

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## **ІНЖЕНЕРНІ ВИШУКУВАННЯ**

Проект навчально-методичного посібника

В навчальному посібнику розглянуті задачі, програма та види інженерних вишукувань, що виконуються при проектуванні споруд. Викладено склад, організацію та методи виконання робіт при інженерно-геодезичних, інженерно-геологічних та інженерно-гідрометеорологічних вишукувань. Розглянуті перспективні методи гідролого-кліматичних вишукувань при виконанні інженерно-гідрометеорологічних вишукувань.

Призначений для студентів будівельних спеціальностей.

## ЗМІСТ

Передмова.....	5
1 Задачі та програма інженерних вишукувань.....	6
1.1 Програма і технічне завдання на вишукування.....	6
1.2 Види інженерних вишукувань.....	8
Контрольні питання.....	10
2 Інженерно-геодезичні вишукування.....	11
2.1 Склад та задачі інженерно-геодезичних вишукувань.....	11
2.2 Геодезична основа, масштаб зйомки та висота перерізу рельєфу....	13
2.3 Призначення та зміст топографічних планів.....	15
2.4 Великомасштабна топографічна зйомка.....	18
2.5 Зйомка підземних комунікацій.....	26
2.6 Оновлення топографічних планів.....	28
2.7 Трасування лінійних споруд.....	29
2.8 Прилади для геодезичних вишукувань.....	31
Контрольні питання.....	36
3 Інженерно-геологічні вишукування.....	38
3.1 Зміст та задачі інженерно-геологічних вишукувань.....	38
3.2 Геофізичні методи розвідок.....	49
3.3 Розвідувальне буріння.....	50
3.4 Гідрогеологічні вишукування.....	53
3.5 Дослідження фізико-технічних властивостей ґрунтів.....	59
3.6 Пошуки будівельних матеріалів.....	60
3.7 Інженерно-геологічні вишукування для реконструкції.....	61
Контрольні питання.....	63
4 Інженерно - гідрометеорологічні вишукування.....	64
4.1 Склад та задачі інженерно-гідрометеорологічних вишукувань.....	64
4.2 Джерела гідролого-кліматичної інформації.....	66
4.3 Фізичні процеси в атмосфері.....	67

4.3.1 Основні фізичні параметри стану атмосфери і метеорологічні елементи.....	67
4.3.2 Радіаційні процеси в атмосфері.....	68
4.3.3. Тепловий режим атмосфери.....	71
4.3.4 Водяна пара в атмосфері.....	73
4.3.5 Атмосферний тиск.....	76
4.3.6 Рух атмосферного повітря.....	78
4.4 Гідрографія місцевості.....	79
4.5 Гідрометричні роботи.....	88
4.6 Гідрологічні розрахунки.....	94
4.7 Метеорологічні вишукування.....	101
Контрольні питання.....	104
5. Гідролого-кліматичні дослідження.....	106
5.1 Теплоенергетичні ресурси клімату та процесу теплообміну.....	106
5.2 Водний баланс природних об'єктів.....	110
5.3 Взаємозв'язок елементів теплоенергетичного та водного балансу.....	116
5.4 Оцінка оптимальних умов тепловологозабезпечення.....	122
Контрольні питання.....	127
6 Спеціальні вишукування.....	128
6.1 Вишукування для раціонального використання та охорони навколишнього середовища.....	128
6.2 Спеціалізовані вишукування.....	129
Контрольні питання.....	129
Література.....	130
Словник.....	132
Додаток А.....	135
Додаток Б.....	136
Додаток В.....	139
Додаток Г.....	141
Додаток Д.....	142
Додаток Е.....	145
Додаток Ж.....	148

## ПЕРЕДМОВА

Проектування, будівництво та експлуатація різних об'єктів передбачає комплексне вивчення природних умов з метою виявлення їх впливу на техніко-експлуатаційні характеристики споруд, їх надійність та довговічність.

Інженеру-будівельнику в його практичній діяльності необхідно повне знання процесів, перебіг яких може порушуватись або змінюватись в результаті будівництва об'єктів. Ці знання набуваються та накопичуються в результаті глибоких спеціальних наукових досліджень. До 2010 року інженерним освоєнням буде охоплено більше 15% всього суходолу.

Екологічні та соціальні аспекти природокористування взаємопов'язані. Прикладів катастрофічних бід внаслідок нерозумної взаємодії суспільства з природою в процесі господарської діяльності більше ніж достатньо.

Проблема належної практичної підготовки інженерів-будівельників щільно пов'язана з отриманням ними знань із раціонального використання та охорони природних ресурсів в умовах науково-технічного прогресу. Рішення цієї задачі потребує відповідного методичного забезпечення навчального процесу, яке сприяло б розвитку екологічного мислення та активізації творчої самостійної діяльності в отриманні навиків та вмінь із проектування, будівництва та експлуатації об'єктів на основі раціонального використання природних ресурсів.

В даному навчальному посібнику викладені вимоги до нормативно-технічних актів, які регламентують виконання інженерних вишукувань на сучасному рівні. В сконцентрованому вигляді викладені положення, пов'язані з розвитком науки та техніки, з удосконаленням виробництва інженерних вишукувань.

При викладенні матеріалу враховувалась специфіка програм навчальних курсів, що вивчаються при підготовці інженерів-будівельників. Посібник розрахований на самостійну роботу студентів. В зв'язку з цим окремі теоретичні положення мають своєрідну методику викладення та супроводжуються прикладами, які наочно роз'яснюють теорію.

Автори вдячні рецензентам за поради та зауваження, врахування яких сприяло покращенню змісту даного навчального посібника.

# 1 ЗАДАЧІ ТА ПРОГРАМА ІНЖЕНЕРНИХ ВИШУКУВАНЬ

## 1.1 Програма і технічне завдання на вишукування

Основою для розробки проектів будівництва слугують матеріали польових вишукувань та досліджень, які дозволяють детально вивчати природно-історичні умови в районі будівництва, господарську та економічну доцільність, санітарно-технічні, протипожежні та інші умови.

**Основна задача вишукувань** – це комплексне вивчення природних умов району будівництва з метою отримання необхідних матеріалів для розробки економічно доцільних та технічно обґрунтованих рішень при проектуванні та будівництві об'єктів, а також даних для складання прогнозу змін навколишнього природного середовища під впливом будівництва та експлуатації підприємств, будівель та споруд. Геофізичним дослідженням підлягають всі компоненти природного середовища: рельєф земної поверхні, атмосфера, гідросфера, літосфера та біосфера.

Інженерні вишукування для будівництва виконуються територіальними вишукувальними, спеціалізованими вишукувальними та проектно-вишукувальними організаціями. Для виконання інженерних вишукувань замовник видає технічне завдання, яке є основою для складання програми вишукувань та відповідної кошторисної – договірної документації на виконання робіт. При розробці технічного завдання виходять з того, що по-перше, правильне рішення основних питань та визначення доцільності заходів, що передбачаються в проекті, значною мірою залежить від достовірності та повноти матеріалів вишукувань, по-друге, зайвий обсяг вишукувань призводить до подорожчання та збільшення строків виконання проектно-вишукувальних робіт.

**Технічне завдання**, яке видається замовником проектно-вишукувальним або іншим організаціям, що виконують вишукувальні роботи, повинно містити:

- вказівки щодо призначення та виду вишукувань, які передбачаються;
- найменування об'єкта;
- дані про місцеположення та межі району (ділянки) будівництва;
- відомості про стадії проектування, відомості про призначення та види будівель та споруд;
- характеристики конструктивних особливостей та основні параметри будівель та споруд, що проектуються (в т.ч. підземну частину) з вказанням можливих варіантів їх розташування;
- відомості про види впливу та величину навантаження, що передбачається, на фундаменти;
- відомості про типи фундаментів, які передбачаються, їх розміри та глибини закладання;

- допустимі значення деформацій (осадок, зсувів, кренів) основ будівель та споруд;
- відомості про особливості будівництва та експлуатації об'єкта, що можуть викликати зміну природних умов, включаючи відомості про техногенні фактори, джерела підтоплення, склад та кількість викидів підприємств;
- особливі вимоги до точності проведення інженерних вишукувань та забезпеченості отриманих даних;
- строки та порядок подання звітних матеріалів.

На основі технічного завдання та вимог відповідних нормативних документів, з врахуванням результатів аналізу зібраних в підготовчий період матеріалів та польового обстеження району, складається (за узгодженням із замовником) програма вишукувань.

**Програма вишукувань** містить: найменування та місце розташування об'єкта з визначенням адміністративної належності району вишукувань; коротку фізико-географічну характеристику району та місцевих природних умов (особливостей рельєфу, клімату, режиму водотоків та водоймищ, несприятливі природні процеси і явища), які впливають на організацію та проведення вишукувань; відомості про вивченість району вишукувань, результати наявних матеріалів та рекомендацій щодо їх використання; обґрунтування категорій складності природних умов, складу, об'ємів, методів та послідовності виконання вишукувань; обґрунтування площ та місць проведення окремих видів вишукувань; особливі вимоги до організації, технології виконання та безпечного ведення робіт.

При складанні програми передбачається максимальне використання матеріалів раніше виконаних вишукувань та інші дані про природні умови району вишукувань. Склад, обсяги, методи та послідовність виконання вишукувальних робіт обґрунтовується в програмі на основі вимог інструкцій із інженерних вишукувань для відповідних видів будівництва з врахуванням призначення та типів будівель і споруд та встановленої стадійності їх проектування, площі досліджуваної території, ступені вивченості та складності природних умов.

Зміст та методика інженерних вишукувань обумовлюється стадією розробки проекту. Відповідно до [24] проектно-кошторисна документація розробляється в одну, дві або три стадії.

Для технічно нескладних об'єктів, а також об'єктів з використанням проектів масового та повторного застосування проектування здійснюється в одну стадію – робочий проект.

При двостадійному проектуванні: 1-а стадія – ескізний проект (для об'єктів цивільного призначення) або техніко-економічний розрахунок – ТЕР (для об'єктів виробничого призначення), або проект (для архітектурно і технічно складних об'єктів); 2 - а стадія – робоча документація.

Архітектурно складні, але технічно особливо складні, або технічно складні, але архітектурно особливо складні, або архітектурно і технічно особливо складні об'єкти відносно містобудівних, архітектурних, художніх та екологічних вимог, інженерного забезпечення, впровадження нових будівельних технологій, конструкцій та матеріалів проектування виконується в три стадії: 1-а стадія – ескізний проект (для об'єктів цивільного призначення) або техніко-економічне обґрунтування – ТЕО (для об'єктів виробничого призначення); 2-а стадія – проект; 3-а стадія – робоча документація.

## 1.2 Види інженерних вишукувань

В залежності від стадії проектування інженерні вишукування поділяють на: **проблемні, попередні і остаточні**. Проблемні вишукування виконують при розробці техніко-економічного обґрунтування та складання техніко-економічних розрахунків. Попередні вишукування слугують для складання проекту. Остаточні вишукування виконують для складання робочої документації. При тристадійному проектуванні виконують проблемні, попередні та остаточні вишукування; при двостадійному проектуванні виконують попередні та остаточні вишукування, а при одностадійному – одразу остаточні вишукування.

Вишукування та дослідження окрім різниці за складом, змістом та задачами в залежності від стадії проектування розрізняють за часом отримання вихідних даних.

**Передбудівельні** вишукування необхідно виконувати у разі великого проміжку часу між завершенням проектних робіт та початком будівництва. В результаті цих вишукувань розроблюють або уточнюють проект виконання робіт.

**Будівельні** вишукування виконують при зміні проекту виконання робіт в період будівництва, та складних розбивних робіт із перенесення проекту в натуру. Вони також включають гідрологічні та геологічні дослідження в процесі виконання земляних робіт, дослідження будівельних матеріалів тощо.

**Експлуатаційні** вишукування виконують з метою отримання матеріалів для ремонту, реконструкції та подальшого удосконалення збудованих споруд.

В залежності від виду будівництва вишукування за призначенням поділяють на: **міські, промислові, гідротехнічні, гідромеліоративні, автомобільних та залізничних доріг, трубопровідного транспорту, енергетичні та санітарно-технічні**. Якщо вишукування виконується для декількох галузей будівництва їх називають **комплексними**, а якщо для однієї – **спеціалізованими**. Ступінь спеціалізації залежить від характеру диференціації галузі будівництва. Міські інженерні вишукування, що



охоплюють промислову, комунальну та складську зони міста, а також дорожню мережу, є комплексними, але вони включають в себе і спеціалізовані вишукування, які виконуються при будівництві окремих будівель та споруд.

Залежно від характеру отриманих матеріалів вишукування поділяють на **інженерно-геодезичні, інженерно-геологічні, геотехнічні та інженерно-гідрологічні, інженерно-гідрометеорологічні, вишукування для раціонального використання та охорони навколишнього середовища, спеціалізовані (умовно вишуквальні)** [8].

При інженерно-геодезичних вишукуваннях вивчають топографічні умови району будівництва, одержують топографо-геодезичні матеріали та дані, що необхідні при проектуванні об'єктів та виконанні інших видів інженерних вишукувань. Інженерно-геологічні вишукування забезпечують вивчення інженерно-геологічних умов району будівництва, включаючи геоморфологічний та геологічний склад, літологічний склад, стан та фізико-механічні властивості ґрунтів, гідрологічні умови, несприятливі фізико-геологічні процеси та явища, а також складання прогнозу змін інженерно-геологічних та гідрологічних умов при будівництві та експлуатації будівель та споруд. Інженерно-гідрометеорологічні вишукування забезпечують вивчення гідрометеорологічних умов району будівництва і отримання матеріалів та даних за річковою та морською гідрологією і кліматологією, необхідних для проектування об'єкта, а також для оцінювання можливих змін гідрометеорологічних умов території і акваторії під впливом будівництва та експлуатації підприємств, будівель та споруд. Інженерно-економічні вишукування виконують з метою збору та обробки відомостей економічного характеру стану майбутнього будівництва, рішення питань, пов'язаних з відведенням земельних ділянок під будівництво, погодження з різними організаціями можливих варіантів розташування споруди.

Інженерні вишукування поділяють на **підготовчі, польові та камеральні**.

В підготовчий період вишукувань виконується збір, аналіз та узагальнення матеріалів про природні умови району, складаються програми, графіки та кошторис, оформляються договори на виконання польових вишукувань. Виконують збір наявних картографічних матеріалів, геологічних карт, даних про гідрологічні та метеорологічні спостереження, а також звіти про вишукування, які проводились раніше.

В період польових вишукувань виконується комплекс польових вимірювань і попередня обробка даних для забезпечення їх якості, повноти та точності.

В процесі камеральної обробки результатів отримані матеріали оброблюються, складаються та передаються замовнику як технічний звіт, що містить дані, необхідні для розробки проектно-кошторисної

документації відповідної стадії проектування. До складу технічного звіту не входять польові матеріали. На етапі камеральних робіт (окрім інженерно-геодезичних) розробляють такі види прогнозів:

- пошуковий, у якому здійснюють якісну і (або) кількісну характеристики змін та ймовірного стану природно-техногенних умов;
- нормативний, у якому наводять рекомендації щодо досягнення потрібного (нормативного) стану природно-техногенних умов шляхом регулювання впливів і (або) виконання спеціальних заходів (планування території, дренажування, закріплення ґрунтів тощо)

Строки використання матеріалів усіх видів вишукувань (крім інженерно-геодезичних) без проведення додаткових або контрольних робіт становлять до п'яти років за збереження цільового призначення вишукувань, а також за відсутності змін інженерно-геологічних умов території.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Які задачі інженерних вишукувань?
2. Хто проводить інженерні вишукування?
3. Зміст технічного завдання на проведення вишукувань.
4. Зміст програми вишукування.
5. Стадії проектування.
6. Види інженерних вишукувань.
7. Як класифікують вишукування в залежності від стадії проектування?
8. Як класифікують вишукування в залежності від виду будівництва?
9. Що таке передбудівельні, будівельні, експлуатаційні вишукування?
10. Як поділяють вишукування залежно від характеру отриманих матеріалів?
11. Що визначають при інженерно-геодезичних, інженерно-геологічних, інженерно-гідрометеорологічних вишукуваннях?
12. Які роботи виконуються в підготовчий період вишукувань?
13. Які роботи виконуються в період польових вишукувань?
14. Що виконують в період камеральної обробки результатів інженерних вишукувань?

## 2 ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНІ ВИШУКУВАННЯ

### 2.1 Склад та задачі інженерно-геодезичних вишукувань

Для визначення просторово-геометричних характеристик умов, на основі яких здійснюється проектування, будівництво та експлуатація інженерних споруд, виконуються інженерно-геодезичні вишукування, що забезпечують вивчення топографічних умов району.

**Технічне завдання** на виконання інженерно-геодезичних вишукувальних робіт (додаток А) складається замовником за участі виконавця і генпідрядника [8]. Технічне завдання містить обов'язкову інформацію щодо:

- цільового призначення, видів та об'ємів робіт;
- найменування об'єкта та його загальної характеристики;
- стадійності проектування;
- необхідної детальності та повноти відображення ситуації об'єкта;
- системи координат та висот, площ та масштабів зйомки, висот перерізу рельєфу по окремих ділянках;
- відомостей про наявність матеріалів вишукувань минулих років;
- черговості виконання робіт та строків видачі матеріалу.

До технічного завдання додається схема, на якій вказані межі ділянок зйомки з врахуванням комунікацій, що проектуються.

До початку робіт на основі технічного завдання розробляється програма інженерно-геодезичних вишукувань, відповідно до положень нормативних документів та результатів вивчення фондових матеріалів, складності інженерно-геодезичних умов і детального польового рекогносцирування.

**Програма інженерно-геодезичних вишукувань** складається на весь комплекс робіт і визначає склад, методи та строки виконання робіт, а також їх об'єми та кошторисну вартість. Текстова частина програми вміщує відомості про фізико-географічний характер району та його топографо-геодезичну вивченість; опорні геодезичні мережі, що проектуються, та систему координат і висот; види топографічної зйомки, прив'язки; інженерно-геологічні виробітки; технічний контроль та приймання робіт; строки, об'єми та вартість запланованих робіт та перелік матеріалів, які випускаються. До програми додається карта-схема, на якій вказані межі ділянок зйомки та розграфлені листи плану, схема опорних геодезичних мереж, що проектуються, креслення спеціальних зовнішніх знаків та центрів геодезичних пунктів, а також проект прив'язки інженерно-геологічних виробіток та інших точок.

На ділянках I категорії інженерно-геодезичних умов (див дод. Б) площею до 5 га замість програми виконання робіт допускається складання технічного припису [8].

Програма робіт, до початку їх виконання, погоджується із замовником, а при виконанні спеціальних робіт – із генпідрядником.

До складу інженерно-геодезичних вишукувань входять:

- а) збір та аналіз наявних матеріалів топографо-геодезичної направленості з метою оцінки їх репрезентативності та достатності;
- б) створення геодезичної основи топографічного зйомки шляхом побудови державної геодезичної мережі 3 та 4 класів; геодезичної мережі згущення 1- го та 2-го розрядів і нівелірної мережі II, III та IV класів, а також планово-висотної зйомочної геодезичної мережі у вигляді теодолітно-нівелірних та теодолітно-тахеометричних ходів;
- в) інженерно-геодезична та великомасштабна топографічна зйомка виконана з точністю масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500, 1:200 та точніше;
- г) інженерно-гідрографічні та трасувальні роботи, геодезичні стаціонарні спостереження, кадастрові та інші спеціальні роботи, а також комплексні інженерно-геодезичні вишукування, що включають усі види робіт, що дозволяють отримати просторову модель розташування елементів існуючої ситуації;
- д) створення топографічних планів, профілів, інших топографо-геодезичних матеріалів у графічній та цифровій формах, призначених для розроблення проектів, робочої документації та будівництва об'єктів, для оцінювання техногенного навантаження, розроблення заходів з інженерної підготовки та захисту території;
- е) зйомка підземних інженерних комунікацій;
- ж) створення та ведення геоінформаційних систем населених пунктів і проммайданчиків, державного містобудівного та земельного кадастрів;
- з) оновлення інженерно-топографічних планів вишукувань минулих років за виявленими у результаті польового обстеження змінами ситуації та рельєфу;
- и) інженерно-геодезичні роботи з контролю за деформаціями будівель, споруд та елементів їх конструкцій у період будівництва та експлуатації.

Зміст інженерно-геодезичних вишукувань, ступінь їх повноти, детальності та точності залежить від стадії проектування споруд. При розробці ТЕО та ТЕР вишукування виконуються на великій площі в

дрібному масштабі та досить часто без детальних польових робіт. Для робочого проектування, пов'язаного з проектуванням вертикального розпланування, перенесення в натуру проектів споруд, виконується великомасштабна топографічна зйомка.

