051	0,66	0,68	0,058	7,9
	1 км	5	1,7	2,50	0,37	0,26	1,56	0,11	7,6
	3,5 км	6	1,7	2,48	0,027	0,26	1,06	0,50	7,5
	9,5 км	7	немає	2,50	0,029	0,25	0,95	0,047	7,5
	Забруднені води у місці концентрації	1	немає	3,05	13,8	1,65	4,35	0,64	5,5
	Контроль	8	1,9	1,9	0,030	0,10	0,15	0,030	7,8
	Скид	1	1,9	2,23	0,056	0,66	1,80	0,70	7,9
	1 км	3	1,7	1,90	0,50	0,25	1,20	0,61	7,6
	3,5 км	5	1,7	2,00	0,030	0,19	1,06	0,50	7,5
	9,5 км	6	немає	2,50	0,015	0,17	0,95	0,47	7,5
	12 км	7	немає	2,50	15,0	0,15	0,20	0,24	7,5
2	Контроль	2	1,9	1,7	0,12	0,22	0,27	0,043	7,9
	Скид	9	1,9	2,23	0,60	0,66	0,68	0,58	7,9
	1 км	3	1,7	2,50	0,37	0,26	1,56	0,11	7,6
	3,5 км	5	1,7	2,48	0,27	0,26	1,06	0,50	7,5
	9,5 км	6	немає	2,50	0,29	0,25	0,95	0,47	7,5
	Забруднені води у місці концентрації	1	немає	3,05	10,8	0,65	2,35	0,64	5,5
3	Контроль	7	1,9	1,9	0,015	0,12	0,47	0,043	8,0
	Скид	1	1,9	2,23	0,51	0,66	0,68	0,88	7,9
	1 км	2	1,7	2,50	0,17	0,16	1,56	0,11	7,6
	3,5 км	4	1,7	2,48	0,27	0,17	1,06	0,50	7,5
	9,5 км	5	немає	1,90	0,29	0,15	0,95	0,47	7,5
	Забруднені води у місці концентрації	1	немає	3,60	12,8	1,65	5,35	1,64	5,5
4	Контроль	8	1,9	1,9	0,011	0,22	0,37	0,043	7,9
	Скид	2	1,9	2,20	0,71	1,66	0,68	0,98	7,9
	1 км	3	1,7	2,00	0,37	0,26	1,56	0,11	7,6
	3,5 км	5	1,7	2,48	0,047	0,26	1,06	0,50	7,5
	9,5 км	6	немає	2,50	0,069	0,25	0,95	0,57	7,5
	12 км		немає	3,00	0,018	0,65	0,35	0,24	7,5
5	Контроль	9	1,9	2,0	0,08	0,17	0,12	0,043	8,8
	Скид	1	1,7	2,23	0,71	1,66	0,68	1,98	6,0



	1 км	2	1,7	2,50	0,37	0,26	1,56	0,71	7,6
	3,5 км	3	1,7	2,48	0,27	0,26	1,06	0,50	7,5
	9,5 км	5	1,6	2,50	0,19	0,25	0,95	0,57	7,5
	12 км	7	1,7	2,50	0,18	0,15	0,25	0,24	7,4

Приклад:

Надано: Вихідні дані наведено у табл.7.5.

Розрахунок:

1. Для кожного з вибраних індикаторів ризику визначаємо величину середнього квадратичного відхилення  $\sigma_x$ . Приклад для ТВІ бентосу табл.7.6.

Таблиця 7.6. Розрахунок  $\sigma_x$  для ТВІ бентосу

№	Станція	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	Контроль	7	7-4,67=2,33	5,43
2	Скид	2	2-4,67=2,67	7,13
3	1 км	5	5-4,67=0,33	0,11
4	3,5 км	6	6-4,67=1,33	1,77
5	9,5 км	7	7-4,67=2,33	5,43
6	Забруднені води у місці концентрації	1	1-4,67=3,67	13,47
Сума				33,34

$$\sigma_{ТВІ} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{33,34}{6-1}} = \sqrt{6,668} = 2,582$$

2. Відкоректуємо значення середньоквадратичного відхилення для кожної точки за табл.7.2:

	Контроль	Скид	1 км	3,5 км	9,5 км	Забруднені води у місці концентрації
$\sigma_x$	2,582	2,582	2,582	2,582	2,582	2,582
K	3,0	3,0	1,5	2,5	3,0	3,0
$\sigma_x/K$	0,861	0,861	1,721	1,033	0,861	0,861

3. Критичні значення ризиків знаходимо за табл.7.3.