Камеральне опрацювання даних інженерно-геодезичних вишукувань проводять автоматизованими методами. Результатом виконання камеральних робіт є звіт із додатками відповідно до технічного завдання замовника та погодженої програми виконання робіт. Склад і зміст звіту про інженерно-геодезичні вишукування для будівництва наведено в додатку В.

## **2.2 Геодезична основа, масштаб зйомки та висота перерізу рельєфу**

**Геодезичною основою** топографічної зйомки є пункти геодезичних та нівелірних мереж та знімальної геодезичної мережі. Пункти державної геодезичної мережі III та IV класів та геодезичних мереж згущення 1-го та 2-го розрядів визначаються методами триангуляції, трилатерації та полігонометрії та їх комбінації. Пункти мережі нівелювання II, III та IV класів визначаються методами геометричного нівелювання.

Знімальна геодезична мережа будується з метою згущення геодезичної планової та висотної основи до щільності, що забезпечує виконання топографічної зйомки. Кількість точок знімального обґрунтування для незабудованої території залежить від масштабу зйомки (табл.2.1).

Таблиця 2.1 – Кількість точок знімального обґрунтування

Масштаб зйомки	Кількість точок на 1 км <sup>2</sup>
1 : 5000	Не менше 4
1 : 2000	12
1 : 1000	16

На забудованій території кількість точок знімального обґрунтування визначається в період рекогносцирування.

Знімальна мережа розвивається від пунктів державних геодезичних мереж, геодезичних мереж згущення 1-го та 2-го розрядів. Пункти знімальної мережі визначають побудовою триангуляційних мереж, прокладенням теодолітних ходів, прямими, зворотними та комбінованими засічками. При побудові знімальної мережі одночасно визначають положення точок у плані та по висоті. Висоти точок знімального обґрунтування визначають геометричним або тригонометричним нівелюванням. Допустимі довжини теодолітних ходів між вихідними пунктами залежать від масштабу зйомки, граничної відносної похибки на точності мірного приладу (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Допустимі довжини ходів при  $m_s = 0,2$  мм, км

Масштаб зйомки	Відносна похибка		
	1 : 3000	1 : 2000	1 : 1000
1 : 5000	6	4	2
1 : 2000	3	2	1
1 : 1000	1,8	1,2	0,6
1 : 500	0,9	0,6	0,3

Для виконання в складі інженерно-геодезичних вишукувань робіт, що потребують значної точності, відповідно до програми створюють геодезичні мережі спеціального призначення.

Вид планової та висотної опорної геодезичної мережі вибирають залежно від площі зйомки. Для зйомки територій площею, більшою  $5 \text{ км}^2$ , планова геодезична мережа створюється у вигляді триангуляції, трилатерації та полігонометрії 4 класу і вище, також геодезичних мереж згущення 1-го та 2-го розрядів. Геодезичні мережі 1-го та 2-го розрядів служать плановим обґрунтуванням на площі  $2,5 \dots 5 \text{ км}^2$ .

При зніманні площі  $1 \dots 2,5 \text{ км}^2$  будують геодезичні мережі 2-го розряду. На площі, яка менша  $1 \text{ км}^2$ , плановою основою є теодолітні ходи або мікротриангуляція. Висотним обґрунтуванням на площі, яка більша  $10 \text{ км}^2$ , є мережі нівелювання II, III та IV класів. Для території площею  $1 \dots 10 \text{ км}^2$  висотним обґрунтуванням є нівелювання IV класу, а менше  $1 \text{ км}^2$  – технічне нівелювання.

Обсяг, зміст та вартість робіт геодезичних вишукувань визначаються масштабом зйомки, обумовленим масштабоутворювальними факторами. До них належать:

- повнота зображення, яка залежить від мінімального розміру поданого на плані елемента місцевості;
- детальність зображення, яка визначається докладністю відображення на плані топографічних елементів або допустимих похибок у зображенні абрисів, ситуаційних контурів і форм рельєфу;
- точність зображення, яка виражається похибкою у взаємному розташуванні точок місцевості на плані та по висоті.

Крім того, масштаб повинен враховувати призначення зйомки, розміри ділянки та стадію проектування.

**Масштаб топографічної зйомки** обчислюють за формулою:

$$M = A/a, \quad (2.1)$$

де  $M$  – знаменник масштабу зйомки;

$A$  – відстань на місцевості, м, що відповідає відрізку на плані  $a$ , м.

Мінімальне значення відстані  $A_{\min}$  залежить від масштабоутворювальних факторів, а мінімальне значення  $a_{\min}$  визначається можливостями

графічного зображення на плані. Оскільки  $A$  та  $a$  незалежні величини, то має місце рівняння [21]:

$$\sigma_l^2 / l^2 = \sigma_A^2 / A^2 + \sigma_a^2 / a^2, \quad (2.2)$$

де  $\sigma_l^2 / l^2, \sigma_A^2 / A^2, \sigma_a^2 / a^2$  – відносні похибки: масштабу топографічної зйомки, відстані на місцевості та плані.

**Висота перерізу рельєфу  $h_p$ , м**, залежить від масштабу зйомки, характеру рельєфу місцевості, призначення, потрібної точності плану і виду будівництва та обчислюється за формулою:

$$h_p = d_{\min} \operatorname{tg} v_{\max}, \quad (2.3)$$

де  $d_{\min}$  – найменша відстань між горизонталями, м;

$v_{\max}$  – гранична крутизна схилу, при якій рельєф ще можливо зображувати горизонталями.

**Нормальна висота перерізу  $h_o$** , залежно від знаменника масштабу плану  $M$  складає, м:

$$h_o = 0,0002 M. \quad (2.4)$$

При інженерно-геодезичних вишукуваннях залежно від характеру рельєфу місцевості встановлюють відповідно до масштабу зйомки висоту перерізу рельєфу (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Висота перерізу рельєфу, м [21]

Рельєф ділянок зйомки	Масштаб зйомки			
	1:5 000	1:2 000	1:1000	1:500
Рівнинний, з кутами нахилу до 2°	0,5; 1	0,5; 1	0,5	0,5
Горбистий, з кутами нахилу до 4°	1; 2	0,5; 1; 2	0,5	0,5
Пересічений, з кутами нахилу до 6°	2; 5	1; 2	0,5; 1	0,5
Гірський та передгірний	2; 5	2	1	1

У окремих випадках для складання планів ділянок промислових підприємств і вулиць міст з густою мережею підземних комунікацій виконують топографічні зйомки в масштабі 1:200 з висотою перерізу рельєфу 0,5 та 0,25 м.

Остаточний вибір масштабу топографічного зйомки та висоти перерізу рельєфу виконують із врахуванням призначення плану, типів споруд, густоти інженерних комунікацій, характеру забудови, благоустрою територій, природних умов району та характеристики рельєфу.

### 2.3 Призначення та зміст топографічних планів

За матеріалами інженерних геодезичних вишукувань складаються топографічні плани, які залежно від масштабу використовуються для

проектування різних об'єктів.

Великомасштабний топографічний план, на якому зображено весь комплекс наземних, підземних та повітряних споруд, називають **генеральним планом**. На будівельному генеральному плані показують запроєктовані постійні споруди, координати головних осей точок та позначки основних горизонтів. Виконавчий генеральний план складається за результатами виконаної зйомки побудованих постійних та тимчасових споруд.

Топографічні плани масштабу 1:5 000 призначені для:

- розроблення генеральних планів і проектів розміщення будівництва першої черги визначних, великих і середніх міст, а також для складання схем розміщення в них жилих і промислових районів, що проектуються;
- складання планів проектів інженерних споруд і проектів найбільш складних вузлів при розробці планування приміської зони;
- складання технічних проектів промислових і гірничодобувних підприємств;
- складання технічних проектів зрошення та осушення земель;
- камерального трасування автомобільних доріг в умовах складного рельєфу місцевості, на під'їздах до значних пунктів та в інших місцях із складною ситуацією;
- проектування трас повітряних ліній електропередач у місцях перетину та зближення їх із спорудами.

Крім того, топографічні плани масштабу 1:5 000 використовують для інших цілей і вони є основою для складання топографічних і спеціалізованих планів і карт більш дрібного масштабу.

Топографічні плани масштабу 1:2 000 призначаються для:

- розроблення генеральних планів малих міст, селищ міського типу та сільських населених пунктів;
- складання проектів детального планування та ескізів забудови, проектів планування міських промислових районів, проектів найбільш складних транспортних розв'язок у містах на стадії розробки генеральних планів;
- складання виконавчих планів гірничопромислових підприємств;
- складання технічного проекту і робочої документації зрошення та осушення земель;
- проектування автомобільних доріг і залізниць на стадії проекту у гірських районах і робочої документації в рівнинних і горбистих районах;
- складання технічної документації трубопровідних, насосних і компресорних станцій, переходів через великі ріки.



Топографічні плани масштабу 1:1000 призначаються для:

- складання проекту та робочої документації забудови на незабудованій території або території з одноповерховою забудовою;
- проектування вертикального розпланування;
- складання проектів озеленення території та планів існуючих підземних мереж і споруд і прив'язка їх до ділянок будівництва;
- складання робочої документації бетонних гребель, будівель ГЕС та камер-шлюзів;
- проектування напірних трубопроводів, гідротехнічних споруд, каналізації та теплогазопостачання у населених пунктах зі щільною забудовою;
- розроблення робочої документації при проектуванні і будівництві гірничодобувних і збагачувальних підприємств.

Топографічні плани масштабу 1:500 призначаються для:

- складання виконавчого генерального плану ділянки будівництва і робочої документації багатоповислової капітальної забудови з густою мережею підземних комунікацій та промислових підприємств;
- проектування вертикального розпланування та прив'язки будівель і споруд до ділянок будівництва на забудованих територіях міста;
- складання планів підземних мереж і споруд, робочої документації гребель, напірних трубопроводів, будівель ГЕС, порталів тунелів.

Топографічні плани містять відомості про об'єкти та контури місцевості і рельєф. На них у залежності від масштабу умовними знаками достовірно та з необхідною мірою точності та детальності зображають:

- пункти державної геодезичної мережі та планово-висотного обґрунтування;
- будівлі, жилі та нежилі будинки із зазначенням призначення, матеріалу та поверховості;
- промислові об'єкти, бурові та експлуатаційні свердловини, наземні трубопроводи, лінії електропередач, колодязі та мережі підземних комунікацій, об'єкти комунального господарства;
- залізниці, шосейні та ґрунтові дороги всіх видів і споруди на них: мости, тунелі, переїзди, переправи та шляхопроводи;
- гідрографію (ріки, озера, водосховища, площі розливів);
- об'єкти гідротехнічного та водного транспорту;
- канали, водоводи та водорозподільні пристрої, греблі;
- пристані, шлюзи, маяки, навігаційні знаки;
- об'єкти водопостачання (колодязі, колонки, резервуари, відстійники, природні джерела);

- рельєф місцевості з використанням горизонталей, позначок висот, бергштрихів, умовних знаків обривів, скель, осипів, балок, льодовиків;
- рослинність деревна, кущова, трав'яна, культурна: ліси, сади та луки, окремі дерева та кущі з визначенням породи;
- ґрунти та мікроформи земної поверхні; піски, гальки, такири, глинисті, щебеневі, монолітні та інші поверхні, болота, солончаки;
- границі (політико-адміністративні, землекористувачів, різні огорожування).

На топографічних планах пишуть власні назви населених пунктів, вулиць, залізничних станцій, пристаней, лісів, солончаків, вершин, перевалів, долин, боліт та інших об'єктів.

## **2.4 Великомасштабна топографічна зйомка**

Великомасштабна топографічна зйомка, призначена для забезпечення проектних та будівельних організацій планами різних масштабів, поділяється на основну та спеціалізовану. Спеціалізована зйомка виконується з врахуванням вимог, що висуваються до точності, повноти та детальності зображення ситуації та рельєфу місцевості за даним видом будівництва. Особливістю зйомки з метою будівництва є аналітичне кодування характерних точок споруд та будівель, до яких відносяться кути будівель, центри колодязів підземних комунікацій, вершини поворотів та примикання шляхів сполучення.

Топографічна зйомка місцевості виконується стереотопографічним, комбінованим, тахеометричним, фототеодолітним, горизонтальним та іншими методами, що дозволяють забезпечувати вимоги до нормативних документів з інженерно-геодезичних вишукувань. Метод зйомки вибирають на основі техніко-економічного обґрунтування, що враховує строки вишукувань, масштаб зйомки та висоту перерізу рельєфу, характер місцевості, кліматичні та транспортні умови, наявність обладнання та спеціалістів.

Найбільш доцільним для отримання планів масштабами 1 : 5000 та 1 : 2000 є метод аеротопографічної зйомки. Цей метод використовується при зйомці на незабудованих територіях з великими площами, з розвинутими формами рельєфу, трасами значної довжини, а також на забудованих великих територіях з одноповерховою або багатоповерховою розосередженою забудовою. Для забудованих територій рекомендуються горизонтальна та вертикальна зйомка, а для незабудованих – тахеометрична.

Прогресивним напрямом є складання спеціалізованих планів у вигляді цифрових моделей місцевості, що являють собою множину точок

земної поверхні у просторових координатах, які об'єднані у єдину систему за певним математичним законом. Цифрова модель місцевості будується за допомогою ЕОМ шляхом обробки вихідної топографо-геодезичної інформації про місцевість, що її отримують різними методами зйомки або шляхом перетворення в цифрову форму картографічного зображення.

**Великомасштабна аерофототопографічна зйомка** виконується стереотопографічним або комбінованим способами залежно від характеру території, масштабу плану, строків проведення робіт і наявного стереофотографічного обладнання. При цьому застосовують такі технологічні схеми:

- а) контурна частина плану створюється на основі фотопланів, а зйомка рельєфу – на універсальних стереофотограмметричних приладах. Дешифрування виконується поєднанням польового та камерального дешифрування;
- б) контурна частина плану та зйомка рельєфу складається на універсальних стереофотографічних приладах. Дешифрування виконується камерально та в полі на аерофотознімках або фотосхемах;
- в) контурна частина плану складається на основі фотопланів. Зйомка рельєфу виконується тахеометричним методом одночасно з дешифруванням та зйомкою об'єктів, які не відобразилися на фотоплані;
- г) контурна частина плану складається на універсальних стереофотограмметричних приладах у вигляді графічних планів при камеральному дешифруванні всіх об'єктів, які зображені на аерофотознімках. Наземними вимірюваннями виконується зйомка рельєфу, уточнюються дані камерального дешифрування та виконується дознімання об'єктів, які відсутні на графічному плані.

Польові топографічні роботи при аерофототопографічній зйомці включають маркування топознаків або розпізнавання на аерофотознімках чітких контурів, розвиток знімального планового та висотного обґрунтування, дешифрування контурів при стереотопографічній зйомці, зйомка рельєфу та дешифрування контурів при комбінованій зйомці. Комплекс камеральних робіт при стереотопографічній зйомці: підготовчі роботи, що включають вивчення матеріалів аерофотозйомки та польових топографо-геодезичних робіт; робоче проектування на підготовку вихідних даних; фотограмметричне згущення опорної мережі; виготовлення планів; дешифрування та стереотопографічна зйомка контурів і рельєфу; підготовка планів до друку.

У комплекс робіт комбінованої аерофототопографічної зйомки входять: підготовчі роботи; фотограмметричне згущення планової мережі; виготовлення фотопланів; підготовка планів до друку. При складанні

великомасштабних планів міст використовуються високоточні методи аналітичної фотограмметрії. При цьому методі на високоточному стереокомпараторі вимірюють координати точок стереомоделі місцевості, а план складається на координатографі. При дешифруванні забудованих територій на фотопланах мають враховуватися викривлення за перспективою, направлення та щільність тіні, особливості зображення різних за конфігурацією дахів. Точність фотопланів забудованих територій перевіряють у польових умовах промірами між важливими контурами, а також між контурами та геодезичними пунктами.

**Наземна фототопографічна зйомка** (фототеодолітна) використовується на територіях із складними формами рельєфу, а також при зйомці окремих об'єктів, фасадів будівель, кар'єрів, при спостереженнях за деформаціями споруд і випробуваннях конструкцій. Топографічний план отримують за результатами зйомки за допомогою фототеодолітів, які встановлюють на земній поверхні на кінцях базисів, відстані та перевищення між кінцями яких визначають геодезичними методами з одночасним їх орієнтуванням. Об'єкт фотографують з лівого та правого штативів. Обробку знімків з метою отримання просторових координат окремих точок об'єкта виконують на фотограмметричних приладах, що дозволяють автоматично отримувати планове положення точок на планшеті.

**Тахеометрична зйомка** використовується для створення планів невеликих ділянок та трас лінійних споруд, при зйомці забудованої території, а також у тому випадку, коли стереотопографічне виконання економічно недоцільне або технічно неможливе. Зйомка рельєфу та ситуації виконуються електронними тахеометрами і теодолітами Т30 та Т15. Згущення знімального об'єкту виконують прокладанням теодолітно-нівелірних або тахеометричних ходів. Густота пунктів знімального об'єкту визначається масштабом зйомки (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Вимоги до знімального об'єкту при тахеометричній зйомці

Масштаб зйомки	Максимальна довжина ходу, м	Максимальна довжина ліній, м	Максимальна кількість ліній у ході, шт.
1:5000	1200	300	6
1:2000	600	200	5
1:1000	300	150	3
1:500	200	100	2

Відстані між точками тахеометричного ходу вимірюють віддалеміром. При зйомці масштабу 1:500 лінії в тахеометричних ходах

вимірюють одним повним прийомом. Похибки в вимірюванні кутів в напівприйомах не повинні перевищувати 30" при роботі з оптичними теодолітами та 1' – при вимірюванні кутів теодолітом Т30. Кутові нев'язки в тахеометричних ходах не повинні перевищувати

$$f_{\beta} = t\sqrt{n}, \quad (2.5)$$

де  $n$  – кількість кутів у ході;

$t$  – похибка у вимірюванні кутів.

Допустима лінійна нев'язка, м, не повинна перевищувати

$$f_s = S/400\sqrt{n}, \quad (2.6)$$

де  $S$  – довжина ходу, м;

$n$  – кількість ліній в ході.

Допустима висотна нев'язка, м, не повинна перевищувати

$$f_h = 0,04S/\sqrt{n}. \quad (2.7)$$

При урівнюванні тахеометричних ходів дирекційні кути обчислюють з точністю до 1', а координати та висоти точок – до 0,01 м.

Відстані від точок знімального обґрунтування до рейкових точок та відстані між пікетами вибирають залежно від масштабу зйомки та висоти перерізу рельєфу (табл. 2.5).

Після закінчення роботи на станції перевіряють орієнтування лімба приладу. Відхилення орієнтування за період зйомки на даній станції не повинно перевищувати 1,5'. На станції ведуть польовий журнал, в який записують виміряні горизонтальні та вертикальні кути та відстані до пікетних точок, а також абрис, в якому умовними знаками, дотримуючись масштабу, зображують ситуацію і рисують пікетні точки.

Камеральні роботи включають: перевірку польових журналів і складання детальної схеми знімального обґрунтування; обчислення координат і висот точок знімального обґрунтування; обчислення висот всіх пікетних точок; нанесення на план точок знімального обґрунтування та пікетних точок; проведення горизонталей та нанесення ситуації.

Замовнику подають такі результати виконання тахеометричної зйомки: схему знімального обґрунтування; відомості обчислення координат і висот, точок знімального обґрунтування; абриси до відповідних планшетів; журнали тахеометричної зйомки; план тахеометричної зйомки; формуляр плану; акти контролю та приймання робіт.

**Нівелювання поверхні** використовується для складання топографічних планів місцевості із слабо вираженим рельєфом. Нівелювання поверхні виконують способами: прокладання нівелірних ходів по всіх характерних лініях рельєфу з розмічанням необхідного числа поперечників; побудови на місцевості правильних геометричних фігур, що створюють сітку на території, на якій виконують зйомку.

Таблиця 2.5 – Відстані від приладу до рейки та між пікетами при тахеометричній зйомці

Масштаб зйомки	Висота перерізу рельєфу, м	Максимальна відстань, м			
		між пікетами	від приладу до рейки при зйомці рельєфу	від приладу до рейки при зйомці чітких контурів	від приладу до рейки при зйомці нечітких контурів
1 : 5000	0,5	60	250	150	200
	1	80	300	150	200
	2	100	350	150	200
	5	120	350	150	200
1 : 2000	0,5	40	200	100	150
	1	40	250	100	150
	2	50	250	100	150
1 : 1000	0,5	20	150	80	100
	1	30	200	80	100
1 : 500	0,5	15	100	60	80
	1	15	150	60	80

При нівелюванні поверхні **способом прокладання нівелірних ходів** висотне обґрунтування будується відповідно до вимог, що стосуються обґрунтування тахеометричної зйомки. Паралельні нівелірні ходи зв'язують між собою перемичками. Відстані між нівелірними ходами, перемичками та поперечниками та їх довжини залежать від масштабу зйомки (табл.2.6).