4. Розраховуємо для кожного з індикаторів ризику імовірність його здійснення за формулою (7.3) для кожній точці. Для контролю:

$$q_x = q(x_{\min} < x_i) = \Phi\left(\frac{x_{\min} - \bar{x}}{\sigma_x}\right) = \Phi\left(\frac{7-4}{0,861}\right) = \Phi(3,484) = 0,999749 \approx 1.$$

Тобто ми визначили імовірність того, що значення ТВІ для контролю не знизиться нижче критичного значення, це імовірність того, що ризик не буде спостерігатись. Імовірність же ризику визначається за формулою (7.4)  $p_i = 1 - q_x = 1 - 1 = 0$ . Тобто ризику забруднення для станції контролю немає.

5. Так само розраховуємо всі інші індикатори ризику.

6. В якості узагальненого показника імовірності забруднення річкових вод можна прийняти імовірність того, що річкова вода буде забруднена хоч за одним показником. У табл. 7.7 наведено приклад розрахунку узагальненого показника ризику (за формулою (7.5)) за хімічними показниками. Для контролю:

$$P_{j=1-k} = 1 - \prod (1 - P_j) = 1 - (1 - 0,43)(1 - 0,62)(1 - 0,33)(1 - 0,28)(1 - 0,01) = 1 - 0,13 = 0,87.$$

Таблиця 7.7. Розрахунок узагальненого показника імовірності ризику

Імовірність ризику	Контроль	Скид	1 км	3,5 км	9,5 км	Забруднені води у місці концентрації
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,99
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,62	0,86	0,64	0,64	0,64	0,990
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,33	0,41	0,65	0,62	0,36	0,99
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,28	0,30	0	0,29	0,29	0,96
Розчинному кисню, O <sub>2</sub>	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,32
Загальна імовірність	0,87	0,97	0,93	0,99	0,91	1,0

**Висновки:** Виходячи зі значень загальних показників імовірності ризиків ріка забруднена хоча б за одним з показників, навіть у точці контролю ризик достатньо велик і складає 87%, що говорить про загальний незадовільний стан ріки та про те, що вона знаходиться у ризиковому стані. Наявність точкового джерела забруднення призводить до збільшення ризику на всіх точках дослідів до 91-97%.

#### Контрольні питання:

1. Методологія оцінки екологічних ризиків?
2. Перевірочна оцінка ризику це?
3. Попередня оцінка ризику це?
4. Детальна оцінка ризику?
5. Компоненти оцінки екологічних ризиків?
6. Розрахунковий метод оцінки імовірності ризику?

#### Перелік літератури.

1. Афанасьев С.А., Гродзинский М.Д. Методика оценки экологических рисков, возникающих при воздействии источников загрязнения на водные объекты. -К, -2004.- 59 с.
2. Сынзыные Б.И., Тянтова Е.Н., Мелехова О.П. Экологический риск -М.: Логос.- 2005 - 168 с.

3. Хоружая Т.А. Оценка экологической опасности - М.: Книга сервис - 2002. - 208 с.