Таблиця 2.6 – Вимоги до знімальної мережі при нівелюванні поверхні способом нівелірних ходів

Масштаб зйомки	Відстані, м			Довжина поперечників, м
	між нівелірними ходами	між перемичками	між поперечниками	
1 : 2000	1000	1000	40	500
1 : 1000	600	600	20	300
1 : 500	600	600	20	300

По поперечних профілях за допомогою стрічки розмічають пікети через 40 м при зйомці в масштабі 1 : 2000 та через 20 м при зйомці в масштабах 1 : 1000 та 1 : 500. У місцях перегину рельєфу на нівелірних ходах і поперечниках передбачають плюсові точки. Одночасно з розміченням пікетів виконують зйомку ситуації та складають абрис.

Висоти пікетів у нівелірних ходах і поперечниках визначають технічним нівелюванням.

При нівелюванні поверхонь **способом побудови на місцевості геометричних фігур** розбивають основні фігури із стороною 200...400 м. По сторонах основних фігур прокладають теодолітні та нівелірні ходи, що опираються на пункти опорної геодезичної мережі. Нев'язки ходів не повинні перевищувати величин, що передбачені для знімального обґрунтування. Потім основні фігури розбивають на заповнювальні квадрати із стороною 40 м при зніманні в масштабах 1 : 2000 та 20 м – при зйомці в масштабах 1 : 1000 та 1 : 500. Допускається розмір сторони квадрата 10 м. Одночасно з розмічанням сітки квадратів ведуть зйомку контурів місцевості, які прив'язують до сторін квадратів.

Квадрати зі стороною 100...200 м нівелюють кожний окремо. Нівелір встановлюють всередині квадрата і беруть відліки на рейках, встановлених на його вершинах і на плюсових точках. Відліки, взяті на рейках, записують на схемі квадратів. Заповнювальні квадрати нівелюють по декілька із однієї станції з виконанням умови, що дві суміжні станції повинні мати загальні зв'язувальні точки. Висоти вершин заповнювальних квадратів обчислюють через горизонт приладу. Контроль за точністю нівелювання виконують за відліками зв'язувальних точок:

$$(a_1 + b_1) - (a_2 + b_2) \leq \pm 5 \text{ мм}, \quad (2.8)$$

де  $a_1, b_1, a_2, b_2$  – позначки на зв'язувальних точках, відповідно до вершин першого та другого квадратів, м.

Для побудови топографічного плану наносять на папір у заданому масштабі сітку квадратів. Напроти вершин вписують позначки, округлені до 0,01 м, і, інтерполюючи, проводять горизонталі з висотою перерізу 0,25 та 0,5 м залежно від масштабу та призначення плану.

У результаті нівелювання поверхні подають замовнику такі матеріали: схеми теодолітних і нівелірних ходів, журнали знімального обґрунтування; відомості обчислення координат і висот точок; абриси зйомки ситуації та рельєфу, плани та формуляри до них; акти контролю та приймання робіт.

**Горизонтальна зйомка** забудованих територій виконується наземними методами за відсутності матеріалів аерофотозйомки або при економічній недоцільності аерофотографічних методів. Внутрішньоквартальна горизонтальна зйомка, а також зйомка фасадів і проїздів виконується самостійно або разом з вертикальною зйомкою залежно від характеру забудови. Горизонтальна зйомка в масштабах 1:2000, 1:1000 та 1:500 виконується способами перпендикулярів, полярним, кутової та лінійної засічок. Зйомка виконується з пунктів геодезичних мереж, знімального обґрунтування та точок знімальних

теодолітних ходів. Число пунктів знімального обґрунтування при зйомці забудованих територій на 1 км<sup>2</sup> повинно бути не менше 8 для масштабу 1:2000, 16 – для масштабу 1:1000 та 32 – для масштабу 1:500.

Залежно від умов зйомки один або два знімальні теодолітні ходи прокладають уздовж вулиць. У населених пунктах з прямолінійними вулицями замість знімальних ходів розбивають створні лінії між пунктами геодезичної основи. Зйомку ситуації виконують способом перпендикулярів або засічок від точок створної лінії. Відстань між створними точками залежить від масштабу зйомки та способу вимірювань (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – Відстань між створними точками

Масштаб зйомки	Відстань, м, виміряна	
	рулеткою або стрічкою	оптичним далекоміром
1:2000	80	120
1:1000	60	80
1:500	40	50

При зйомці, що виконується **способом перпендикулярів**, абсцисою є відрізок від точки знімального обґрунтування на стороні теодолітного ходу, а ординатою – перпендикуляр від сторони теодолітного ходу до точки, що визначається. Перпендикуляр будують теодолітом, екером або окомірно. Довжина перпендикуляра вимірюється один раз з точністю до 0,01 м і не повинна перевищувати допустимого значення, яке залежить від масштабу зйомки та способу його побудови (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 – Допустима довжина перпендикуляра

Масштаб зйомки	Допустима довжина перпендикуляра, м, побудована	
	за допомогою екера	окомірно
1 : 2000	60	8
1 : 1000	40	6
1 : 500	20	4

Якщо довжини перпендикулярів перевищують допустимі значення (табл. 2.8), то вони підкріплюються засічками, довжина яких не повинна перевищувати довжини мірного приладу (20...50 м).

При **полярному способі** положення точки визначається кутом, виміряним теодолітом при одному положенні круга з точністю до 1' та довжиною відрізка до неї. Відстань може бути виміряна мірною стрічкою, сталевую рулеткою, оптичним або нитковим віддалеміром. Максимальні відстані від приладу до контурів установлюють залежно від масштабу зйомки, методу вимірювань і характеру контурів (табл. 2.9).



Таблиця 2.9 – Максимальна відстань до контурів

Метод визначення відстані та масштаб зйомки	Відстань до контурів, м	
	чітких	нечітких
Вимірювання нитковим віддалеміром		
1 : 2000	100	150
1 : 1000	60	100
1 : 500	40	80
Вимірювання стрічкою або оптичним віддалеміром		
1 : 2000	250	300
1 : 1000	180	200
1 : 500	120	150

**Спосіб прямих кутових засічок** використовують у тому випадку, коли безпосереднє вимірювання відстаней неможливе. Положення контурів точки отримують в результаті вимірювання двох кутів, що прилягають до базису. За базис може бути прийнята сторона або частина теодолітного ходу, або будь-які два пункти знімального обґрунтування. Кути вимірюють теодолітом одним півприйомом з точністю 1'. Кут засічки повинен бути 30...150°. Значення допустимих відстаней від приладу до контурної точки залежить від масштабу зйомки та характеру контурів (табл. 2.10).

Таблиця 2.10 – Допустимі відстані до контурів

Масштаб зйомки	Відстані до контурів, м	
	чітких	нечітких
1 : 2000	400	1200
1 : 1000	200	600
1 : 500	100	300

**Спосіб лінійних засічок** використовується при відсутності перешкод лінійним вимірюванням. Положення точки визначають лінійними промірами стрічкою або рулеткою від лінії знімального обґрунтування. Довжина ліній засічок не повинна перевищувати довжини мірних приладів (20...50 м). Кути кварталів, опорних будівель та інших важливих контурів визначають трьома засічками.

**Висотна зйомка** використовується при нівелюванні забудованих територій, проїздів та окремих елементів ситуації. На рівнинних територіях вона виконується нівеліром або горизонтальним променем теодоліта, а на горбистій місцевості – похилим променем візування. Вона може виконуватися окремо при наявності планів горизонтальної зйомки

або одночасно з горизонтальною зйомкою графоаналітичним способом. Нівелірні ходи, які прокладають для висотної зйомки по осі проїздів, опираються на репери нівелювання I-IV класів і репери технічного нівелювання. Допускається прокладати висячі ходи в прямому та оберненому напрямках. Допустимі висотні нев'язки, мм, не повинні перевищувати

$$f_h = 50\sqrt{L}, \quad (2.9)$$

а в ходах коротше 2 км

$$f_h = 10\sqrt{n}, \quad (2.10)$$

де  $L$  – довжина ходу, км;

$n$  – число станцій.

Всю ділянку покривають пікетами, максимальна відстань між якими не повинна перевищувати при масштабі зйомок 1 : 5000 – 100 м, масштабі 1 : 2000 – 40 м, масштабі 1 : 1000 – 30 м, масштабі 1 : 500 – 20 м. Для забезпечення чіткого зображення всіх деталей рельєфу пікети передбачають на всіх характерних місцях. При нівелюванні проїздів залежно від масштабу плану, характеру рельєфу та інших умов розмічання поперечних профілів виконують стальною рулеткою або оптичним віддалеміром через 20, 40, 50 або 100 м. Відстань між нівелірними точками поперечних профілів не повинна перевищувати 40 м при масштабі 1:2000 і 20 м при масштабах 1:1000 та 1:500. Довжина проміння візування не повинна перевищувати 150 м.

Позначки люків колодязів, цоколів будинків, лотків, мостів та верхівок труб на дорогах визначають нівелюванням з двох боків рейок. У решті випадків позначки точок визначають з одного боку рейки. У ряді випадків визначають висоти кутів кварталів, середини заїздів у двір, трамвайних і залізничних колій, входів у підвальні приміщення, перерізу лотків з віссю проїздів. Контроль на кожній станції виконують визначенням висоти не менше ніж двох контрольних пікетів, розміщених у смузі перекриття. Відхилення між контрольними висотами не повинні перевищувати 0,02 м.

Рельєф за допомогою горизонталей наносять безпосередньо в польових умовах або після камеральної обробки за абрисами. На територіях з густою забудовою допускається не проводити горизонталей, а підписувати тільки позначки характерних точок місцевості та контурів.

## 2.5 Зйомка підземних комунікацій

Знімання підземних комунікацій виконують за відсутності достовірної інформації про їх положення на ділянці зйомки (виконавчі креслення, топографічні плани та інші креслення) або її недостовірність.

На топографічних планах відображують планове та висотне

положення підземних комунікацій та споруд, що включають трубопроводи, кабельні мережі, тунелі та колектори. До трубопроводів належать мережі водопроводів, каналізації, теплофікації, газопостачання, дренажу, нафтопроводи, мазутопроводи та паропроводи. До кабельних мереж відносяться мережі сильних струмів високої та низької напруги (для освітлення та електротранспорту) та мережі слабого струму (телефонні, телеграфні та радіо).

Комплекс робіт для зйомки раніше побудованих підземних комунікацій та споруд включає: рекогносцирування; планову та висотну зйомку існуючих виходів на поверхню землі (колодязів, камер, сифонів); при необхідності розкриття підземних комунікацій та споруд і зйомку їх у траншеях і шурфах; обстеження підземних комунікацій і споруд у колодязях, траншеях і шурфах. За матеріалами рекогносцирування складається загальна схема. За видами підземних комунікацій встановлюється взаємозв'язок між колодязями, намічаються обсяги майбутніх робіт з шурфування, обстеження та зйомки. У процесі обстеження визначають: призначення та матеріал колодязів, камер і інших споруд; місця їх введів, приєднань та випусків; місцезнаходження та вводи кабелів або їх груп із зазначенням призначення та типів. Під час детального обстеження колодязів, камер, колекторів та інших підземних споруд виконують обміри їх габаритів, а також конструктивних елементів і фасонних частин, діаметрів труб, лотків і каналів.

Для зйомки підземних комунікацій відновлюють або створюють нову опорну планово-висотну геодезичну мережу. На забудованих територіях планова зйомка підземних комунікацій та споруд виконується лінійними промірами відстаней від капітальної забудови і точок знімального обґрунтування. Довжини сторін засічок не повинні перевищувати довжини стрічки або рулетки, а число засічок повинно бути не менше трьох. На забудованих територіях планове зйомка виконується з точок знімального обґрунтування в масштабах 1 : 1000 та 1 : 500 аналітичним методом, а в масштабах 1 : 2000 та 1 : 5000 аналітичним або графічним методами. Висотна зйомка підземних комунікацій та споруд виконується технічним нівелюванням, що спирається на точки висотних опорних мереж і знімального обґрунтування. При зйомці підземних комунікацій визначають координати кутів повороту трас, центрів колодязів, місць перетину з іншими комунікаціями, вимірюють відстані між колодязями, визначають позначки дна колодязів, верху та низу труб і люків колодязів.

При зйомці та обстеженні підземних комунікацій, що не мають виходів на поверхню землі (зовнішніх ознак), використовують електронні прилади пошуку або розкривають ці комунікації траншеями та шурфами. З допомогою електронних приладів визначають планове та висотне положення підземних комунікацій, розміщених на глибині до 10 м, з

точністю 0,1 м.

Забороняється складати плани інженерних комунікацій шляхом збільшення з планів дрібних масштабів.

За результатами зйомки складають плани підземних комунікацій, на яких показують розміщення існуючих мереж, вказують їх призначення та основні характеристики. До планів додають схеми знімального обґрунтування, журнали вимірювання кутів і нівелювання підземних комунікацій, абрис обстеження та прив'язки підземних комунікацій, відомості обчислення координат кутів кварталів, будівель і підземних комунікацій, каталог підземних комунікацій та пояснювальну записку на виконані роботи.

## **2.6 Оновлення топографічних планів**

Топографічний план зображує ситуацію та рельєф місцевості, характерний для часу виконання польових топографо-геодезичних робіт. Під впливом природних факторів та господарчої діяльності місцевість видозмінюється. Тому топографічні карти «старіють» та виникає необхідність їх періодичного оновлювання з метою приведення змісту відповідно до сучасного стану ландшафту. Топографічні плани підтримуються на рівні сучасного стану шляхом корегування їх змісту за матеріалами зйомок поточних змін, виконаної зйомки нових побудованих будівель та споруд, а також матеріалів польових обстежень та аерофотозйомки. Оновлення топографічних планів може бути безперервне або періодичне. Періодичність оновлення встановлюється залежно від характеру та інтенсивності змін на місцевості, призначення та масштабу планів, що оновлюються. На ділянках, де внаслідок господарчої діяльності значно змінилася ситуація та рельєф, виконується нова топографічна зйомка, оскільки оновлення плану в цьому випадку є або неможливим через технічні причини, або економічно недоцільним. На топографічних планах відображується стан місцевості влітку. При проектуванні споруд враховують сезонно-кліматичні зміни ландшафту, що характеризуються фазою розвитку природного покриву, розливом рік та станом водоймищ, кліматичними змінами та мікрорельєфними утвореннями.

Плани оновлюються шляхом камерального виправлення змісту за матеріалами зйомок нових побудованих об'єктів, польового обстеження та аерофотозйомки, а також виправлення в полі засобами наземних методів топографічної зйомки. Основним способом оновлення планів масштабів 1 : 500 та 1 : 2000 є камеральне виправлення їх складу за аерофотознімками з подальшим обстеженням. Топографічні плани масштабів 1:1000 та 1: 500 оновлюються завдяки постійному доповненню їх складу матеріалами виконаних зйомок.

Плановим обґрунтуванням до оновлення планів є пункти геодезичної

мережі, точки знімального обґрунтування, чіткі контури (кути будівель, колодязі тощо) та місцеві предмети. Висотним обґрунтуванням слугують нівелірні знаки, пункти геодезичних мереж, точки знімального обґрунтування та характерні точки з підписаними на плані висотами. При оновленні методами аерофотозйомки будують планові фотограмметричні мережі. При оновленні планів населених пунктів використовують планшети міської топографічної зйомки, опорні та чергові плани міст. Технологія оновлення планів визначається об'ємом змін, характером місцевості, матеріалами та приладами, які використовуються. За матеріалами аерофотозйомки топографічні плани можуть оновлюватися на основі нового фотоплану, виправленням копії оригіналу на універсальних стерефотограмметричних приладах. З метою доповнення змісту камерально виправлених планів необхідними кількісними та якісними характеристиками, власними назвами, а також об'єктами місцевості, які не відобразились на фотознімках, проводяться роботи із польового обстеження.

Топографічні плани підтримуються на рівні, який відображає об'єктивний та достовірний стан місцевості, шляхом картографічного обліку, що забезпечує постійний та безперервний збір інформації про всі зміни. При невеликій кількості змін вони наносяться на існуючі плани після польової дозйомки. При значній кількості змін старий план використовувати як топографічну основу недоцільно. На виготовленій з нього копії, зберігаючи те що залишилось старе, викреслюють все нове. Після виправлення копія стає оригіналом топографічного плану.

## **2.7 Трасування лінійних споруд**

Трасування лінійних споруд полягає у визначенні на місцевості їх осі, планового та висотного положення, що характеризується планом та поздовжнім профілем. В плані траса являє собою прямі відрізки різного напрямку, що спрягаються між собою круговими або перехідними кривими. В поздовжньому профілі траса складається з ліній різного уклону, що спрягаються вертикальними кривими. Уклони траси встановлюють залежно від призначення та характеристик споруд. При складанні поздовжнього профілю вертикальний масштаб в 10 і більше раз крупніший від горизонтального. Рельєф місцевості вздовж траси характеризується поперечниками, що складають в однакових горизонтальному та вертикальному масштабах.

Трасування лінійних споруд включає пошук на місцевості оптимального варіанта траси та розміщення на ній споруд. Оптимальне розміщення траси на місцевості обирається в результаті порівняння декількох доцільних варіантів на картах масштабу 1:1000000 – 1: 25000. Залежно від призначення траси та етапу проектування трасування може

бути камеральне або польове.

Камеральне трасування виконується на топографічних картах, на яких за матеріалами економічних вишукувань визначають початковий, кінцевий та проміжні пункти траси. При виборі оптимального напрямку траси застосовують метод динамічного програмування, що дозволяє проаналізувати всі можливі варіанти траси та створити для них цифрові моделі місцевості. За критерій оптимальності можуть бути прийняті мінімальні приведені витрати, мінімальний час будівництва, максимальна експлуатаційна надійність. В складних умовах за альтернативними варіантами траси виконують аеротопографічну зйомку. Автоматизація трасування за аерофотознімками може бути виконана за допомогою приставок до стереофотограмметричних приладів диференціального та універсального типів.

Польове трасування дозволяє уточнити на місцевості положення траси, а також вивчити природні та економічні умови та узгодити напрямок траси із зацікавленими організаціями. Під час польового трасування закріплюють пункти повороту траси та її ліній, проводять геодезичні вимірювання, розробляють схеми споруд та визначають об'єми будівельних робіт. За результатами польового трасування складають проект лінійної споруди. Вздовж осі лінійної споруди прокладають тахеометричний або теодолітно-нівелірний трасувальний магістральний хід. Пікетаж розбивають через 100 м, а в місцях перегинів рельєфу місцевості та характерних елементів ситуації відмічають плюсові точки. Кутові та лінійні вимірювання в трасувальному ході виконують з точністю, яка забезпечує побудову ходу в масштабі вишукувального плану. На кутах повороту траси розбивають елементи кривих. На характерних ділянках місцевості на пікетах або плюсових точках будують поперечники, на яких розбивають пікетаж та виконують поперечне нівелювання. Вздовж траси знімають рельєф та ситуацію. Практикується застосування безпікетажного способу трасування, при якому обмежуються визначенням тільки рельєфних та контурних плюсових точок, а пікети проектується на поздовжньому профілі та їх позначки визначаються інтерполюванням. За матеріалами польового трасування складаються поздовжній та поперечний профілі, а також трасувальний план. На ділянках траси, де передбачається будівництво інженерних споруд, виконують великомасштабну топографічну зйомку.

## 2.8 Прилади для геодезичних вишукувань

Теодоліти, нівеліри, тахеометри – основні прилади для геодезичних вишукувань.

**Теодоліт** – геодезичний прилад призначений для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів при топографо-геодезичних роботах (рис.2.1).

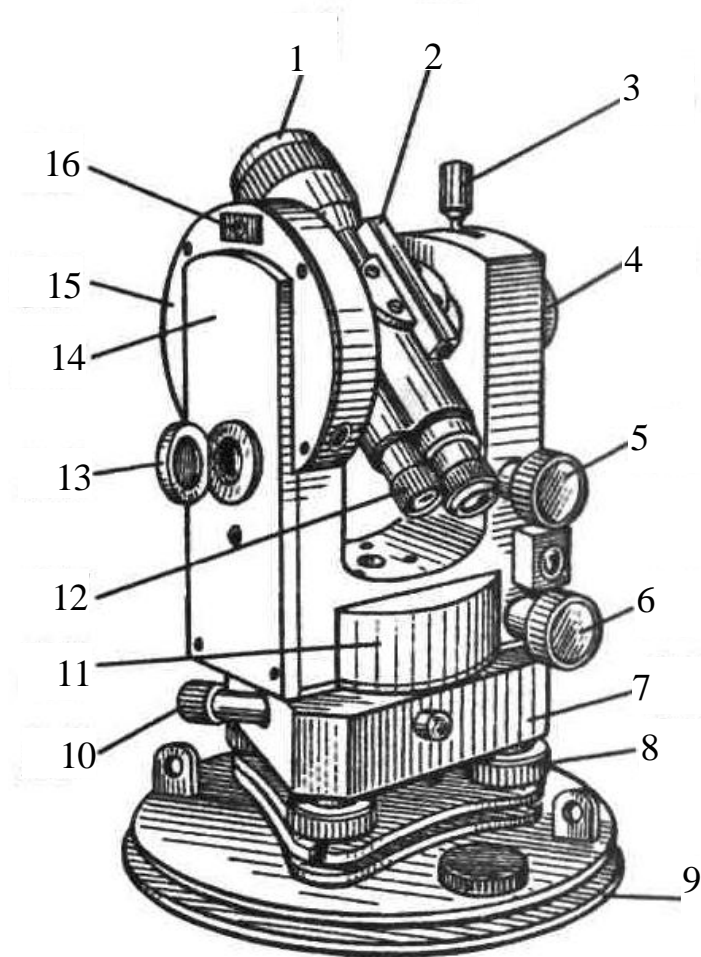


Рисунок 2.1 – Теодоліт Т30: 1 – зорова труба; 2 – візир; 3 – затискний гвинт труби; 4 – фокусувальний гвинт (кремальєра); 5 – навідний гвинт для наведення труби на предмет у вертикальній площині; 6 – навідний гвинт алідади; 7 – підставка з підйомними гвинтами; 8 – піднімальні гвинти; 9 – платформа; 10 – навідний гвинт лімба; 11 – горизонтальний круг; 12 – окуляр відлікового мікроскопа; 13 – дзеркало для підсвічування шкал при відліках на горизонтальному і вертикальному лімбах за допомогою мікроскопа; 14 – колонки труби; 15 – вертикальний круг; 16 – посадковий паз для встановлення бусолі на колонці труби.

Теодоліти класифікують за точністю, призначенням, конструктивними особливостями й мірою автоматизації окремих операцій. За точністю

теодоліти бувають високоточні (середня квадратична похибка вимірювання кутів  $m_{\beta} = 0,5...1,0''$ ), точні ( $m_{\beta} = 2...5''$ ) й технічні ( $m_{\beta} = 15...30''$ ); за конструктивними особливостями – прості, повторювальні, з компенсатором біля вертикального круга й автоколімаційні; за призначенням – спеціальні, кодові, маркшейдерські й технічні.

Серійно випускаються такі типи теодолітів: Т05, Т1, Т2, Т15 і Т30. Цифра означає середню квадратичну похибку вимірювання кута за один прийом (у секундах). Якщо зорова труба теодоліта має пряме зображення, до його позначення додають літеру П (Т30П). При наявності компенсатора біля вертикального круга додають літеру К (2Т15К). Якщо на основі єдиної базової моделі розроблена нова модифікація, спереду додається цифра 2, а на маркшейдерське виконання вказує літера М (2Т30М). Основні метрологічні характеристики теодолітів наведені у табл. 2.11.

У теодолітах Т05, Т1, Т2 відліки роблять за двостороннім мікрометром. В теодолітах Т5, Т15 система відліків одностороння за шкаловими мікроскопами. У теодоліті Т30 використовується мікроскоп з індексом.

Високоточні теодоліти Т05 і Т1 використовують для вимірювання кутів у планових державних геодезичних мережах 1-го й 2-го класів, а також як контрольно-вимірювальне обладнання для різних дослідницьких і високоточних вимірювань, у будівництві й експлуатації особливо відповідальних споруд. Найменша поділка круга лімба  $10'$ , ціна поділки відлікової системи  $1''$ .

Точний теодоліт Т2 призначений для вимірювання кутів у триангуляції 3-го й 4-го класів, у геодезичних роботах з розмітки споруд в будівництві. Круги лімбів теодоліта розділені на  $20'$ , оцифрування градусне. У відліковій системі приладу використано оптичний клиновий мікрометр із шкалою, ціна поділки якого  $1''$ . Відлікова система передбачає цифрову індексацію десятків мінут у додатковому віконці діафрагми поля зору мікроскопа.

Точний теодоліт Т5 та його модифікації 2Т5 і 2Т5К призначені для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів у триангуляції і полігонометрії 1-го й 2-го розрядів, вимірювання відстаней за допомогою ниткового віддалеміра, а також для виконання розпланувальних робіт. У відліковій системі використано шкаловий мікроскоп з ціною поділки  $1''$ . Система відліків одностороння двоканальна з кольоровим фоном відображення вертикального й горизонтального кругів. Теодоліт 2Т5К відрізняється від теодоліта 2Т5 тим, що він має самоустановлювальний оптичний компенсатор, який замінює рівень біля аліади вертикального круга й дозволяє використовувати прилад як нівелір з горизонтальним променем візування.

Теодоліт Т15 призначений для вимірювання кутів у теодолітних і тахеометричних ходах, знімальних геодезичних мережах, при перенесенні



у натуру споруд і інженерно-технічних вишукуваннях трас. Теодоліт має оптичний центрир, розміщений у середині алідадної частини приладу. Кутомірні круги теодоліта розділені через  $1^\circ$ , кожний штрих яких оцифрований. Відлікова система – це шкаловий мікроскоп з ціною поділки  $1'$ . Частини поділок відлічують на око з точністю  $0,1'$ . У полі зору шкалового мікроскопа одночасно видно відображення штрихів горизонтального й вертикального кругів. Теодоліт 2Т15КП відрізняється від базової моделі наявністю компенсатора й тим, що труба має пряме відображення.

Таблиця 2.11 – Основні параметри теодолітів

Основні параметри	Тип теодоліта				
	T1	T2	T5	T15	T30
Середня квадратична похибка вимірювання кута за один прийом, с	1	2	3	15	30
Збільшення зорової труби, разів	30;40	25	25	5	18
Мінімальна відстань візування, м	5	2	2	1,5	1,2
Ціна поділки лімба, мінути	10	20	60	60	10
Коефіцієнт ниткового віддалеміра	-	100	100	100	100
Маса теодоліта, кг	11	5	4,5	3,5	2,5

В топографо-геодезичних вимірюваннях використовують вдосконалені оптичні теодоліти серії 3Т, а саме: теодоліти 3Т2КП(2"), 3Т2КА(2") й 3Т5КП(5") та серії 4Т – 4Т30П(30").

За кордоном виготовляють астрономо-геодезичний теодоліт-універсал ТНЕ0 002, секундний теодоліт ТНЕ0 010А, теодоліт-тахеометр ТНЕ0 020А і малий теодоліт ТНЕ0 080А. Теодоліт ТНЕ0 020А призначений для вимірювання кутів у триангуляції і полігонометрії середньої точності, розбивних робіт у будівництві, топографічних знімачів і спостережень за деформаціями споруд. Зорова труба дає збільшення зображення у 25 разів, середня похибка вимірювання  $3''$ , самоустановлювальний індекс вертикального круга з похибкою встановлення  $1''$ , маса 4,2 кг.

Широко використовують для вимірювання й побудови горизонтальних та вертикальних кутів теодоліти фірми Торсон: оптичні TL-6G(6"), TL-10G(10") й TL-20G(20"); цифрові DT-101(2"), DT-102(5"), DT-103(7"), DT-104(10") й DT-106(20") та цифрові з лазерним показником DT-110L(5"), DT-102L(5"), DT-103L(7") й DT-104L(10"), а також фірми SOKKIL: електронні DT4(5"), DT500(5") й DT600(7") та з лазерним показником LDT50(5").

Перевищення однієї точки місцевості або споруди над іншою визначають із застосуванням горизонтального променя, який одержують з допомогою **нівеліра та нівелірних рейок**, які ставлять у цих точках.

Сучасні нівеліри класифікують за точністю, призначенням, конструктивними особливостями і мірою автоматизації окремих операцій. За точністю нівеліри бувають високоточні, точні і технічні. За способом установлення лінії візування в робочий стан нівеліри поділяють на такі, у яких лінію візування встановлюють за циліндричним рівнем, що наглухо скріплений із зоровою трубою, і нівеліри з компенсаторами з самоустановною лінією візування. Технічні нівеліри обладнують також лімбом для вимірювання горизонтальних кутів. Зараз серійно виробляються такі типи нівелірів: Н-05, Н-3, Н-10, Н-05К, Н-3К, Н-10К, Н-3КЛ, Н-3П, 2Н-3Л, 2Н-10КЛ, 3Н-2КЛ. Цифра у шифрі нівеліра свідчить про допустиму середню квадратичну похибку (в міліметрах) при нівелюванні на 1 км подвійного ходу. Літера К свідчить про наявність компенсатора, а літера Л – лімба горизонтального круга.

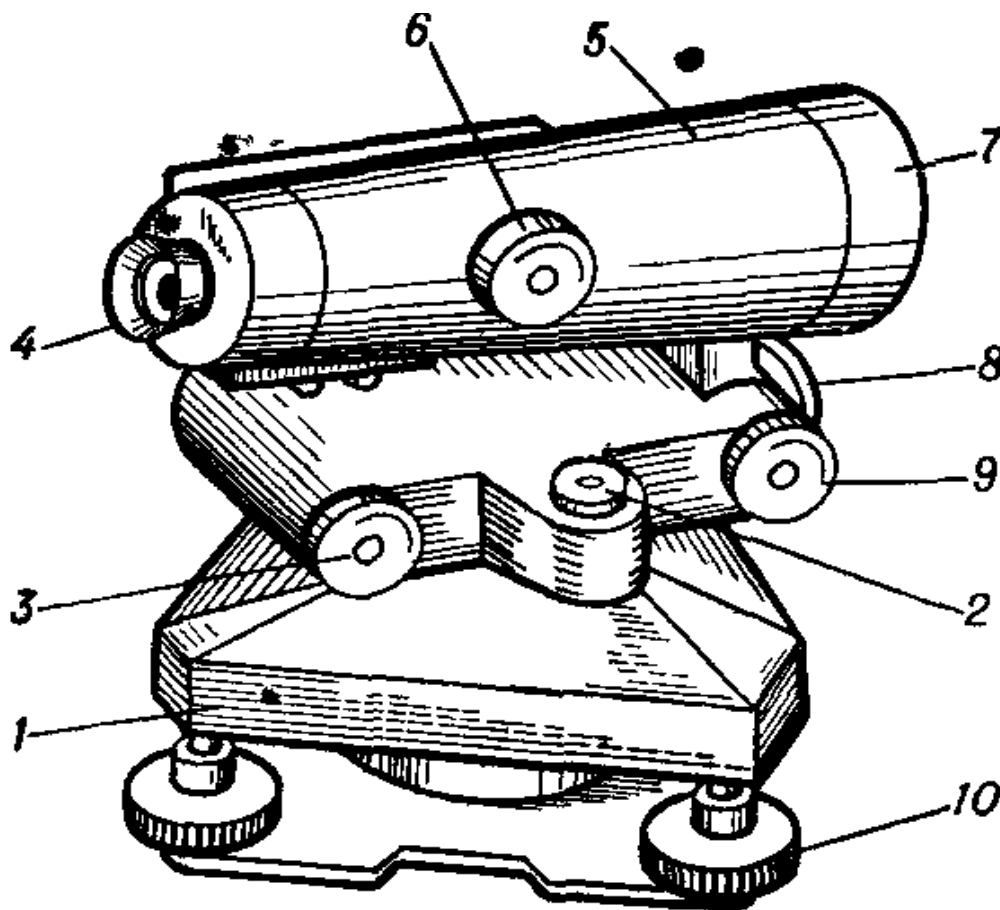


Рисунок 2.2 – Нівелір Н-3: 1 – підставка-триніжка; 2 – круглий рівень; 3 – елеваційний гвинт; 4 – окуляр; 5– зорова труба; 6 – фокусна ручка; 7 – об’єктив; 8 – затискний гвинт; 9 – навідний гвинт; 10 – піднімальні гвинти.

Високоточні нівеліри Н-05 з оптичним мікрометром і нівеліри Н-05К з компенсатором призначені для нівелювання I та II класів. Точні нівеліри Н-3 з циліндричним рівнем, нівеліри Н-3К з компенсатором використовуються при нівелюванні III та IV класів, інженерних розвідках і інженерно-геодезичному забезпеченні будівництва. Технічні нівеліри Н-10 та Н-10К використовуються при топографічних зйомках, інженерно-геодезичних розвідках і роботах на будівництві споруд.

Фірма «Карл Цейс Ієна» випускає нівеліри NI002, NI007, NI025, NI050 і NI030. З зарубіжних нівелірів різних фірм, що призначені для зйомки профілів місцевості, нівелювання поверхонь та геодезичного забезпечення будівельного виробництва, використовують оптичні нівеліри: SETL марок DSZ3 та AL-20 з похибкою 1,5 мм та 2,5 м на 1 км; автоматичні нівеліри SOKKIL марок PL1, B1C, B1, B2<sub>0</sub> з похибкою при наявності мікрометронної насадки 0,2 й 0,5 мм/км, а без неї – 0,8 мм/км; C300, C310, C320, C330 з похибкою без мікрометронної насадки 1,0; 1,5 та 2,0 мм/км.

Широко застосовуються лазерні нівеліри LP30, LP31, Benjamin, НЛ30, Лимка-Горизонт, Лимка-Зенит, LaserLevel 1470/1480, Laserplane 130/130J, Laserplane 500C/600, LaserLevel 1432.

Цифрові нівеліри дозволяють виконувати ті ж роботи, що й оптичні нівеліри. Їх особливістю є наявність електронного датчика, що дозволяє з високою точністю знімати відліки зі спеціальної штрих-кової рейки. Оператору достатньо навести прилад на рейку, сфокусувати зображення й натиснути кнопку. Прилад виконує самостійно зняття відліку по рейці й вимірювання відстані до неї, що відображується на екрані. Використовуються цифрові нівеліри марок DiNi 12, DiNi 12T, DiNi 22 та PowerLevel SDL30, що мають похибку 0,3...1,0 мм/км.

Сучасні штрихові прецизійні і шашкові дерев'яні нівелірні рейки класифікуються за точністю, конструктивними особливостями і призначенням. За точністю нівелірні рейки бувають високоточні, точні і технічні. За довжиною розрізняють три- та чотириметрові рейки, які можуть бути суцільними, складаними і розсувними. Поділки нанесені з одного або двох боків. Рейки можуть мати круглий рівень для встановлення їх в прямовисне положення. Сучасні рейки мають шифри РН-05, РН-3 та РН-10 і входять до комплекту нівелірів відповідно Н-05, Н-3 і Н-10. Літери означають: Р – рейка, Н – нівелір, а цифри 10, 3 і 05 вказують середню квадратичну похибку нівелювання (в міліметрах) на 1 км подвійного ходу.

Рейка РН-05 – одностороння, являє собою суцільну раму довжиною 3 або 1,2 м, на яку натягнута інварна стрічка з нанесеними двома шкалами, які зміщені одна відносно одної на 2,5 мм. На основній шкалі підписані півдециметрові поділки від 0 до 60, а на доповнювальній – від 60 до 120. Відлік по прецизійній рейці беруть за допомогою оптичного мікрометра.

Рейка РН-3 – двостороння шашкова, являє собою дерев'яний брусок завширшки 8...10 і завтовшки 2...3 см, на який нанесені шашкові сантиметрові поділки і підписані значення дециметрових поділок. На одному боці нанесені чорні і білі поділки (чорний бік), а на другому – червоні і білі (червоний бік). На обох боках рейки поділки виконані через 10 мм. По чорному боці поділки йдуть від нуля до 3 м. Нуль рейки суміщають з п'ятою рейки, тобто з нижнім кінцем, що оббитий залізною скобою. По червоному боці початковий відлік починається з числа 4787 або 4687. Різниця відліків по різних боках рейки повинна бути сталою. Дециметрові підписи можуть бути прямими і оберненими.

Рейка РН-10 – двостороння шашкова, має конструкцію, аналогічну до рейки РН-3, і, як правило, виготовляється складаною, довжиною 4 м.

За результатами аналізу типів нівелірів і нівелірних рейок, їх метрологічних характеристик і областей використання вибирають нівелір і нівелірну рейку для інженерно-геодезичного забезпечення конкретного будівельно-монтажного виробництва або виконання розвідок.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Хто складає технічне завдання на виконання на інженерно-геодезичних робіт?
2. Склад технічного завдання на виконання на інженерно-геодезичних робіт.
3. На основі чого розробляється програма інженерно-геодезичних вишукувальних робіт?
4. Що визначається в програмі виконання інженерно-геодезичних вишукувань?
5. Склад інженерно-геодезичних вишукувань.
6. Склад звіту про інженерно-геодезичні вишукування для будівництва.
7. Що є геодезичною основою топографічної зйомки?
8. Як визначається масштаб зйомки?
9. Як визначається висота перерізу рельєфу?
10. Призначення топографічних планів масштабу 1:5 000.
11. Призначення топографічних планів масштабу 1:2000.
12. Призначення топографічних планів масштабу 1:1000.
13. Призначення топографічних планів масштабу 1:500.
14. Які методи зйомок?

15. Для чого виконують великомасштабну топографічну зйомку?
16. Як виконують наземну фото топографічну зйомку?
17. Для чого і як виконують тахеометричну зйомку?
18. Для чого виконують нівелювання поверхні?
19. Які способи нівелювання поверхні?
20. Що таке горизонтальна зйомка?
21. Суть способу перпендикулярів.
22. Суть полярного способу .
23. Суть способу прямих куткових засічок.
24. Суть способу лінійних засічок.
25. Як виконується висотна зйомка?
26. Що включає комплекс робіт для зйомки підземних комунікацій?
27. Як виконується зйомка підземних комунікацій мереж, що не мають зовнішніх ознак?
28. Як складається план підземних комунікацій?
29. З якою метою виконується оновлення топографічних планів?
30. Як виконується оновлення топографічних планів?
31. Як виконують трасування лінійних споруд?
32. Склад польових та камеральних робіт при трасуванні лінійних споруд.
33. Які прилади використовують для виконання інженерно-геодезичних робіт?
34. Класифікація та види теодолітів.
35. Класифікація та види нівелірів.
36. Класифікація нівелірних рейок.

## 3 ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ВИШУКУВАННЯ

### 3.1 Зміст та задачі інженерно-геологічних вишукувань

Інженерно-геологічні вишукування виконують з метою вивчення та оцінки інженерно-геологічних умов району будівництва, включаючи геоморфологічну, стратиграфічну та тектонічну будову, літологічний склад, стан та фізико-механічні властивості ґрунтів, гідрологічні умови, несприятливі фізико-геологічні процеси та явища, а також складання прогнозу змін геологічних та гідрологічних умов при будівництві та експлуатації будівель та споруд.

**Геоморфологічні** дослідження дозволяють вивчити основні процеси та форми рельєфу та визначити характер їх впливу на розроблення проектних рішень. **Стратиграфія** дозволяє з'ясувати генезис та характеристики порід з точки зору послідовності їх напластування та віку, доцільність призначення місць закладання геологічних виробок та наприкінці дати достовірну оцінку порід як основ споруди. **Тектонічні** обстеження дають можливість отримувати дані про переміщення гірських порід під впливом ендегенних сил, які виникають в надрах Землі та дуже небезпечні для більшості споруд.

Матеріальною основою формування ґрунтового покриву є літосфера. **Літосфера** – це верхня оболонка Землі із земною корою та частиною верхньої мантії Землі, що складається з осадових, вивержених та метаморфічних порід. Потужність літосфери 25...200 км. Земна кора – тонка верхня оболонка Землі, що становить 30...80 км на континентах і 5...10 км під океаном. На континентах кора складається з осадового, гранітного та базальтового шарів.

**Ґрунтом** називають поверхневий шар земної кори, що утворюється при сукупній дії води, сонячної енергії, повітря та організмів на гірські породи. Ґрунт складається з трьох ґрунтових горизонтів певного кольору, що відрізняються хімічним складом та властивостями. Верхній – перегнійно-акумулятивний горизонт, темного кольору, багатий гумусом та кореневою системою рослин. Другий горизонт – ілювіальний, в якому затримуються та накопичуються речовини з верхнього горизонту. Третій горизонт – материнська порода.

Ґрунт є середовищем існування та субстратом для різних живих організмів: кількість бактерій у ґрунті 1000...7000 кг/га, мікрогрибів – 100...1000 кг/га, водоростей – 10...300 кг/га, дощових черв'яків – 350...1000 кг/га, членистоногих до 1000 кг/га та найпростіших 5...10 кг/га. Ґрунт та мікроорганізми є універсальними природними біологічними адсорбентами, що виконують функції нейтралізатора забруднень. Система “ґрунт – рослини” забезпечує людство продуктами харчування, біологічною сировиною, матеріалами і паливом.