## ДОДАТКИ

Таблиця А. 1 Типи й підтипи схилових процесів за механізмом зсуву порід

Типи небезпечних схилових процесів (за механізмом зсуву порід)	Підтипи	Характеристика порід основного деформуємого горизонту	Характер прояву
Зсуви зрушення (ковзання)	Інсеквентні (що зрізають)	Глинисті (рідше вивітрілі напів-скельні й скельні) породи, масивні або шаруваті, з пологим, або зворотним падінню схилу заляганням шарів	Відрив і змішання блоків порід по ввігнутій криволінійній поверхні з одночасним їх запрокидуванням
	Консеквентні (що зісковзують)	Прошарки глинистих пластичних ґрунтів у товщі більш міцних ґрунтів і поверхні ослаблення, нахилені у бік падіння схилу	Зсув масиву або блоків порід по поверхнях ослаблення
Зсуви видавлювання		Глинисті, переважно пластичні	Видавлювання ґрунту з-під піддошви прибровочного уступу схилу і його зсув разом зі зсувними нагромадженнями, що раніше утворилися на схилі
Зсуви в'язкопластичні	Зсуви-потоки Спливи (опливини)	Глинисті, малоущільнені й слаболітіфіковані, пластичні	В'язкопластичний плин маси ґрунту: по балках - зсуви-потоки, витягнуті по осі оповзання форми в плані; на зволжених кру-

			тих уступах – спливи; у межах зони сезонного промерзання при відтаванні – опливини
Зсуви гідродинамічного руйнування	Суфозійні  Гідродинамічного напору	Водонасичені піщані й глинисті пилуваті ґрунти	Відрив зсувного тіла або обвалення суфозійної ніші з наступним розтіканням водонасиченої маси, що змістилася
Зсуви раптового розрідження	Несейсмогенного розрідження  Сейсмогенного розрідження	Слабоущільнені глинисті й піщані водонасичені ґрунти, що піддані швидкому разупрочненню при динамічних впливах	Розрідження при динамічному впливі (техногенному струсі або сейсмічних поштовхах) і швидкий грузлий плин розрідженого ґрунту по ухилу рельєфу

Таблиця А. 2 - Середньоваговий діаметр ( $\bar{d}$ ) водотривких агрегатів та потужність гумусового горизонту (Н) основних ґрунтів

Шифр ґрунту (варіант)	Номенклатурна назва ґрунту	$\bar{d}$ , мм	Н, см	щільність, г/см <sup>3</sup>
1	Дерново-слабопідзолисті піщані і глинисто-піщані	0,2	18	1,6
2	Дерново-середньопідзолисті супіщані	0,2	20	1,5
3	Дерново-слабопідзолисті оглеєні піщані і глинисто-піщані	0,2	27	1,6
4	Дерново-середньопідзолисті оглеєні супіщані	0,2	15	1,5
6	Світлосірі і сірі опідзолені	0,3	22	1,3
7	Темно-сірі	0,4	37	1,2
8	Чорноземи опідзолені	0,4	41	1,2
10	Чорноземи реградовані	0,6	40	1,2
11	Чорноземи потужні малогумусні і слабогумусовані	0,6	41	1,2
12	Чорноземи потужні середньогумусовані	0,8	43	1,2
13	Чорноземи звичайні мало-і середньогумусовані	0,7	48	1,1
14	Чорноземи звичайні середньогумусовані і глибокі	0,6	46	1,1
15	Чорноземи звичайні малогумусовані	0,5	40	1,2
16	Чорноземи звичайні малогумусовані неглибокі	0,3	22	1,2
17	Чорноземи південні малогумусні і слабогумусовані	0,3	30	1,2
18	Чорноземи переважно солонцюваті на важких глинах	0,2	30	1,3
18а	Чорноземи на важких глинах	0,3	30	1,3
19	Чорноземи і дернові щербенисті ґрунти на елювії щільних некарбонатних порід	0,3	20	1,5
20	Чорноземи і дернові карбонатні ґрунти на	0,3	23	1,6

	елювії карбонатних порід			
21	Чорноземи потужні залишково-солонцюваті	0,3	30	1,3
22	Чорноземи південні залишково-солонцюваті	0,4	25	1,3
23	Лугово-чорноземні	0,6	45	1,3
24	Лугово-чорноземні поверхнево-солонцюваті	0,5	27	1,4
25	Лугово-чорноземні глибоко-солонцюваті	0,5	45	1,4
26	Темно-каштанові залишково-солонцюваті	0,3	31	1,4
28	Каштанові солонцюваті	0,3	17	1,4
29	Лугові	0,7	43	1,4
30	Лугові солонцюваті	0,7	50	1,4
31	Лугово-болотні і болотні	0,3	26	1,4
32	Торф'яно-болотні і торфовища низинні	0,2	18	0,3
33	Солонці	0,2	15	1,4
34	Лугово-чорноземні і дернові осолоділі глеєві ґрунти і солоди	0,2	10	1,3
35	Дернові переважно оглеені піщані, глинисто-піщані і супіщані в комплексі зі слабогумусованими пісками	0,2	15	1,5
35a	Дернові піщані і глинисто-піщані	0,2	15	1,5

Таблиця А. 3 - Змив ґрунту (т/га) при сніготаненні 10%-ої забезпеченості у лісостепу (для визначення середньорічного змиву результат зменшується у 3 рази)

tg( $\alpha$ )	X <sub>2</sub> , м	$\bar{a}$ , м					
		0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,001	0,002
0,0175	100	15,73	5,89	2,60	1,20	0,50	0,90
0,0175	300	35,94	11,15	9,70	6,30	4,25	0,58
0,0175	700	63,79	31,40	19,90	14,10	10,52	3,89
0,0350	100	29,20	13,00	7,30	4,50	2,80	0,20
0,0350	300	62,20	30,50	19,40	13,70	10,20	3,10
0,0350	700	107,4	54,80	36,10	26,60	20,70	8,40
0,0525	100	45,10	21,60	13,1	8,90	6,30	1,50
0,0525	300	84,40	42,50	27,60	20,00	15,30	5,60
0,0525	700	144,5	74,60	49,90	37,20	29,40	13,00
0,0700	100	51,00	24,60	15,20	10,50	7,60	1,90
0,0700	300	104,4	53,20	35,00	25,70	20,00	8,10
0,0700	700	177,20	92,50	62,20	46,70	37,20	17,10
0,0875	100	60,98	29,90	18,90	13,30	9,87	2,96
0,0875	300	123,62	63,40	42,10	31,20	24,47	10,40
0,0875	700	209,62	109,5	74,10	55,90	44,68	21,12
0,1227	100	78,90	39,40	25,50	18,40	14,02	5,00
0,1227	300	158,26	82,00	55,00	41,20	32,60	14,70
0,1227	700	267,22	140,30	95,50	72,50	58,23	28,30
$V_{\Delta доп}$		0,0398	0,0562	0,0689	0,0795	0,0889	0,1258
$n_0$		0,00997	0,0112	0,012	0,0126	0,0131	0,0147



Таблиця А. 4 - Змив ґрунту (т/га) при сніготаненні 10%-ої забезпеченості у північному степу (для визначення середньорічного змиву результат зменшується у 4 рази)

tg( $\alpha$ )	X <sub>2</sub> , м	$\bar{d}$ , м					
		0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,001	0,002
0,0175	100	8,02	2,80	1,10	0,41	0,14	1,10
0,0175	300	21,50	8,40	4,80	3,00	1,91	0,17
0,0175	700	33,99	16,50	10,30	7,10	5,22	1,40
0,0350	100	15,40	6,50	3,50	2,00	1,20	0,10
0,0350	300	33,10	16,00	10,0	6,90	5,00	1,30
0,0350	700	57,60	29,10	19,00	13,90	10,70	4,10
0,0525	100	21,50	9,80	5,70	3,70	2,50	0,30
0,0350	300	45,20	22,50	14,40	10,30	7,80	2,60
0,0525	700	77,70	39,90	26,50	19,60	15,40	6,60
0,0700	100	27,10	12,80	7,40	5,20	3,70	0,80
0,0700	300	56,00	28,30	18,50	13,40	10,30	3,90
0,0700	700	95,70	49,50	33,20	24,80	19,60	8,80
0,0875	100	32,47	15,60	9,70	6,70	4,88	1,25
0,0875	300	66,34	33,80	21,90	16,40	12,73	4,76
0,0875	700	112,85	59,00	39,60	29,50	23,65	10,92
0,1227	100	42,15	20,80	13,30	9,50	7,10	2,30
0,1227	300	85,07	43,80	29,20	21,80	17,13	7,55
0,1227	700	144,00	75,40	51,10	38,70	30,98	14,83
$V_{\Delta don}$		0,0398	0,0562	0,0689	0,0795	0,0889	0,1258
$n_0$		0,00997	0,0112	0,012	0,0126	0,0131	0,0147