Ґрунт характеризується такими фізичними властивостями: механічним складом, відносною пухкістю структури, водопроникністю, аераційністю, відсутністю світла, амплітудою коливань температури, об'ємом ґрунтового повітря.

Механічний склад – відносний вміст в ґрунті частинок різного розміру. В залежності від вмісту піску і глини ґрунти поділяють на піщані, супіщані, суглинисті та глинисті. Класифікація ґрунту за механічним складом наведена в табл. 3.1.

Ґрунт характеризується сезонним та добовим температурним режимом. Поверхневий його прошарок поглинає сонячну енергію і для нього притаманні найбільші перепади температури. Влітку верхній прошарок ґрунту накопичує теплову енергію, яку віддає в навколишнє середовище взимку. В нічні години нагріта поверхня випромінює надлишок тепла і охолоджується. Глибші прошарки ґрунту зберігають більш високу температуру. Чим сухіший ґрунт і вища інсоляція, тим на більшій глибині відбуваються зміни температури.

Таблиця 3.1 – Класифікація ґрунту за механічним складом

Механічні елементи	Діаметр, мм
Каміння	> 3,0
Ґравій	3,0...1,0
Пісок крупний	1,0...0,5
Пісок середній	0,5...0,25
Пісок дрібний	0,25...0,05
Пил крупний	0,05...0,01
Пил середній	0,01...0,005
Пил дрібний	0,005...0,001
Мул грубий	0,001...0,0005
Мул тонкий	0,0005...0,0001
Колоїди	< 0,0001

Важливою характеристикою ґрунтів є вологість. Вологість залежить від фізичних і хімічних властивостей, режиму рідких й твердих опадів, сонячної енергії. Вода в ґрунті знаходиться в таких формах: пароподібній, хімічно та фізично зв'язаній, капілярній та гравітаційній. Наявність та режим води в ґрунті обумовлюють життєдіяльність мікроорганізмів та рослин.

В ґрунті також міститься повітря, кількість якого визначається його пористістю і водним режимом. Сухий ґрунт містить повітря у всіх порожнинах. При збільшенні вологості ґрунтового повітря витісняється водою. В дуже зволжених ґрунтах вільне повітря практично відсутнє. Із збільшенням глибини кількість кисню в ґрунті зменшується, а вуглекислого газу – збільшується і досягає 10%. В результаті дифузії,

зменшення кількості води, зміни атмосферного тиску та теплового розширення ґрунтового повітря постійно оновлюється атмосферним.

Живлення рослин відбувається за рахунок іонного складу ґрунтового розчину. Хімічними характеристиками ґрунту є вміст мінеральних речовин, засоленість ґрунтового середовища та реакція ґрунтового розчину. Частка мінеральних речовин у ґрунтовому розчині не більша 0,2...0,3%. Вони присутні в органічних залишках, ґрунтових колоїдах та гумусі. Засолені ґрунти розрізняють за складом солей ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) і ступенем засоленості. Ґрунти, що знаходяться під дією постійного й сильного зволоження соляними водами, називають солончаками. Ґрунти, в яких надлишок солей знаходиться в глибоких прошарках і вологість змінюється, вважають солонцями.

Реакція ґрунтового розчину – концентрація в ньому водневих іонів (рН). За цією ознакою ґрунти поділяють на нейтральні (рН = 7), кислі (рН < 7) та лужні (рН > 7).

Індикатором фізичного й хімічного складу ґрунту та його забруднення є рослини, що ростуть на них. Ґрунти разом з організмами утворюють складні екосистеми, які виконують у біосфері найважливіші функції:

- безперервну трансформацію та перерозподіл сонячної енергії, яка надходить на земну поверхню, та протікання процесів біогенного накопичення;
- підтримання планетарного кругообігу біогенних елементів.

Головною властивістю ґрунтів є їх родючість, тобто здатність забезпечувати рослини необхідними мінеральними солями, органічними речовинами, вологою і давати врожай. При біохімічному розкладанні органічних речовин, коли недостатньо кисню, утворюється до 10...15% неорганічних сполук (оксиди вуглецю та азоту, аміак, вода тощо) та 85...90% стійких високомолекулярних органічних речовин (гумінові кислоти, фульвокислоти та їх солі). Ці стійкі високомолекулярні речовини називаються гумусом, який забезпечує родючість ґрунтів. Кількість гумусу в ґрунтах визначається комплексом природних умов і змінюється в різних фізико-географічних зонах в широких межах. До 70...90% гумусу містять чорноземи, що сформувалися протягом тисячоліть у зонах лугових степів з сприятливим кліматом.

Земельний фонд України становить 60,4 млн. га. Він включає 41,8 млн. га сільгоспугідь, у тому числі 33,2 млн. га ріллі та 7,6 млн. га природних кормових угідь. Тільки 8% території країни ще знаходяться у природному стані (болото, озера та гірські масиви). Структура земельного фонду України наведена на рис. 3.1.



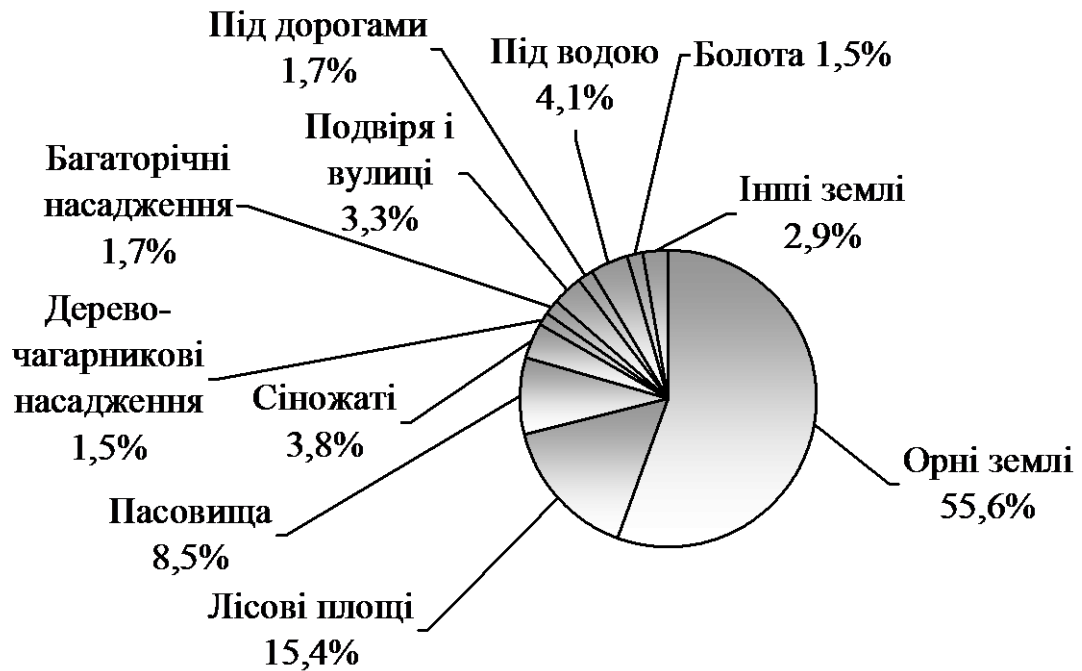


Рисунок 3.1 – Структура земельного фонду України

Основною причиною деградації та забруднення ґрунтів є антропогенна діяльність. До чинників погіршення якостей ґрунту відносяться:

- зменшення родючості ґрунту за рахунок винесення поживних речовин із врожаєм;
- забруднення ґрунтів шкідливими для рослин та ґрунтових процесів засобами хімізації та техногенними викидами;
- розвиток ерозійних процесів внаслідок нерозважливого господарювання;
- засолення ґрунту при зрошуванні невідосконаленими технологіями подачі води до рослин;
- перезволоження, яке сприяє заболоченню;
- ущільнення ґрунту при використанні важкої сільськогосподарської техніки та нерегульованому випасанні худоби;
- безпосереднє руйнування в процесі будівництва та видобутку корисних копалин, розкорчовування;
- займання ґрунтів під водосховища, дороги, споруди та будівлі;
- зміни ландшафту, які призводять до осушування чи заболочування внаслідок зміни мікроклімату та кругообігу вологи.

Речовинний склад порід, їх структура, умови утворення та інші літологічні особливості характеризують будівельні властивості порід, які визначають якість основи та ступінь стійкості споруди. Такі фізико-механічні властивості гірських порід як: щільність, вологість, пористість, теплопровідність, показник консистенції, опір дії зовнішніх навантажень, водопроникність, водопоглинання, властивість розчинятися та інші необхідно враховувати при будівництві та експлуатації споруд; та гідрогеологічні умови, які характеризуються: глибиною закладання підземних вод, коефіцієнтом фільтрації, хімічним складом мають важливий вплив на конструктивні особливості та глибину закладання фундаменту, вибір будівельних матеріалів, технологію будівельного виробництва та величину матеріальних витрат.

До **несприятливих фізико-геологічних процесів** відносяться: просідання лесовидних порід, механічна або хімічна суфозія, зсуви, обвали, болото, промерзання ґрунту та тектонічні явища. **Просідання** лесовидних порід виникає внаслідок насичення їх водою та викликає зміщення споруди. При суфозії відбувається механічне або фізичне вимивання частинок гірських порід та розчинених солей ґрунтовими водами. **Механічна суфозія** відбувається внаслідок гідромеханічної сили ґрунтового потоку та призводить до утворення провалів, вирв, печер у глинистих породах та лесах. **Хімічна суфозія або карст** є результатом розчинення мінеральних солей та частинок ґрунту та винесення їх за межі пласту. Розвитку карсту сприяє антропогенна діяльність людини. Будівництво інженерних споруд на ділянках з розвинутим карстом досить небезпечне, оскільки можуть виникнути труднощі з їх роботою або навіть призвести до руйнування. При **зсувах** спостерігається обумовлене діяльністю поверхневих або підземних вод зміщення частинок гірських порід униз по схилу під дією сили ваги. Будівництво та експлуатація споруд в районах, де спостерігаються зсуви, потребує застосування дорогих протизсувних заходів. **Болото** – це ділянка суші, для якої характерне надмірне зволоження прошарків ґрунту, застійний режим підземних вод та поширення специфічної болотної рослинності. Будівництво споруд на болотах потребує їх осушення та влаштування дренажу.

Повільні **тектонічні явища**, при яких земна кора піднімається та опускається, практично нешкідливі для будівництва та міцності споруд, крім зсувів або скидів при неоднорідному підйомі або опусканні сусідніх ділянок. Сейсмічні тектонічні явища з осередком землетрусу на глибині 10...700 км викликають обвали та зсуви, значні зміщення поверхні землі в пласті та по висоті та руйнування споруд. Враховуючи відому бальність можливих землетрусів в конструкціях будівель та споруд передбачають додаткові заходи, які спрямовані на збільшення міцності.

**Програма інженерно-геологічних вишукувань** складається на основі технічного завдання (додаток Г), оцінки категорії складності інженерно-геологічних умов, складності геотехнічного будівництва, ступеня вивченості ділянки (території) і порядку розроблення проектної документації. Програма інженерно-геологічних вишукувань містить такі відомості:

- найменування та місце розташування об'єкта з визначенням адміністративної належності району вишукувань;
- коротку фізико-географічну характеристику району та місцевих природних умов, що впливають на організацію та виконання вишукувань;
- відомості про геоморфологічні та геологічні дані району, гідрогеологічні умови, несприятливі фізико-геологічні процеси та явища, склад, стан та властивості ґрунтів району будівництва;
- обґрунтування категорій складності природних умов, складу, об'ємів та методів, послідовності виконання вишукувань;
- обґрунтування площ, місць та масштабів інженерно-геологічної зйомки та систем опробовування ґрунтів та підземних вод з врахуванням складності інженерно-геологічних умов та типу будівель, що проектуються, термінів, та частоти проведення стаціонарних спостережень;
- вимоги, пов'язані з охороною навколишнього середовища, при виконанні вишукувань;
- особливі вимоги, які висуваються до складу, об'ємів та методів робіт на ділянках розвитку несприятливих фізико-геологічних процесів та явищ, а також розповсюдження специфічних за складом та станом ґрунтів.

За складом інженерно-геологічні вишукування є комплексними і включають види робіт, які направлені на вивчення геологічної будови, стану та властивостей ґрунту, гідрогеологічних умов, інженерно-геологічних процесів і явищ.

До складу комплексних інженерно-геологічних вишукувань входять такі види робіт:

- відбір, аналіз та узагальнення даних про природні умови району будівництва – оцінка вивченості території;
- польове рекогносцирувальне обстеження;
- геофізичні роботи;
- бурові та гірничопрохідницькі роботи;

- геотехнічні вишукування, які включають лабораторні та польові дослідні роботи;
- гідрогеологічні вишукування;
- стаціонарне спостереження;
- вивчення інженерно-геологічних процесів і явищ;
- камеральне оброблення матеріалів.

Для **оцінювання вивченості** в підготовчий період збирають, аналізують та узагальнюють дані про природні умови з метою:

- розробки робочої гіпотези про інженерно-геологічні умови району;
- визначення категорії складності цих умов;
- обґрунтування направленості вишукувань;
- визначення потрібного складу робіт, оптимальних обсягів та раціональних методів їх виробництва.

Особливу увагу необхідно приділяти збору матеріалів щодо умов виникнення та причин розвитку несприятливих фізико-геологічних процесів та явищ, розповсюдження та фізико-механічних властивостях специфічних за складом та станом ґрунтів.

В польових умовах виконують **рекогносцирувальне обстеження** з метою:

- оцінювання якості та уточнення зібраних матеріалів, які характеризують інженерно-геологічні умови району будівництва;
- порівняльної оцінки інженерно-геологічних умов за наміченими варіантами проекту майданчика та трас інженерних комунікацій;
- отримання матеріалів, що дозволяють виконати попередню оцінку можливого природного розвитку фізико-геологічних процесів та змін геологічного середовища під впливом будівництва та експлуатації підприємств та інженерних споруд .

В процесі рекогносцирувального обстеження виконують маршрутні спостереження, опробовування ґрунтів та підземних вод.

Маршрутні спостереження включають описання та картування відслонень та індикаторів інженерно-геологічних процесів, уточнення меж геоморфологічних елементів і екзогенних форм рельєфу, замірювання елементів залягання гірських порід у відслоненнях, оцінювання ефективності інженерної підготовки території, уточнення доступності та проведення польових робіт.

Опробовуванням встановлюють літологічний вид ґрунтів та попередньо оцінюють їх можливість використання як основи будівель та споруд. В районах розвитку несприятливих фізико-геологічних процесів та явищ встановлюють орієнтовні контури площ розповсюдження цих

процесів та явищ, виявляють умови та причини їх виникнення та розвитку, наявність деформацій будівель, намічають ділянки для проведення стаціонарних спостережень.

**Геофізичні роботи** виконують для визначення структурно-тектонічної будови, меж розповсюдження та потужності ґрунтів різного літологічного складу і стану, властивостей ґрунтів, рівнів підземних вод, напрямку та швидкості водного потоку, виявлення інженерно-геологічних процесів та геофізичних аномалій, а також сейсмічного мікрорайонування. Геофізичні методи розвідок викладені в розділі 3.2.

Геофізичні роботи проводять у комплексі з гірничопрохідницькими, геотехнічними та гідрогеологічними роботами або передують їм.

**Бурові та гірничопрохідницькі роботи** виконують для отримання інформації про склад ґрунтів і умови їх залягання, глибину залягання ґрунтових вод та інших водоносних горизонтів, наявність напору та особливості рівневого режиму, відбору зразків ґрунтів та проб для лабораторних випробовувань; виконання польових досліджень властивостей ґрунтів; обладнання системи спостережень за компонентами геологічного середовища; встановлення меж прояву геологічних процесів.

Гірничі виробки проводяться з метою: встановлення геологічного розрізу та умов залягання ґрунтів; відбору зразків ґрунтів та проб води для лабораторного вивчення їх властивостей та складу; польових досліджень властивостей ґрунтів та їх водного і температурного режимів; режиму та хімічного складу підземних вод, гідрологічного параметра, водоносних горизонтів, а також взаємозв'язку підземних вод з поверхневими. Вид гірничих виробок залежить від задач вишукувань з врахуванням умов залягання та літологічного стану ґрунтів, їх стану та необхідної глибини розкриття.

Розміщення, кількість і глибину гірничих виробіток (закопушок, розчисток, канал, шурфів та дудок, свердловин) призначають, виходячи з необхідності повного та достовірного відображення інженерно-геологічних умов будівництва залежно від конструктивних особливостей проєктованих споруд та складності інженерно-геологічних умов ділянки. Для розкриття ґрунтів при потужності перекривальних відкладень не більше 0,5 м роблять закопушки. Для розкриття ґрунтів на схилах при потужності перекривальних відкладень осипами як гірничу виробку можна застосувати розчистки глибиною до 1,5 м. Для розкриття крутоспадних шарів гранту при потужності перекривальних відкладень не більше 1,5 м влаштовують канали. Для розкриття ґрунтів, що залягають горизонтально або моноклінально, роблять шурфи чи дудки глибиною до 20 м.

Гірничі виробки розміщують по контурах і (або) осях проєктованих будівель та споруд. Мінімальну кількість гірничих виробіток у межах контурів кожної будівлі (споруди) і відстань між ними визначають із

урахуванням раніше пройдених виробок та суміжних (якщо проектується група будівель) згідно з табл.3.2.

Крім того, у місцях різкої зміни навантажень на фундамент, глибини їх закладання, висоти споруди, а також на межі різних геоморфологічних елементів необхідно розміщати додаткові виробки.

Глибини гірничих виробок при вишукуваннях для будівель і споруд на природній основі призначають з урахуванням зони взаємодії з геологічним середовищем і величини стискуваної товщі ґрунтів, із заглибленням в підстильні ґрунти на 1...2 м.

За відсутності даних про стискувану товщу ґрунтів, глибини гірничих виробок допускається встановлювати відповідно до табл. 3.3. На ділянках поширення скельних ґрунтів з тектонічними порушеннями глибину гірничих виробок встановлюють програмою вишукувань.

Таблиця 3.2 – Мінімальна кількість гірничих виробок у межах контурів будівлі (споруди) і відстань між ними [8]

Категорія складності інженерно-геологічних умов	Відстань між гірничими виробками (м) – у чисельнику; мінімальна кількість (шт.) – у знаменнику		
	Рівень відповідальності будівель та споруд		
	I	II	III
I (прості)	<u>75-50</u> не менше 3	<u>100-75</u> не менше 3	<u>100-75</u> 1-2
II (середньої складності)	<u>40-30</u> не менше 4-5	<u>50-40</u> не менше 3	<u>50-45</u> 1-2
III (складні)	<u>25-20</u> не менше 4-5	<u>30-25</u> не менше 3	<u>30-25</u> не менше 3

**Примітка.** Максимальні відстані між виробками треба приймати для будівель та споруд малочутливих до нерівномірних осідань, мінімальні – для чутливих

Таблиця 3.3 – Рекомендована глибина гірничих виробок при зведенні будівель із різними основами [8]

Будівля на стрічкових фундаментах		Будівля на окремих опорах	
навантаження на фундамент, кН/м (поверховість)	глибина гірничої виробки від подошви фундаменту, м	навантаження на опору, кН	глибина гірничої виробки від подошви фундаменту, м
до 100 (1)	4-6	до 500	4-6
200 (2-3)	6-8	1000	5-7
500 (4-6)	9-12	2500	7-9
700 (7-10)	12-15	5000	9-13
1000 (11-16)	15-20	10000	11-15
2000 (понад 16)	Понад 20	15000	12-19
-	-	50000	понад 19

При вишукуваннях під плитний тип фундаменту (ширина фундаменту більше 10 м) глибину гірничих виробок встановлюють за розрахунком, а за відсутності необхідних даних глибину виробок приймають рівною половині ширини фундаменту, але не менше 20 м для нескельних ґрунтів. Відстань між виробками повинна бути не більше 50 м, число виробок під один фундамент – не менше трьох.

Глибину гірничих виробок для пального фундаментів у нескельних ґрунтах приймають нижче проектованої глибини занурення нижнього кінця паль не менше ніж на 5 м.

На ділянках трас лінійних споруд типового та індивідуального проектування розміщення та глибину виробок приймають відповідно до норм [8] (додаток Д).

Діаметр буріння розвідувальних свердловин має забезпечувати можливість опису ґрунтів, відбору проб порушеної структури, а також відбір проб води і обладнання свердловин для спостереження за рівнем підземних вод.

До **геотехнічних вишукувань** відносяться роботи, які пов'язані з вивченням складу, стану та властивостей ґрунтів як основ, середовища для влаштування підземних споруд, а також для оцінки стійкості природних або штучних масивів, що формуються, схилів і укосів.

Геотехнічні вишукування у процесі будівництва виконують для:

- визначення фактичної несучої здатності та розрахункового навантаження на палі;
- визначення стану і властивостей переміщених ґрунтів або перетворених у природному заляганні (у т. ч. контроль ущільнення);
- виявлення причин неприпустимих осідань і деформацій масивів ґрунтів і споруджуваних об'єктів.

Геотехнічні вишукування виконують як у складі інженерно-геологічних вишукувань, так і самостійно, на територіях, де вже вивчені інженерно-геологічні умови.

Геотехнічні вишукування включають [8]:

- визначення складу, стану і властивостей ґрунтів;
- прогноз змін стану і властивостей ґрунтів під впливом різних факторів (зволоження, обводнення та осушення, термічні впливи, статичні і динамічні навантаження);
- прогноз оцінки стійкості схилів і укосів;
- моделювання та розроблення документації з підвищення стійкості природних і створення штучних геотехнічних масивів ґрунтів;
- розроблення рекомендацій із влаштування основ, фундаментів і захисних споруд;

- розроблення рекомендацій з використання природних і штучних ґрунтових матеріалів у будівництві.

Геотехнічні вишукування включають лабораторні та польові дослідні роботи, які виконують для визначення властивостей ґрунтів (див. розділ 3.5) та ґрунтових вод, місць їх залягання.

**Гідрогеологічні вишукування** виконують на основі комплексної або спеціальної програми робіт, розробленої з урахуванням технічного завдання, гідрогеологічної вивченості території та складності інженерно-гідрогеологічних умов. Гідрогеологічні вишукування розглянуті в розділі 3.4.

**Стаціонарні спостереження** за станом елементів геологічного середовища, конструкцій будівель і споруд здійснюють як у процесі моніторингу, так і в процесі виконання вишукувальних робіт, якщо це передбачено програмою. Стаціонарні спостереження проводять з метою отримання інформації про розвиток інженерно-геологічних та гідрогеологічних процесів, їх циклічність, вплив на стан та експлуатаційну придатність будівель і споруд. Тривалість стаціонарних спостережень обґрунтовується програмою виконання робіт.

**Вивчення інженерно-геологічних процесів і явищ** виконують на основі аналізу і синтезу інформації, отримуваної на усіх етапах виконання польових, лабораторних і камеральних робіт. За відповідного обґрунтування у програмі виконання робіт передбачають спеціальні види робіт (у т.ч. аерокосмічну зйомку, стаціонарні наземні спостереження, фізичні роботи, лабораторні випробування та моделювання). У районах розвитку небезпечних геологічних процесів (карст, суфозія, зсуви, обвали, селі, перероблення берегів водосховищ, озер і рік, сейсмічність тощо) до інженерно-геологічних вишукувань висуваються додаткові вимоги відповідно до діючих норм.

Завершальний етап інженерно-геологічних вишукувань – **камеральне оброблення матеріалів**. Камеральне оброблення включає опис, аналіз та модельне відображення інформації про геологічну будову, властивості ґрунтів, стан та режим гідросфери, поширення та активність інженерно-геологічних процесів та явищ.

Під час камерального оброблення матеріалів на основі польових відомостей та матеріалів складають інженерно-геологічну карту, що являє собою зменшене зображення на площині геологічних факторів місцевості, відібраних, охарактеризованих та узагальнених відповідно до вимог проектування, будівництва та експлуатації будівель та споруд. Карти масштабу 1:1000 000 та дрібнішого призначені для вивчення загальних закономірностей інженерно-геологічних умов, а також складання робочих гіпотез про геологічну будову значною за площею території, а також вибір місця будівництва споруди в межах області. Карти масштабу 1:500000 – 1:50000 використовуються для розміщення значних за площею



промислових та цивільних комплексів споруд, для вибору загального напрямку трас лінійних інженерних споруд, для складання схеми енергетичного використання рік. Карти масштабу 1:25000 та більшого призначені для вибору місця та розміщення об'єктів промислового та цивільного будівництва, складання генеральних планів та детального планування міст.

Результати камерального оброблення повинні відповідати технічному завданню, програмі виконання робіт і вимогам до звіту про вишукування (додаток Е). Обов'язковою складовою частиною інженерно-геологічних робіт та обов'язковим елементом звіту є розроблення пошукового та нормативного прогнозів.

### 3.2 Геофізичні методи розвідок

Геофізичні дослідження виконують з метою вивчення неоднорідності будови товщі ґрунтів, їх складу, стану та умов залягання, виявлення тектонічних порушень та закарстованих зон, а також рівнів підземних вод, напрямку та швидкості водного потоку. Геофізичні роботи виконують в комплексі з гірничопрохідницькими, геотехнічними та гідрогеологічними роботами або передують їм.

Такі геофізичні методи, як електророзвідка, магніторозвідка, гравіметрична розвідка та сейморозвідка дозволяє значно скоротити обсяг бурових та гірничопрохідницьких робіт та уточнити геологічну будову.

**Електророзвідка** ґрунтується на вивченні умов електропровідності гірських порід, котра залежить від їх питомого опору. Осадкові породи мають низький опір, метаморфічні – проміжні та вивержені – більш високий. Електророзвідка виконується способами природного та телуричного поля, електропрофілювання, вертикального електричного зондування, зарядженого тіла, радіопросвічуванням, радіолокацією тощо.

**Магніторозвідка** оснований на вивченні властивостей геомагнітного поля Землі, обумовленого неоднаковими магнітними властивостями гірських порід, які залежать від їх мінерального складу. В магніторозвідувальних роботах, як правило, вимірюють не абсолютні значення напруженості магнітного поля, а їх відхилення від номінального значення, за яке приймають поле однорідно намагніченої сфери. Зйомка буває майданчикова або маршрутна. При пошуко-розвідувальних роботах застосовують аеромагнітну зйомку з літальних апаратів.

**Гравіметрична розвідка** оснований на визначенні розподілу сили ваги на поверхні Землі за допомогою спеціальних приладів – гравіметрів, варіометрів, градієнтометрів. Сила тяжіння змінюється з широтою місця та висотою точки над рівнем моря. При гравіметричній розвідці визначають не абсолютні значення сили тяжіння, а відхилення

приведеного значення від еталонного. Еталонне значення сили тяжіння розраховують за формулою Гельмерта в залежності від широти пункту спостереження. Приведене значення сили тяжіння дорівнює виміряному на фізичній поверхні Землі з врахуванням поправок на висоту точки спостереження, тяжіння мас пород та впливу рельєфу.

**Сейсморозвідка** ґрунтується на спостереженні за процесами розповсюдження в гірських породах штучно збурювальних вибухами в свердловинах, а також ударними або вібраційними генераторами пружних хвиль за допомогою сейсморозвідувальних станцій. В результаті вибуху утворюються поздовжні та поперечні хвилі, які зустрівши на своєму шляху поверхні розділу порід, переломлюються або відбиваються та повертаються до поверхні землі, де реєструються спеціальною апаратурою. Швидкість розповсюдження пружних хвиль в гірських породах залежить від мінерального складу, структури, тріщинуватості та вологості.

Сейсморозвідка виконується методом відображених хвиль або кореляційним методом переломлених хвиль.

Метод геофізичних досліджень обирають залежно від задач інженерно-геологічних вишукувань. Вивчення будови масиву ґрунтів, що включає розчленування розрізу, визначення рельєфу покрівлі скальних порід, встановлення потужності кори вивітрювання, визначення положення рівня ґрунтових вод виконують вертикальним електричним зондуванням, електропрофілюванням, методом переломлених хвиль. При встановленні та відслідковуванні зон тектонічних порушень та тріщинуватості застосовуються електропрофілювання, вертикальне електричне зондування, стандартний каротаж, сейсмоакустичні методи. Виявляють та визначають межі порожнин природного та штучного походження методами електропрофілювання, вертикальним електричним зондуванням та стандартним каротажем. Для визначення напрямку, швидкості течії та місць розвантаження підземних вод використовується метод зарядженого тіла, резистивіметрію, витратометрію та термометрію. Фізико-механічні властивості ґрунтів визначають сейсмоакустичним та радіоізотопним методами, ультразвуковим каротажем та термокаротажем. При сейсмомікрорайонуванні території застосовують сейсмоакустичні, сейсмологічні та радіоізотопні методи. Корозійну активність ґрунтів і інтенсивність блукаючих токів визначають вертикальним електричним зондуванням, електропрофілюванням та методом природного поля.

### **3.3 Розвідувальне буріння**

Для вивчення геологічного розрізу в результаті розвідувального буріння влаштовують свердловини, які дозволяють виявити послідовність залягання пластів, їх потужність, склад, консистенцію, вологість,

водність, а також відібрати зразки порід та випробувати ґрунти. Бурові свердловини дозволяють вивчити горизонтальні та пологопадаючі пласти. Буріння буває механічним, термічним, найрідше – ручним, та полягає в розрихленні ґрунту та транспортуванні розбурених часток від забою до гирла. Зруйнований ґрунт видаляється глинистим або пінистим розчином, повітрям, шнековим розчином, желонками. Найбільш розповсюджені способи проходки бурових свердловин – шнекове, роторне та колонкове-обертальне буріння, ударно-обертальне буріння та вібраційне буріння.

Спосіб буріння обирають, керуючись метою проходки, а також інженерно-геологічними та гідрогеологічними умовами.

**Шнекове буріння** застосовують для проходки піщаних та глинистих ґрунтів глибиною до 50 см. При цьому досягається висока продуктивність, оскільки процес буріння та підйому ґрунту відбувається одночасно та безперервно. Однак при шнековому бурінні трудно визначити чіткі межі окремих пластів, горизонти ґрунтових вод, порушується структура ґрунту.

**Роторне буріння** дозволяє втілити горну виробітку при будь-яких умовах глибиною більше 200 м. Порода зрізується, роздавлюється та стирається ріжучим і дроблячим долотами, які бувають шарошковими та лопатевими. Цей спосіб викликає труднощі при вивченні гірських порід в непорушеному стані.

**Колонкове буріння** використовується для проходження свердловин у всіх ґрунтах і на значну глибину. Воно дозволяє отримати зразки порід (керна) з природною структурою та вологістю.

**Ударно-обертальне буріння** має високу продуктивність та може застосовуватися для проходження будь-яких гірських порід на велику глибину. Бурова установка складається із бурового станка, бурової вишки, силового привода, обладнання для механізації пуско-підіймальних операцій. Буровий станок складається з бурового снаряду, ударної штанги та допоміжних інструментів.

Перспективним напрямом для створення обернено-поступального руху робочого органу при ударно-обертальному бурінні є використання гідропривода та гідравлічних збудників, які внаслідок відсутності привода розподільника мають простішу конструкцію, малоенергоємні та економічні.

Особливо довершені та надійні в роботі автоколивальні гідравлічні збудники, з гідравлічним зворотним зв'язком, що забезпечує просте безступінчасте регулювання частоти та амплітуди руху робочого органу бурового станка.

Конструкція гідропривідного пристрою ударної дії бурильного станка показана на рис. 3.2. Пристрій має корпус 2, що утворює з поршнем-бойком 3 порожнину 4 холостого та порожнину 5 робочого ходу, що періодично з'єднується через блок 16 керування з напірною 25

або зливною 22 магістраллю, та інструмент 1. Блок керування 16 виконаний у вигляді розміщеного в росточці 17 корпуса 2, підпружиненого пружиною 15 золотника 9, з першим 23 та другим 10 каналами, проточкою 11 та двома торцевими росточками 20 та 27, та двох різних по діаметру плунжерів 19 та 28, що розміщені в росточках 20 та 27 золотника 9 та які утворюють з ними порожнини керування 7 та 12.

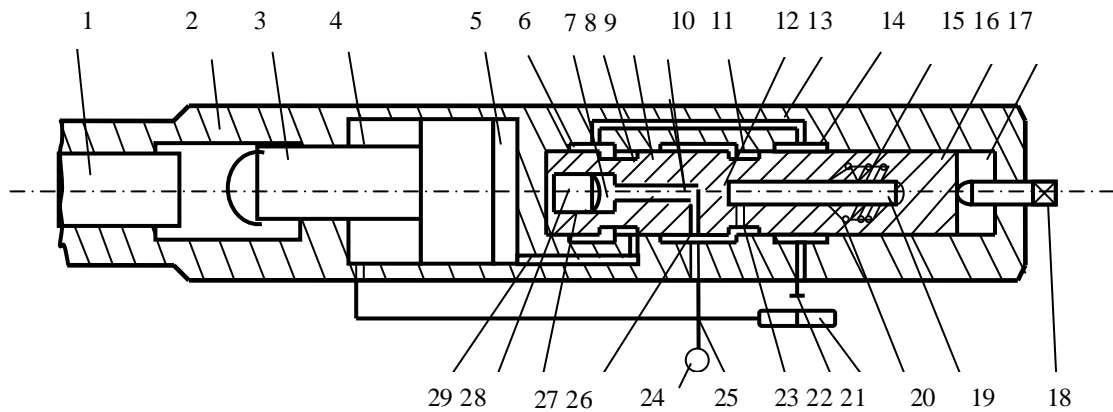


Рисунок 3.2 – Гідропривідний пристрій ударної дії бурового станка

В розточці золотника 9 зі сторони пружини 17 знаходиться найменший по діаметру плунжер 19. Перший канал 23 та проточка 11 золотника 9 періодично сполучає порожнину керування 12, що розташована зі сторони пружини 15, з напірною 25 або зливною 22 магістраллю, а другий канал 10 золотника 9 – порожнину керування 7 з напірною магістраллю 25. Порожнина холостого ходу 3 сполучена з напірною магістраллю 25 насоса 24, що має гідропневмоакумулятор 21. Золотник 9 має олієрозподільну канавку 8, а корпус – напірну 26, зливні розточки 6 та 14, які з'єднанні каналом 13, та канал 29. Блок керування 16 має регулювальний гвинт 18.

Гідропривідний ударний пристрій бурового станка працює таким чином. Робоча рідина поступає під тиском від насоса 24 в напірну магістраль 5. Відбувається зарядка гідропневмоакумулятора 21 та підвищується тиск в порожнині 4 та напірній розточці 26. Під дією тиску, що збільшується, поршень-бойок 3 зміщується в крайнє праве положення, відбувається холостий хід. При цьому порожнина 5 завдяки каналу 29, канавці 8 та зливній розточці 6 з'єднується зі зливною магістраллю. Результуюче зусилля від дії робочої рідини на плунжери 19 та 27 і золотник 9 зміщує останній праворуч, долаючи зусилля пружини 15. При цьому проточка 11 відсікається від напірної розточки 26 та сполучається зі зливною розточкою 14, в результаті чого порожнина 12 з'єднується зі зливом. Таким чином, в початковий момент зусилля торкання золотника 9 визначається добутком різниці робочих площ плунжерів 19 та 27 на

тиск поданої робочої рідини, що виникає в результаті здолання опору зусилля з боку пружини 15. Після сполучення порожнини 1 зі зливом зусилля від дії тиску робочої рідини на золотник 9 визначається тільки ефективною робочою площею плунжера 28. Це призводить до фіксованого затримання золотника 9 в крайньому правому положенні в період, коли канавка 8 в результаті зміщення золотника 9 сполучається з напірною розточкою 26. При цьому канал 29 з'єднується з порожниною 5. Відбувається розрядка гідропневмоакумулятора 21 і поршень-бойок 3 виконує робочий хід до удару з інструментом 1. Тиск в напірній магістралі 25 знижується, що призводить до повернення золотника 9 в крайнє ліве положення. Далі робочий цикл повторюється в автоматичному режимі.

Здійснюючи настройку пружини 15 за допомогою гвинта 18, можна змінювати в потрібному діапазоні тиск початку перемикавання золотника. Це дозволяє керувати енергією удару поршня-бойка по інструменту. Частота ударів регулюється зміною продуктивності насоса 24. Вибір необхідної частоти та енергії ударів забезпечує оптимальний режим буріння в залежності від параметрів гірської породи.

### **3.4 Гідрогеологічні вишукування**

При гідрогеологічних вишукуваннях детально вивчають гідрогеологічні умови з метою прогнозування їх змін при будівництві та експлуатації будівель та споруд, в тому числі можливого підтоплення території та зміни хімічного складу підземних вод.

**Технічне завдання** на інженерно-гідрологічні вишукування містить:

- цілі виконання інженерно-гідрологічних вишукувань;
- відомості про раніше виконані інженерно-гідрологічні вишукування;
- відомості про водообіг, впливи на підземну гідросферу, режим підземних вод;
- характеристику функціонувальних гідротехнічних споруд;
- схему водоносних комунікацій і топографічний план території в межах природних кордонів живлення й розвантаження водоносних горизонтів;
- технічні вимоги до результатів вишукувань.

У програмі виконання інженерно-гідрологічних робіт передбачають:

- збір і аналіз літературних і фондкових матеріалів та оцінювання можливості їх використання;
- попереднє оцінювання складності інженерно-гідрологічних умов;

- обґрунтування планового положення гідрогеологічних меж території, що підлягає вивченню;
- обсяги польових і лабораторних робіт із зазначенням методів їх виконання;
- методи виконання камеральних робіт і методи відображення отриманої інформації (таблиці, графіки, карти, схеми тощо).

Види й обсяги інженерно-гідрологічних робіт визначаються цільовим призначенням вишукувань і ступенем гідрогеологічної вивченості території. Ступінь вивченості території оцінюють із врахуванням вивченості басейну стоку (природного або виділеного в межах урбанізованої території) і складових балансу ґрунтових вод, фільтраційних характеристик ґрунтів, природних і техногенних процесів.

В гірських породах вода може знаходитися у вільному, пароподібному, твердому та фізично зв'язаному стані.

Основними водно-технічними властивостями гірських порід є вологість, вологоємність та водовіддача.

Під **природною вологістю** розуміють зміст вологи в ґрунтах природного залягання:

$$W_e = [(P_w - P_c) / P_c] \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

де  $P_w, P_c$  – відповідно маса ґрунту у вологому стані та його скелета, тобто висушеного ґрунту при температурі 105 °С.

Вологість ґрунту визначають шляхом висушування зразків, а також непрямыми методами, що ґрунтуються на змінах електроопору або капілярного натягу, теплових властивостях ґрунтів або їх властивостях ослаблювати проходження через ґрунтову вологу гамма-променів або перетворювати швидкі нейтрони в повільні.

**Вологоємність ґрунту** – це здатність його вміщувати або втримувати певну кількість води. Залежно від кількості та стану води, що є в ґрунті, розрізняють повну, найменшу капілярну вологоємність та максимальну гігроскопічність. Повна вологоємність  $W_{ia}$  відповідає стану ґрунту, при якому весь простір, що займають пори, заповнений водою:

$$W_{ia} = n / \gamma_c, \quad (3.2)$$

де  $n$  – пористість ґрунту;

$\gamma_c$  – об'ємна маса ґрунту.

Найменша вологоємність  $W_{ia}$  відповідає випадку, коли в ґрунті знаходиться найбільша можлива кількість завислої вологи. Орієнтовно найменша вологоємність дорівнює 30 – 35% об'єму в суглинкових та глинистих ґрунтах, 15 – 30% в легкосуглинкових, 6 – 15% в супіщаних та 2 – 6% в піщаних.

**Капілярною вологоємністю** називають найбільшу кількість води, яка може вміщуватися в ґрунті. Вона залежить від щільності його складу, механічного та агрегатного стану, а також висоти розміщення цього прошарку над рівнем ґрунтових вод. Характеристикою капілярної вологоємності є капілярна крива, що характеризує розподілення води над дзеркалом ґрунтових вод.

**Максимальна гігроскопічність** – це найбільша кількість парової води, яку може поглинути ґрунт із повітря, що насичено водяною паром.

Ступінь води ґрунтів характеризується **коефіцієнтом водонасичення**:

$$\hat{E}_B = \frac{W_e}{W_o}, \quad (3.3)$$

якщо  $K_B < 0,5$ , то породи вважають маловологими; при  $K_B = 0,5 \dots 0,8$  – породи вважають вологими; при  $K_B = 0,8 \dots 1,0$  породи є насиченими.

Під набуханням розуміють властивість ґрунту збільшувати свій об'єм при всмоктуванні води.

Найбільш підпадають під вплив набухання важкі глинисті ґрунти, а найменше – супіски та піски.

**Усадкою** називають здатність вологого ґрунту зменшувати свій об'єм при висиханні. Глини та суглинки дають найбільшу усадку, а супіски – найменшу.

**Размоклість** – це здатність ґрунту втрачати в'язкість у воді та перетворюватися в масу, що не чинить опір навантаженням, які діють. Характер та швидкість розмокання визначається вмістом в ґрунті глинистих частинок та водорозчинних частинок (солей), ступенем ущільнення та початковим зволоженням.