Таблиця А. 5 - Змив ґрунту (т/га) від зливи 10%-ої забезпеченості у лісостепу  
(дорівнює середньорічному змиву ґрунту)

tg( $\alpha$ )	X <sub>2</sub> , м	$\bar{a}$ , м					
		0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,001	0,42
0,0175	100	3,41	1,68	1,06	0,74	0,56	1,12
0,0175	300	6,93	3,56	2,26	1,76	1,18	0,17
0,0175	700	11,74	6,16	4,23	3,15	2,51	2,08
0,0350	100	5,78	2,94	1,94	1,42	1,11	0,89
0,0350	300	11,50	6,01	4,06	3,06	2,45	2,03
0,0350	700	19,34	10,22	7,32	5,32	4,29	3,59
0,0525	100	7,79	4,02	2,68	2,00	1,58	1,29
0,0525	300	15,34	8,09	5,51	4,18	3,36	2,20
0,0525	700	25,80	13,68	9,38	7,18	5,82	4,88
0,0700	100	9,61	5,00	3,36	2,52	2,00	1,65
0,0700	300	18,89	9,98	6,81	5,19	4,19	3,50
0,0700	700	31,65	16,82	11,56	8,89	7,19	6,05
0,0875	100	11,39	5,90	3,99	3,00	2,40	1,98
0,0875	300	22,15	11,72	8,02	6,13	4,95	4,15
0,0875	700	37,07	19,73	13,57	10,42	8,47	7,13
0,1050	100	12,88	6,75	4,57	3,46	2,77	2,30
0,1050	300	25,22	13,37	9,16	7,01	5,68	4,76
0,1050	700	42,17	22,46	15,47	11,89	9,67	8,15
0,1227	100	14,40	7,56	5,14	3,90	3,13	2,60
0,1227	300	28,15	14,94	10,26	7,86	6,37	5,35
0,1227	700	47,06	25,08	17,29	13,29	10,82	9,13
0,1400	100	15,83	8,33	5,67	4,31	3,47	2,89
0,1400	300	30,92	16,43	11,29	8,66	7,00	5,90
0,1400	700	51,65	27,55	19,00	14,62	11,90	10,04
$V_{\Delta don}$		0,0398	0,0562	0,0689	0,0795	0,0889	0,1258
$n_0$		0,00997	0,0112	0,012	0,0126	0,0131	0,0147



Таблиця А. 6- Середня температура повітря по декадах 1991 р.

Пункт	W, мм/ $\Sigma t^*$	Температура повітря, середня, °С														
		IV			V			VI			VII			VIII		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. Любешов	160/36	9,4	6,2	6,2	10,1	18,3	17,4	19,4	14,4	15,1	16,9	16,7	19,9	21,6	19,0	15,9
2. Свитязь	245/49	9,4	6,3	6,5	9,6	18,2	17,9	19,2	14,5	15,2	16,9	17,6	20,3	21,8	19,2	15,9
3. Ковель	267/38	9,2	6,2	6,7	9,8	18,5	17,8	19,0	14,6	15,3	16,7	17,5	19,7	21,4	19,0	15,8
4. Володимир- Волинський	323/37	9,1	6,2	6,9	9,4	18,3	17,4	18,6	14,5	14,9	16,2	17,1	19,1	20,9	18,6	15,6
5. Луцьк	163/31	9,1	6,3	6,9	9,4	13,4	18,0	19,4	14,8	15,2	16,1	17,1	19,1	21,6	19,0	16,1
6. Сарни	82/31	8,8	5,8	6,3	9,9	18,2	17,7	19,2	15,1	15,1	16,4	17,5	19,4	21,5	18,8	15,5
7. Ровно	147/25	8,1	5,8	7,0	9,5	18,0	17,6	19,4	14,8	14,9	15,8	16,9	19,1	21,6	18,8	15,6
8. Дубно	187/31	9,4	6,2	7,5	9,5	18,1	18,1	18,6	15,0	15,1	15,9	16,7	18,6	20,6	18,3	15,5
9. Овруч	143/22	6,8	5,1	6,4	10,0	17,7	17,7	19,7	15,6	15,1	16,0	16,9	19,1	21,1	18,0	15,0
10. Олевск	230/29	7,6	5,3	6,4	9,7	17,4	17,7	18,8	14,9	14,6	15,9	16,4	18,5	20,1	17,5	14,8
11. Коростень	347/24	7,1	5,0	6,8	9,8	17,5	17,7	19,5	15,4	15,1	15,9	17,1	19,1	21,0	17,8	14,9
12. Новоград- Волинський	302/29	7,6	5,4	7,4	9,8	18,4	18,0	19,5	15,2	14,9	15,7	17,2	18,9	21,0	18,1	14,8
13. Житомир	194/24	6,5	5,2	7,2	9,5	17,4	17,8	19,7	15,3	15,0	15,8	17,7	19,0	21,0	18,2	14,6
14. Черnobиль	208/24	6,5	6,4	7,0	10,8	18,1	18,5	21,3	16,2	15,8	16,3	18,4	19,7	22,1	19,1	15,6
15. Полеське	108/26	6,6	5,8	6,9	10,0	17,8	17,8	19,7	15,9	15,5	16,3	17,8	19,3	21,4	18,4	15,3

16. Тетерев	207/29	7,0	5,6	7,0	9,9	17,7	18,3	20,3	16,0	15,5	16,2	18,3	19,5	21,4	18,0	14,9
17. Баришевка	239/27	6,4	6,2	7,8	10,1	17,1	18,3	20,6	16,3	16,2	16,3	13,9	19,1	20,8	18,5	15,0
18. Бориспіль	157/27	6,6	6,2	8,0	10,2	17,9	18,6	20,9	16,8	16,3	16,3	16,3	16,6	21,9	19,8	15,4
19. Яготин	181/25	5,5	5,9	8,0	10,3	17,5	18,7	20,4	16,6	16,2	16,5	20,0	19,7	22,1	20,1	15,4
20. Фастів	93/26	6,2	6,2	7,8	9,6	18,0	18,6	20,6	15,9	15,2	15,9	18,6	19,3	22,1	19,1	14,8
21. Біла Церква	184/30	6,3	6,5	8,4	9,8	18,1	18,5	20,4	16,1	15,3	16,2	18,8	19,6	21,8	19,1	15,0
22. Миронівська АС	156/30	6,2	6,5	8,8	10,0	17,9	19,2	20,8	16,4	16,0	16,0	19,8	19,9	22,2	20,1	15,3
23. Семенівка	94/8	5,1	4,7	5,3	10,0	5,9	17,6	18,9	15,2	15,9	16,0	17,9	18,0	20,6	18,2	15,6
24. Щорс	112/15	5,7	5,2	6,1	10,1	16,7	18,6	19,6	15,9	16,2	16,4	18,3	19,0	21,0	18,6	16,0
25. Покопичі	263/7	4,9	4,6	5,6	9,9	16,2	17,8	19,2	15,4	16,1	15,8	18,1	18,2	20,8	18,8	15,6
28. Остер	201/24	6,3	6,3	7,5	10,4	17,6	18,4	20,3	16,4	16,4	16,5	18,8	19,3	21,2	18,5	15,5
29. Прилуки	192/21	5,9	6,0	7,5	10,5	17,3	19,2	20,6	16,7	16,4	16,6	19,9	19,4	21,8	18,9	15,4
30. Хутір Михайлівський	222/10	4,6	4,3	5,3	9,9	15,5	17,4	18,9	15,4	16,3	16,1	18,5	17,9	20,4	18,3	15,6

Примітка: \* W- запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на весні, в мм, /сума температур вище 0°C на кінець березня.