**Водовіддача** – здатність порід, що насичені до повної вологоємності, віддавати частину води шляхом вільного стікання під дією сили ваги. Водовіддача збільшується зі збільшенням пористості та пор. Найбільшу водовіддачу має галечник, а глина та торф майже не віддають воду, але вологоємність їх досить висока. Максимальна водовіддача дорівнює різниці між повною  $W_{ia}$  та найменшою  $W_{ia}$  вологоємністю.

В процесі гідрогеологічних вишукувань визначається водопроникність порід, режим підземних вод, що характеризується зміщенням їх рівня, витрати, швидкості, напрямку течії, температури та хімічного складу в часі під впливом природних або штучних факторів. Природні фактори: зміна кількості атмосферних осадків, що випадають, умови живлення та розвантаження підземних вод, а штучні фактори: зведення гребель, іригаційних та дренажних каналів, водозабір підземних

вод, водозниження або нагнітання води в свердловини, витікання води із водоводів та інші заходи, що пов'язані з діяльністю людини.

Коливання рівня підземних вод обумовлено різними умовами. Річні коливання рівня визначаються кількістю осадків, характером поверхневого та підземного стоків, випаровуванням, водопроникністю порід зони аерації, глибиною залягання підземних вод. Зведення промислових та цивільних будівель змінює природні гідрологічні умови ділянки та зазвичай призводить до поступового підвищення рівня ґрунтових вод, затоплення підвалів та підземних комунікацій.

Хімічний склад підземних вод досить різноманітний. В них можуть бути знайдені іони, що утворюють істинні розчини, колоїдні речовини, гази, органічні сполуки, тверді речовини, тваринні та рослинні мікроорганізми. Зміст окремих елементів в підземних водах залежить від термодинамічних та геохімічних умов та змінюється при зміні температури, тиску, вмісту кисню та складу порід. Природні води вміщують ряд елементів, які можуть бути агресивними відносно бетону, тобто можуть обумовлювати агресивні властивості води відносно бетону, цементу та заліза. Наявність агресивної вуглекислоти призводить до розчину та вилуджування вільного кристалічного вапна із цементу, що обумовлює послаблення міцності бетону. Під впливом сульфатів, що вміщуються в підземній воді, із підземного вапна утворюється гіпс, в результаті чого знижується міцність бетону через його розтріскування та розкришення.

Під **водопроникністю** розуміють властивість пропускати воду через пори породи. До водопроникних порід відносяться галечник, гравій, пісок, тріщинуваті породи, до напівводопроникних – торф, мергель, льос, супісок, до непроникних – глини, щільні суглинки та нетріщинуваті скальні породи.

**Інфільтрація** – рух води через товщу неводоносних порід, що відбувається при повному заповненні водою пор або тріщин. Водопроникність порід характеризується коефіцієнтом фільтрації  $\hat{E}_o$ , тобто швидкістю фільтрації при напірному градієнті рівному одиниці. Дуже водопроникні породи мають  $\hat{E}_o > 30$  м/доб; середньопроникні –  $\hat{E}_o = 1 \dots 30$  м/доб; водоупорні  $\hat{E}_o < 0,001$  м/доб. Значення коефіцієнтів фільтрації залежить від структурно-текстурних особливостей ґрунтів, розміру частинок та співвідношення окремих фракцій. Існує декілька методів визначення коефіцієнта фільтрації: польовий – шляхом проведення гідрогеологічних робіт; лабораторний – за допомогою приладів різної конструкції; розрахунковий – з використанням даних гранулометричного складу та пористості ґрунтів, за даними геофізичних досліджень.



Рух гравітаційної води в порак гірських порід підпорядковується основному закону фільтрації. Одиничні витрати потоку, тобто кількість води, що протикає за одиницю часу через переріз потоку товщиною 1 м:

а) при горизонтальному водоупорі:

$$g = K_{\phi} (h_1^2 - h_2^2) / 2, \quad (3.4)$$

б) при похилому водоупорі:

$$g = K_{\phi} (H_1 - H_2)(h_1^2 + h_2^2) / 2l, \quad (3.5)$$

де  $K_{\phi}$  – коефіцієнт фільтрації;

$h_1, h_2$  – напір води в свердловинах;

$L$  – відстань між першою та другою свердловинами;

$H_1, H_2$  – напір води в свердловинах відносно умовної горизонтальної площини.

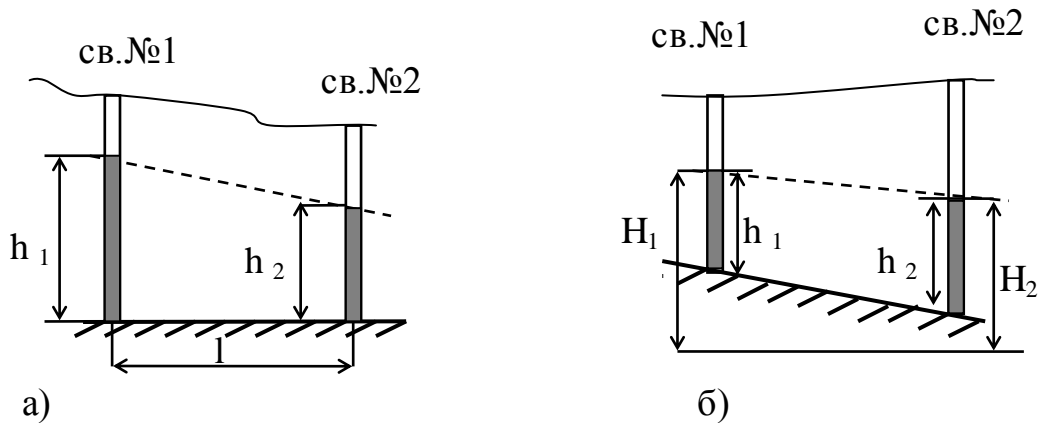


Рисунок 3.3 – Схема плоского потоку при горизонтальному (а) та похилому (б) водоупорі

При польових гідрогеологічних дослідженнях глибину та потужність водоносного безнапірного пласта знаходять замірами відстаней від гирла свердловини до дзеркала водоносного горизонту та від дзеркала підземних вод до покриття водоупорного пласта. В напірному водоносному пласті потужність горизонту визначається відстанню між верхнім та нижнім водоупорами. Рівень заміряється за допомогою хлопавки або електрорівнемірами. Спостереження за режимом ґрунтових вод повинно тривати не менше 1 року, щоб можна було виявити характер зміни режиму та в зв'язку із сезонними змінами характеру живлення підземних вод атмосферними опадами. Напрямок та уклон потоку підземних вод розраховують за матеріалами вимірювання рівня вод в системі не менше 3 свердловин. За результатами вимірювання будують карту гідроізогіпс. Лінії, що перпендикулярні до напрямку гідроізогіпс, вказують напрямок уклону водної поверхні та, відповідно, напрямок руху потоку. Швидкість підземного потоку вимірюють

використовуючи як мінімум 2 свердловини. Для цього у верхню за течією свердловину вводять індикатор та спостерігають за його появою у нижній свердловині. Залежно від конструкції індикатора та способу оцінювання появи його в нижній свердловині застосовують хімічний, колориметричний та електролітичний методи. Швидкість ґрунтового потоку та його напрямку можна встановити також методами електророзвідки при наявності тільки однієї свердловини.

Для обґрунтування проектів дренажу територій, що підтоплюються, способів тимчасового водозниження на будівельних майданчиках, тимчасового та постійного водопостачання, для визначення очікуваних втрат води із водосховищ виконують дослідні відкачки. Метод відкачок можна застосовувати з використанням як однієї свердловини, так і куца свердловин. Тривалість відкачок залежить від характеру та витрат водоносного горизонту. Для визначення водопроникненості ґрунтів, які не вміщують води, але після завершення будівництва споруд можуть виявитися заповненими водою, виконують дослідні нагнітання або наливки.

Метод виконання гідрогеологічних досліджень слід обирати залежно від гідрогеологічних параметрів, які визначаються, характеру водоносних порід, наявності відповідних приладів, потрібної точності отриманих результатів та матеріальних витрат.

Результати інженерно-гідрологічних вишукувань оформлюють у вигляді глави в звіті про комплексні інженерно-геологічні вишукування або у вигляді окремого звіту.

Звіт має містити:

- перелік і глибини залягання водоносних горизонтів у зоні активної несучої та планованої взаємодії об'єктів будівництва і підземної гідросфери;
- опис і графічне відображення граничних умов з оцінкою їх ролі у формуванні гідродинамічного режиму території;
- воднобалансові характеристики і особливості режиму підземних вод;
- гідродинамічну характеристику підземних вод;
- фільтраційні характеристики ґрунтів до глибини вивчення;
- наявність і характеристику негативних і небезпечних процесів у підземній гідросфері;
- виділення і опис інженерно-гідрологічних районів та ділянок;
- пошуковий та нормативний прогнози розвитку підземної гідросфери в зоні взаємодії;
- висновки та рекомендації.

### 3.5 Дослідження фізико-технічних властивостей ґрунтів

Для виконання обґрунтувань інженерної споруди необхідно знати фізико-технічні властивості ґрунтів (пористість, консистенцію, модуль деформації, опір зсуву тощо). Їх можна отримати шляхом лабораторних досліджень зразків порід та польовими методами.

**Пористість ґрунту** – ступінь заповнення його об'єму порами.

**Стисливість** – відображає зменшення ґрунту в об'ємі під дією зовнішнього навантаження. Ступінь стисливості ґрунтів в лабораторних умовах визначають на зразках, що знаходяться в металевій обоймі з жорсткими стінками. При польових дослідженнях модуль деформації ґрунту, що характеризується ступенем стисливості визначають дослідженням ґрунту статичними навантаженнями в свердловинах або шурфах із застосуванням штампів. Стискання ґрунту без бокового розширення називають компресійним та визначають за допомогою одометрів. За результатами компресійних досліджень ґрунту отримують графік залежності пористості від напруги.

**Опір зсуву ґрунтів** характеризує їх міцнісні властивості та обумовлений силами тертя та зчеплення, що виникають між частинками ґрунту. Дослідження на зсув можуть проводитись в шурфах або свердловинах різними методами. В лабораторних та польових умовах дослідження порід на зсув можна виконувати з використанням приладу конструкції Литвинова. За результатами досліджень будують графік граничного опору ґрунту зсуву, на якому зображується залежність зсувного зусилля від вертикального тиску.

В процесі польових досліджень фізико-механічних властивостей ґрунтів широко застосовуються динамічне та статичне зондування. При **динамічному зондуванні** визначають опір, що чинить ґрунт при забиванні в нього зонду у вигляді конуса діаметром 74 мм та кутом при вершині  $60^{\circ}$ . Зонд забивають певною кількістю ударів стандартного молотка. Результати спостережень при динамічному зондуванні подають у вигляді східчастих графіків, що характеризуються змінами опорів ґрунту укоріненню зонду, а також розраховують модуль деформації.

При **статичному зондуванні** характеристикою густини та міцності порід є зусилля, що необхідне для заглиблення зонду за допомогою домкрата на певну глибину.

Консистенцію глинистих ґрунтів з непорушеною структурою встановлюють методами мікропенетрації, що оснований на визначенні заглиблення в породу різних наконечників у вигляді голок, конусів тощо.

Лабораторні роботи виконують для визначення класифікаційних, фізичних, міцнісних, деформаційних і інших властивостей ґрунтів, а також хімічних властивостей ґрунтових вод.

Склад і обсяг лабораторних робіт установлюють, виходячи як із цільового призначення вишукувань, так і від наявності ґрунтів із особливими властивостями. Методи виконання лабораторних робіт регламентуються відповідними нормативними документами. Кількість лабораторних випробувань встановлюють у програмі виконання робіт, залежно від необхідності отримання характеристики всіх інженерно-геологічних елементів.

Полеві дослідні роботи виконують для отримання даних про властивості ґрунтів у масиві, на місці їх залягання, за неможливості отримання достовірних результатів лабораторними методами; для визначення (уточнення) перехідних коефіцієнтів від лабораторної до натурної моделі, а також під час будівництва будівель і споруд підвищеного рівня відповідальності та у районах розповсюдження ґрунтів із особливими властивостями. Кількість випробувань із визначення характеристик ґрунтів обґрунтовують у програмі виконання робіт з урахуванням попередньо виконаних визначень і складності інженерно-геологічних умов. Мінімальна кількість випробувань для одного попередньо виділеного елемента повинна бути не менше трьох.

### **3.6 Пошуки будівельних матеріалів**

До будівельних матеріалів, що використовуються як заповнювачі бетону, для облицювання, гідроізоляції висуваються такі вимоги: вони мають бути якісні, мати запас, а витрати на розробку та доставку до об'єкта мають бути мінімальні. Камінні будівельні матеріали повинні мати певну розрахункову механічну міцність в сухому та водонасиченому стані, морозостійкість, густину та пористість. Важлива характеристика пісків – гранулометричний склад та морозостійкість.

Запаси родовищ будівельних матеріалів класифікують відповідно до нерудної мінеральної сировини за ступенем розвіданості, вивченості якості та умов розроблення. До першої категорії відносять запаси, розвідані та вивчені повністю, що дає змогу встановити умови залягання, форму та будову тіла корисної копалини, її якість, умови розроблення та об'єм з похибкою 10-15%. До другої категорії належать запаси, які розвідані та вивчені з детальністю, яка дозволяє виявити тільки основні особливості умов залягання, форм та характер будови корисної копалини, її об'єм з похибкою 20-40%. До третьої категорії відносяться запаси, що розвідані та вивчені з детальністю, яка забезпечує з'ясування в загальних рисах умов залягання, форми та будови корисної копалини, її якості, технологічних властивостей, умов ведення розвідувальних робіт та об'єму з похибкою 40-50%. До четвертої категорії відносяться запаси, які оцінені попередньо. Умови залягання, форма та розповсюдження корисної копалини визначені на основі літературних даних, нечисленних

та недостатньо точних геологічних та геофізичних досліджень за матеріалами геологічних виробок.

Зміст та об'єм вишукувань будівельних матеріалів залежить від типу споруди, що проектується, її класу, стадії проектування та місцевих умов. Будівельні матеріали шукають в результаті аналізу геологічних карт та розрізів, карт четвертинних відкладень та матеріалів додаткових зйомок (геологічних). Масштаб геологічних зйомок обирають від розмірів родовищ та складності геологічної будови ділянки. Під час пошукових робіт наближено з'ясовують якість будівельних матеріалів, їх запаси, умови залягання та розробки, глибину залягання та водоінтенсивність підземних вод. Остаточну якість будівельних матеріалів визначають шляхом випробування зразків порід. Підраховують запаси, використовуючи отримані в результаті розвідки плани та геологічні розрізи.

### **3.7 Інженерно-геологічні вишукування для реконструкції**

Інженерно-геологічні вишукування для реконструкції виконують у всіх випадках реконструкції будівель та споруд.

Технічне завдання на проведення інженерно-геологічних вишукувань для реконструкції існуючих будівель та споруд повинно містити:

- найменування і строки експлуатації об'єкта;
- найменування та адресу організації-виконавця першопочаткового проекту будівництва;
- відомості про цілі реконструкції;
- технічні характеристики споруд до і після реконструкції (розміри в плані, висота, поверховість, типи фундаментів, їх заглиблення і розміри);
- дані про навантаження на основу до і після реконструкції (величина статичного навантаження, наявність динамічних і змінних статичних навантажень);
- положення в плані частин будівлі, що відрізняються за навантаженнями, часом зведення, глибиною закладення та конструкцією фундаментів тощо;
- відомості про особливості технологічного процесу до і після реконструкції (можливість замочування ґрунтів основи водою або хімічними розчинами, впливу на ґрунти високих температур, промерзання тощо);
- дані про наявність у безпосередній близькості від споруди, що реконструюватимуть, водонесучих комунікацій, штучних та природних водойм, дамб, підпірних стінок та інших режимоутворювальних факторів;

- можливість і варіанти підсилення фундаментів або ґрунтів;
- особливі вимоги до матеріалів інженерно-геологічних вишукувань, точності та забезпеченості отримуваних даних.

Складанню програми виконання робіт передуює збір та детальне вивчення архівних матеріалів з інженерних вишукувань, першопочаткового проекту будівництва та інженерної підготовки території, документів про наявність та стан захисних споруд і підземних комунікацій, візуальний огляд споруди з метою виявлення деформацій конструкцій.

Склад, обсяг та методику робіт з інженерно-геологічних вишукувань визначають залежно від виду реконструкції, геотехнічної категорії (додаток Ж), рівня відповідальності будівлі та її технічного стану.

Інженерно-геологічні вишукування для реконструкції повинні забезпечити комплексне вивчення умов ділянки з урахуванням техногенного впливу, прогнозування змін умов після реконструкції, бути достатніми для вибору та розроблення найбільш надійного і економічного доцільного проектного рішення при реконструкції будь-якого виду.

Проводячи польові вишуквальні роботи (бурові, гірничопрхідницькі тощо), необхідно виключити вплив на фундаменти та на ґрунти основи споруди, яку реконструюватимуть. Порушення покриття, вимощення, гідроізоляція повинні бути відновлені забудовником після закінчення польових вишуквальних робіт.

Число свердловин і точок зондування приймають у кількості, достатній для визначення умов залягання і фізико-механічних властивостей ґрунтів, виділення ділянок зі зміненим станом ґрунтів у результаті техногенного впливу.

Проходку шурфів здійснюють з метою визначення глибини закладання, конструкцій й стану фундаментів, відбору проб ґрунтів з активної зони під фундаменти. Розташування шурфів визначають разом із проектною організацією, виходячи з конструктивних особливостей фундаменту, схеми його заглиблення, положення зон деформування (осадок, кренів), ділянок особливих впливі на ґрунти основи. Глибина шурфу має забезпечувати можливість відбору моноліту з глибини не менше 0,5 м нижче подошви фундаменту.

Геофізичні методи застосовують з метою вивчення стану ґрунтів, картування аномальних зон, прогнозування розвитку природних і техногенних процесів, визначення глибини закладання та стану фундаментів, пошуку похованих фундаментів, конструкцій, порожнин.

Результати інженерно-геологічних вишукувань для реконструкції будівель та споруд оформлюють у вигляді звіту. У звіті на підставі порівняння результатів вишукувань і архівних даних повинен бути

зроблений висновок про зміну інженерно-геологічних умов майданчика, спричинених будівництвом та експлуатацією споруди, яку реконструюватимуть, зроблений прогноз можливості їх подальших змін після проведення реконструкції. На інженерно-геологічні розрізи виносять фундаменти існуючих і знесених будинків, котловани, поховані конструкції та порожнини, підпірні стінки, ділянки хімічного закріплення ґрунтів тощо. За необхідності до звіту включають розділи: “Результати спеціальних досліджень”; “Аналіз можливих причин деформацій будинків (споруд)”.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Зміст інженерно-геологічних вишукувань.
2. Фізичні властивості ґрунту.
3. Які причини забрудненості ґрунтів?
4. Програма інженерно-геологічних вишукувань.
5. Склад робіт при інженерно-геологічних вишукуваннях.
6. Для чого виконують геофізичні роботи?
7. Як і для чого виконують бурові та гірничопрохідницькі роботи?
8. Для чого виконують геотехнічні вишукування?
9. Які роботи включають геотехнічні вишукування?
10. Що таке стаціонарне спостереження?
11. Вивчення інженерно-геологічних процесів і явищ.
12. Що містить камеральне оброблення матеріалів при інженерно-геологічних вишукуваннях?
13. Склад робіт при інженерно-геологічній розвідці.
14. Особливості геофізичних методів розвідки.
15. Особливості електророзвідки, магніторозвідки, гравіметричної розвідки, сейсморозвідки.
16. Технічне завдання та програма гідрогеологічних вишукувань
17. Зміст звіту про інженерно-гідрологічні вишукування.
18. Водно-технічні властивості гірських порід.
19. Дослідження фізико-технічних властивостей ґрунтів.
20. Класифікація запасів родовищ.
21. Інженерно-геологічні вишукування для реконструкції будівель та споруд.

## 4 ІНЖЕНЕРНО-ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ВИШУКУВАННЯ

### 4.1 Склад та задачі інженерно - гідрометеорологічних вишукувань

Інженерно-гідрометеорологічні вишукування виконуються з метою комплексного вивчення гідрометеорологічних умов району будівництва та отримання матеріалів і даних, необхідних для проектування об'єктів та оцінювання можливих змін гідрометеорологічних умов території та акваторії під впливом антропогенних умов.