Таблиця А. 7 - Кількість опадів за декаду 1971 р.

Пункт	Кількість опадів, мм														
	IV			V			VI			VII			VIII		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. Любешов	1	3	36	3	0	33	33	32	33	18	4	0	3	18	16
2. Свитязь	9	5	30	6	8	38	10	16	19	44	6	0	2	5	12
3. Ковель	1	6	33	9	1	46	15	19	22	28	2	0	2	15	28
4. Володимир-Волинський	0	9	25	16	14	43	10	24	24	39	11	0	2	24	12
5. Луцьк	0	4	27	13	5	29	38	23	23	37	25	0	1	12	29
6. Сарни	0	5	25	4	10	35	41	42	0	41	21	14	3	9	40
7. Ровно	0	2	18	14	22	35	6	46	39	54	48	9	1	13	30
8. Дубно	0	5	19	18	22	4	14	21	36	55	60	5	3	20	34
9. Овруч	0	9	30	9	6	45	5	36	40	42	64	1	12	4	31
10. Олевск	0	6	28	4	5	40	78	37	28	60	60	2	7	4	38
11. Коростень	0	4	18	12	6	51	3	26	20	76	14	0	29	7	33
12. Новоград-Волинський	0	12	23	15	1	33	4	30	34	76	52	0	2	26	29
13. Житомир	0	10	12	16	10	36	7	34	33	68	2	1	38	4	38
14. Чернобиль	0	2	18	5	5	39	19	81	26	55	11	0	30	1	36

15. Полеське	0	7	20	8	0	16	9	38	27	33	13	1	34	6	34
16. Тетерев	0	6	14	11	0	61	4	65	25	39	11	0	22	2	42
17. Баришевка	0	2	22	14	0	46	0	51	17	61	35	5	4	6	39
18. Бориспіль	0	6	18	15	0	19	0	37	11	73	18	2	10	6	36
19. Яготин	0	1	26	12	0	32	0	24	28	49	30	6	1	24	42
20. Фастів	0	5	11	22	0	17	0	33	14	42	22	0	9	15	34
21. Біла Церква	0	5	15	31	0	3	0	76	14	31	30	0	2	24	36
22. МиронівськаАС	0	0	24	31	2	19	0	60	19	38	29	0	1	8	38
23. Семенівка	0	4	29	14	0	49	5	65	32	33	27	27	12	1	3
24. Щорс	0	3	24	14	0	16	16	60	28	42	13	14	7	0	4
25. Покошичі	0	2	30	16	0	6	12	43	36	43	60	24	2	0	7
26. Чернігів	0	3	14	9	0	34	13	46	38	65	31	33	15	0	36
27. Нежин	0	8	18	6	0	44	3	51	27	50	34	14	7	0	31
28. Остер	0	4	24	8	0	22	2	61	46	76	22	6	22	0	42
29. Прилуки	0	3	16	8	0	31	1	28	31	52	14	29	4	3	33
30. Хутір Михайлівський	0	1	32	17	1	53	14	42	44	25	32	20	0	0	10

Таблиця А. 8- Розрахунок показників посушливості за даними метеостанції Черноморське

Місяць	Декада	W, мм/∑t	Середня температура повітря, °С	Кількість опадів, мм	Сума температур,°С, наростаючим підсумком	Сума опадів, мм наростаючим підсумком	Гідротермічний коефіцієнт Селянинова	Коефіцієнт посушливості Бова
IV	1	104/95	6,8	0	68	0	0	6,38
	2		6,7	0	135	0	0	0
	3		11,2	1	247	1	0,04	0,043
V	1		12,6	8	373	9	0,24	0,19
	2		14,8	3	521	12	0,23	0,19
	3		17,4	14	712,4	26	0,36	0,32
VI	1		18,8	0	900,4	26	0,29	0,26
	2		20,0	13	1100,4	39	0,35	0,33
	3		19,2	0	1292,4	39	0,30	0,28
VII	1		19,9	0	1491,4	39	0,26	0,25
	2		22,0	3	1711,4	42	0,25	0,23
	3		23,0	7	1964,4	49	0,25	0,24
VIII	1		23,0	0	2194,4	49	0,22	0,21
	2		23,6	0	2430,4	49	0,20	0,19
	3		20,2	5	2652,6	54	0,20	0,20







Таблиця А. 9 - Показники забруднення води по станціях

№	Станція (відстань)	ТВІ бентосу	S рослинності	S донної фауни	$NH_4^+$ , мг/дм <sup>3</sup>	$NO_2^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	$NO_3^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	$PO_4^{3-}$ , мг/дм <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>
Приклад	Контроль	7	1,9	1,7	0,026	0,22	0,37	0,043	7,8
	Скид	2	1,9	2,23	0,051	0,66	0,68	0,058	7,9
	1 км	5	1,7	2,50	0,37	0,26	1,56	0,11	7,6
	3,5 км	6	1,7	2,48	0,027	0,26	1,06	0,50	7,5
	9,5 км	7	немає	2,50	0,029	0,25	0,95	0,047	7,5
	Забруднені води у місці концентрації	1	немає	3,05	13,8	1,65	4,35	0,64	5,5
	Контроль	8	1,9	1,9	0,030	0,10	0,15	0,030	7,8
	Скид	1	1,9	2,23	0,056	0,66	1,80	0,70	7,9
	1 км	3	1,7	1,90	0,50	0,25	1,20	0,61	7,6
	3,5 км	5	1,7	2,00	0,030	0,19	1,06	0,50	7,5
	9,5 км	6	немає	2,50	0,015	0,17	0,95	0,47	7,5
	12 км	7	немає	2,50	15,0	0,15	0,20	0,24	7,5
2	Контроль	2	1,9	1,7	0,12	0,22	0,27	0,043	7,9
	Скид	9	1,9	2,23	0,60	0,66	0,68	0,58	7,9
	1 км	3	1,7	2,50	0,37	0,26	1,56	0,11	7,6
	3,5 км	5	1,7	2,48	0,27	0,26	1,06	0,50	7,5
	9,5 км	6	немає	2,50	0,29	0,25	0,95	0,47	7,5
	Забруднені води у місці концентрації	1	немає	3,05	10,8	0,65	2,35	0,64	5,5
3	Контроль	7	1,9	1,9	0,015	0,12	0,47	0,043	8,0
	Скид	1	1,9	2,23	0,51	0,66	0,68	0,88	7,9
	1 км	2	1,7	2,50	0,17	0,16	1,56	0,11	7,6
	3,5 км	4	1,7	2,48	0,27	0,17	1,06	0,50	7,5
	9,5 км	5	немає	1,90	0,29	0,15	0,95	0,47	7,5

	Забрудне ні води у місці кон центрації	1	немає	3,60	12,8	1,65	5,35	1,64	5,5
4	Контроль	8	1,9	1,9	0,011	0,22	0,37	0,043	7,9
	Скид	2	1,9	2,20	0,71	1,66	0,68	0,98	7,9
	1 км	3	1,7	2,00	0,37	0,26	1,56	0,11	7,6
	3,5 км	5	1,7	2,48	0,047	0,26	1,06	0,50	7,5
	9,5 км	6	немає	2,50	0,069	0,25	0,95	0,57	7,5
	12 км		немає	3,00	0,018	0,65	0,35	0,24	7,5
5	Контроль	9	1,9	2,0	0,08	0,17	0,12	0,043	8,8
	Скид	1	1,7	2,23	0,71	1,66	0,68	1,98	6,0
	1 км	2	1,7	2,50	0,37	0,26	1,56	0,71	7,6
	3,5 км	3	1,7	2,48	0,27	0,26	1,06	0,50	7,5
	9,5 км	5	1,6	2,50	0,19	0,25	0,95	0,57	7,5
	12 км	7	1,7	2,50	0,18	0,15	0,25	0,24	7,4