До складу інженерно-гідрометеорологічних вишукувань входять:

- інженерно-метеорологічні вишукування, які виконують для визначення метеорологічного режиму та кліматичних характеристик території, мікрокліматичних особливостей майданчика об'єкта будівництва, наявності та ступеня впливу небезпечних метеорологічних явищ і процесів;
- інженерно-гідрологічні вишукування, які виконують для визначення гідрологічного режиму території суходолу, прилеглого до майданчика будівництва, режиму водних об'єктів, у зоні впливу яких перебуває майданчик, визначення розрахункових гідрологічних характеристик, ступеня впливу небезпечних гідрологічних явищ і процесів;
- морські інженерно-гідрологічні вишукування, які виконують для визначення водного режиму акваторій морів, великих озер і водоймищ, у зоні впливу яких перебуває майданчик будівництва, визначення розрахункових характеристик, ступеня впливу небезпечних явищ і процесів, пов'язаних із цими акваторіями.

Інженерно-гідрометеорологічні вишукування виконують у комплексі з іншими видами вишукувань (або передують їм), для:

- вибору місця майданчика будівництва;
- розроблення генеральних планів населених пунктів;
- прийняття проектних рішень та проектування об'єкта;
- забезпечення вихідними даними при розробленні матеріалів оцінки впливу об'єкта будівництва на навколишнє середовище.

До складу інженерно-гідрометеорологічних вишукувань входять такі види робіт:

- збір, аналіз та узагальнення даних про гідрогеологічні та метеорологічні умови району будівництва з метою оцінки їх репрезентативності та достатності;
- рекогносцирування району будівництва;



- гідрологічні та метеорологічні спостереження на станції та постах і дослідження;
- вивчення небезпечних явищ і процесів;
- камеральне оброблення матеріалів вишукувань;
- визначення за матеріалами вишукувань та досліджень необхідних для проектування розрахункових метеорологічних, кліматичних і гідрологічних характеристик;
- прогноз зміни розрахункових характеристик і можливості активізації небезпечних явищ під впливом планової діяльності;
- визначення розрахункового ризику небезпечних явищ і процесів;
- складання звіту.

Основою для інженерно-гідрометеорологічних вишукувань є матеріали багаторічних спостережень, що виконуються органами Держкомгідромета, а також короткочасними спостереженнями, що виконуються вишукувальними організаціями. Особливу увагу звертають на виявлення екстремальних значень гідрологічних та метеорологічних характеристик. Тривалість та строки спостережень за гідрометеорологічними характеристиками в період появи їх екстремальних значень повинні забезпечувати реєстрацію екстремуму, а також хід нарощення та спаду значення явища, що досліджується.

Необхідно приділяти увагу ступені репрезентативності діючих станцій та постів гідрометеорологічних досліджень. Як додаток до основних спостережень в процесі вишукувань відповідно до спеціальних програм досліджують малі водозбори, на яких можливе утворення лавин та селєвих потоків; вивчають руслові процеси та можливість переробки берегів водотоків та водоймищ, зимовий режим рік, хвилювання, морфологію та динаміку прибережної зони; досліджують гідрологічні умови в гирлах рік, агресивні властивості води, а для споруд, що розміщені в особливо складних умовах, виконують експериментальні дослідження, які включають фізичне моделювання.

Для оцінювання можливих змін природного середовища під впливом будівництва та експлуатації підприємств, будівель та споруд додатково збирають дані про існуючі джерела забруднення атмосфери та гідросфери і санітарно-гігієнічні умови. З цією метою спостерігають за змінами рівня забруднення атмосфери в районі робіт в характерні періоди шляхом відбору проб повітря та води і проведення повного хімічного та бактеріального аналізів. Спостереження ведуть також за повітряними потоками на висоті існуючих та проектних джерел викиду речовин в атмосферу; за течіями, рівнями і витратами води та змінами її хімічного та бактеріологічного складу в різні фази гідрологічного режиму в місцях

викиду забруднювальних речовин. Окрім того спостерігають за переробкою берегів водостоків та водоймищ, зміною руслових процесів, водного балансу, водообміну, водоутворення та іншими компонентами гідрометеорологічних умов, що можуть змінюватися під впливом антропогенних факторів. Для всіх гідрометеорологічних характеристик необхідно визначити їх екстремальне значення.

За результатами інженерно-гідрологічних вишукувань складають звіт.

#### **4.2 Джерела гідролого-кліматичної інформації**

Збір матеріалів гідролого-кліматичних вишукувань та досліджень необхідно проводити: в органах Державного фонду гідрометеорологічних матеріалів; науково-технічних гідрологічних та кліматологічних публікаціях; за результатами польових вишукувань та досліджень; за результатами регіональних наукових узагальнень та досліджень, розрахунків відповідно до регіональних методик.

Середні багаторічні відомості про сонячну радіацію, радіаційний баланс, температуру повітря та ґрунту, повітряний режим, хмарність та атмосферні явища можна отримати в довідниковій літературі про клімат України.

Відомості про щоденні рівні та витрати води по всіх створах річок, на яких проводяться гідрологічні вишукування; відомості про твердий стік, температуру та хімічний склад води, товщу криги, швидкості, ширину та глибину потоків розміщені в щорічних гідрологічних довідниках.

Гідрографічні характеристики водозборів річок (середній уклон ріки, озерність, заболоченість, лісистість, густина балкової мережі, середня висота та уклон водозбору), значення за кожний рік максимальних витрат, шару стоку паводка, дати початку та кінця паводка та піку проходження паводка, середнє найбільше та найменше за всі роки спостереження значення рівнів та їх дати, середні місячні та річні витрати, модуль та шар стоку за кожний рік від початку спостережень; відомості про пересихання та перемерзання рік; дані про рівні, температуру води, льодові явища на озерах можна знайти в багатотомному довіднику “Основні гідрологічні характеристики”.

Відомості про характеристики сніжного покриву, випаровування та агрокліматичні дані, агрогідрологічні константи та вологість ґрунту розміщені в багатотомних довідниках “Матеріали спостережень за сніговим покривом”, “Матеріали спостережень над випаровуванням з водної поверхні”, “Агрокліматичний довідник” та “Агрокліматичні ресурси” тощо.

Також гідролого-кліматичну інформацію можна отримати через кліматичні та гідрологічні сайти мережі Internet.

## 4.3 Фізичні процеси в атмосфері

### 4.3.1 Основні фізичні параметри стану атмосфери і метеорологічні елементи

При проектуванні й експлуатації споруд визначальними є фізичні явища і процеси, що протікають в атмосфері. До цих процесів і явищ відносяться проходження сонячної радіації, термодинамічні процеси, рухи атмосферного повітря різних масштабів, перетворення водяної пари й льоду, оптичні й електричні явища тощо.

Кількісна характеристика стану атмосфери в певний момент часу визначається такими фізичними параметрами та метеорологічними елементами:

- сонячною радіацією та радіаційним балансом;
- температурою, тиском, вологістю і густиною повітря та їх розподіленням;
- швидкістю і напрямом вітру, градієнтом швидкості;
- видом, інтенсивністю та кількістю опадів;
- границею видимості.

Всі ці метеорологічні елементи тісно пов'язані між собою. За зміною одних метеорологічних елементів можна робити висновки про можливі зміни інших елементів та явищ.

Фізичними процесами, що супроводжуються якісною зміною стану атмосфери, є тумани, грози, снігопади, урагани і т. п. В залежності від типу процесів фізика атмосфери поділяється на три підрозділи:

- фізика приземного шару атмосфери, що за висотою становить декілька десятків метрів;
- фізика вільної атмосфери, або аерологія, що за висотою становить до 100 км;
- фізика верхніх шарів атмосфери, або аерономія, що за висотою становить тисячі кілометрів.

Основними компонентами газового складу атмосферного повітря є азот (78,095%) та кисень (20,95%). Крім газів у фізичному складі атмосферного повітря є дуже дрібні й рідкі частинки аерозолі, а також радіоактивні та іонізовані частинки. Склад водяної пари в атмосферному повітрі коливається від 4% до надзвичайно малих значень. На висотах 15...45 км знаходиться шар озону, що поглинає ультрафіолетову радіацію, особливо в області 0,15...0,25 мкм. Тверді й рідкі домішки є ядрами конденсації водяної пари в атмосфері.

На висоті всього 10 км густина повітря становить тільки третину від приземної густини, а на висоті 100 км – лише одну мільйонну частину.

Найбільш суттєву роль в зміні стану атмосферного повітря відіграють атмосферні вихри, циклони й антициклони. Циклони й

антициклони переміщуються. Особливу роль в цих процесах мають атмосферні фронти, що розділяють теплі й холодні повітряні маси.

Використовуючи закони фізики й методи фізичних досліджень, вивчають явища й процеси, що відбуваються в земній атмосфері, та встановлюють їх причини й взаємозв'язок. Однією з основних задач цих досліджень є можливість передбачення подальшого розвитку явищ й процесів, що впливають на характер забруднення атмосферного повітря.

#### 4.3.2 Радіаційні процеси в атмосфері

Джерелом енергії на Землі, всіх явищ і процесів, що проходять на земній поверхні і в атмосфері, є промениста енергія, яка безперервно надходить від Сонця. Потік сонячної енергії, перпендикулярний до поверхні верхньої границі атмосфери, називається **сонячною сталою**, що дорівнює  $S_0=1,382$  кВт/м<sup>2</sup>. За добу поверхня Землі дістає від Сонця більше тепла, ніж його могло б дати все палне, що спалене людством за 1000 років при теперішній річній втраті.

Температура видимої поверхні Сонця – фотосфери, що випромінює радіацію – становить 6000°К. Температура “плям” у фотосфері – порядку 4500°К. Кількість “плям” періодично змінюється. Роки максимумів та мінімумів чергуються в середньому через 11 років. В роки максимумів в атмосфері Землі відбуваються значні відхилення в протіканні різних явищ.

При вивченні сонячної радіації, земного і атмосферного випромінювання використовують закони теплового випромінювання.

Закон Кірхгофа встановлює зв'язок між випромінювальною і поглинальною здатністю тіл:

$$\frac{L_0}{\hat{\epsilon}_0} = \text{const} , \quad (4.1)$$

де  $L_0$  – випромінювальна здатність, що дорівнює кількості енергії для певної довжини електромагнітної хвилі, що випускається за одну секунду одним квадратним сантиметром поверхні тіла при температурі  $T$  (Вт/м<sup>2</sup>);

$\hat{\epsilon}_0$  – поглинальна здатність, що вимірюється відношенням променистої енергії, яка поглиналась тілом при температурі  $T$ , до повної енергії, яку отримало тіло.

Закон Стефана-Больцмана характеризує залежність випромінювальної здатності абсолютно чорного тіла від його температури

$$\dot{A} = \sigma T^4 , \quad (4.2)$$

де  $\dot{A}$  – кількість променистої енергії, що випромінюється одиницею поверхні тіла за одиницю часу, кВт/м<sup>2</sup>;

$\sigma$  – постійна Стефана-Больцмана,  $\sigma = 5,6 \times 10^{-11}$  кВт/м<sup>2</sup>.

Потрапляючи на верхню границю атмосфери, сонячна радіація знаходиться у межах довжини електромагнітних хвиль 0,17...4,0 мкм. Видима частина з довжиною хвиль 0,40...0,76 мкм становить 48%, ультрафіолетова частина з довжиною хвиль 0,17...0,4 мкм – 7% та інфрачервона частина з довжиною хвиль більше 0,76 мкм – 45% .

При проходженні атмосфери частина випромінювання поглинається озоном, киснем, вуглекислим газом та водяною парою. Короткохвильова частина випромінювання поглинається сильніше, до Землі приходить більш довгохвильове випромінювання, інфрачервоне випромінювання нагріває Землю. Завдяки розсіюванню радіації молекулами повітря і частинами пилу пряма сонячна радіація ослабляється, але збільшується розсіяна в атмосфері. Короткохвильова радіація розсіюється більше, ніж довгохвильова.

Інтенсивність прямої сонячної радіації визначається висотою Сонця ( $h$ ), прозорістю атмосфери й висотою спостереження. Частина довгохвильового спектра поглинається більше, коли в атмосфері більше водяної пари. Наявність пилу зменшує пряму і збільшує розсіяну сонячну радіацію в атмосфері.

Кількість енергії, що падає на горизонтальну поверхню, тобто інсоляція, залежить від кута падіння променів на площадку

$$S = S_0 \cdot \sinh, \quad (4.3)$$

де  $S_0$  – потік енергії на перпендикулярну до потоку площадку;

$h$  – висота Сонця.

Добовий хід інтенсивності прямої сонячної радіації на поверхні Землі був би симетричним відносно обіду, якби прозорість атмосфери протягом дня не змінювалась. Але фактична крива добового ходу є нижчою від теоретичної та несиметричною, оскільки прозорість після обіду за рахунок прогріву атмосфери і висхідних течій знижується. У середніх широтах в річному ході прямої сонячної радіації максимум припадає на квітень – травень, а мінімум – на грудень.

Сума тепла прямої сонячної радіації – сума енергії сонячного випромінювання, що отримує одиниця площі поверхні Землі за певний проміжок часу (година, доба, місяць, рік). На території України при середній прозорості атмосфери земна поверхня отримує більше 60% сонячної радіації, що проходить на верхню межу атмосфери. Це обумовлено значним впливом хмарності.

**Інтенсивність розсіяної радіації** – це потік розсіяної сонячної енергії, що припадає на одиницю горизонтальної поверхні. Інтенсивність розсіяної радіації визначається висотою Сонця, прозорістю атмосфери, хмарністю і наявністю снігового покриття. Невеличка частина розсіяної радіації повертається назад у космічний простір. Значна її частина досягає земної поверхні та збільшує надходження теплової енергії. Завдяки

розсіюванню існує денна освітленість при суцільних хмарах та видимість предметів, що знаходяться в тіні.

**Сумарна радіація** – це сума прямої радіації на горизонтальну поверхню  $S$  та розсіяної  $D$  :

$$Q = S + D. \quad (4.4)$$

Сумарна радіація змінюється в широких межах в залежності від висоти Сонця, широти місцевості, прозорості атмосфери тощо.

Частина потоку сонячної енергії відбивається від земної поверхні. **Альbedo** – це відношення потоку сонячної короткохвильової радіації  $Q_B$ , відбитої від земної поверхні, до сумарної радіації, що надходить на цю поверхню:

$$A = Q_B / Q. \quad (4.5)$$

Альbedo виражається в частках одиниці або в процентах і змінюється в межах 0,08...0,8.

Поглинута земною поверхнею сонячна радіація

$$Q_f = Q(1 - A). \quad (4.6)$$

**Ефективне випромінювання Землі** – це різниця між власним довгохвильовим випромінюванням земної поверхні і поглинутою частиною зустрічного випромінювання атмосфери. В практичних розрахунках визначається за формулою М. І. Будико:

$$J_e = J_o(1 - cn) + 4\sigma\delta T^3(T_f - T), \quad (4.7)$$

де  $J_o$  – ефективне випромінювання при безхмарному небі;

$n$  – середня хмарність;

$c$  – коефіцієнт, значення якого 0,08...0,8;

$\delta$  – коефіцієнт, що характеризує відмінність властивостей випромінювальної поверхні від властивостей чорного тіла і рівний 0,95;

$\sigma$  – стала Стефана-Больцмана;

$T$  – абсолютна температура повітря;

$T_f$  – абсолютна температура випромінювальної поверхні.

**Радіаційний баланс земної поверхні** – це різниця потоків променевої енергії, що надходять на поверхню Землі і втрачаються нею:

$$R = (S + D)(1 - A) - J_e. \quad (4.8)$$

Якщо  $R > 0$ , то земна поверхня нагрівається, і навпаки.

Радіаційний баланс системи Земля – атмосфера визначається як баланс у потоках сонячної енергії між вертикальним стовпом атмосфери із висотою до верхньої межі та земною поверхнею:

$$R = (S + D)(1 - A) + Q - E, \quad (4.9)$$

де  $Q$  – кількість радіації, що поглинається атмосферою;

$E$  – кількість радіації, що відходить у світовий простір.

На території України поглинена радіація в середньому за рік становить 3100...3200 МДж/м<sup>2</sup> в північних районах, 4200...4300 МДж/м<sup>2</sup> на південному березі Криму, а радіаційний баланс відповідно змінюється від 1700 МДж/м<sup>2</sup> до 2600 МДж/м<sup>2</sup>.

Середня річна величина радіаційного балансу у Вінницькій області змінюється від 1800 МДж/м<sup>2</sup> на півночі до 2000 МДж/м<sup>2</sup> на півдні. Влітку радіаційний баланс по області змінюється в межах 920...1000 МДж/м<sup>2</sup>. Взимку на півночі області він складає 17 МДж/м<sup>2</sup>, на півдні – 33 МДж/м<sup>2</sup>. В грудні та січні радіаційний баланс від'ємний, тобто земна поверхня втрачає більше тепла, ніж отримує його від Сонця.

### 4.3.3 Тепловий режим атмосфери

Тепловий режим атмосфери визначається процесами нагрівання й охолодження атмосферного повітря. Основним джерелом нагрівання повітря є земна поверхня, тому що поглинання короткохвильової сонячної радіації в атмосфері є періодичним. В день земна поверхня нагрівається більше від повітря, бо інсоляція переважає над випромінюванням. Тепло передається від повітря до ґрунту. Вночі ґрунт втрачає тепло внаслідок випромінювання і його температура нижча від повітря.

Передача тепла від ґрунту до повітря відбувається за рахунок таких процесів: молекулярної теплопровідності, теплової конвенції, турбулентності, опромінення та переносу тепла у прихованому вигляді разом з водяною парою. Мають місце також адвективні процеси внаслідок перенесення тепла або холоду повітряними потоками в горизонтальному напрямі.

На нагрівання повітря впливає характер підстильної поверхні землі. Цей вплив особливо проявляється в приземному шарі повітря товщиною до 2 метрів. З висотою цей вплив ослаблюється. В високих шарах внаслідок турбулентного змішування температура в вертикальному й горизонтальному напрямках вирівнюється.

Добовий хід температури повітря визначається: широтою місця, часом року, рельєфом, характером підстильної поверхні, хмарністю та висотою над поверхнею ґрунту. Із збільшенням широти температура зменшується. Випуклі форми рельєфу зменшують амплітуду добових коливань, а вгнуті – збільшують. Над сушею амплітуда добових коливань температури становить 10...15°C. У світлі дні амплітуда добових коливань є більшою, ніж у хмарні. Взимку добові коливання температури згасають на висоті 0,5 км, а влітку є суттєвими навіть на висоті 1,5...2,0 км.

Річний хід температури повітря визначається характером середніх місячних величин. Максимум температури спостерігається в липні, а

мінімум – в січні. Із збільшенням широти місцевості річна амплітуда температури збільшується і досягає значень 50...70°C.

**Вертикальний температурний градієнт** – це зміна температури атмосферного повітря на кожні 100 м висоти, що взята з протилежним знаком:

$$\Delta t = \frac{t_B - t_H}{H_B - H_H} \cdot 100\% \quad (4.10)$$

де  $t_B$  – температура повітря на висоті  $H_B$ ;

$t_H$  – температура повітря на висоті  $H_H$ .

Якщо  $t_B < t_H$ , то вертикальний температурний градієнт  $\Delta t$  додатний, і навпаки.

Вертикальний температурний градієнт визначає вертикальний розподіл температури в нерухомій атмосфері, який називається термічною стратифікацією атмосфери. Шар повітря, в якому  $\Delta t = 0$ , називається шаром ізотермії. Коли вертикальний температурний градієнт змінюється з висотою, шар повітря називається шаром інверсії. Вертикальний температурний градієнт на висоті до 3 км становить близько 0,5°C/100 м.

Вирішальна роль у поширенні тепла в атмосфері належить вертикальному обміну, тобто висхідним й низхідним рухам повітря. Інтенсивність вертикальних рухів в атмосфері залежить від вертикальної рівноваги, яка може бути стійкою, байдужою та нестійкою. Стійка рівновага – це такий стан повітряного шару, коли при будь-якому вертикальному зміщенні повітряної маси всередині цього шару виникають сили, що перешкоджають цьому зміщенню і повертають цю зміщену масу повітря на її попередній рівень. При байдужій рівновазі не виникають протидійні сили. Нестійка рівновага повітряного шару виникає тоді, коли при будь-якому русі повітряної маси існують сили, що підтримують це зміщення.

**Рівень конвекції** – це висота, на якій висхідні рухи повітря припиняються. Рівень конвекції залежить від початкової різниці температур і від вертикального градієнта температури. При великих значеннях вертикальних температурних градієнтів створюється дуже нестійка приземна стратифікація. Внаслідок цього утворюються енергійні конвективні потоки.

В приземній атмосфері завжди спостерігаються шари інверсії, які за походженням бувають радіаційні і адвективні. Радіаційні інверсії утворюються при охолодженні земної поверхні внаслідок нічного випромінювання. Взимку інверсійні приземні шари можуть досягати висоти сотень метрів. Особливо сильними радіаційні інверсії є в тихі та ясні ночі. Приземна радіаційна інверсія підсилюється в умовах різко вираженого рельєфу, де охолоджене повітря стікає в низини й улоговини.



Адвективні інверсії утворюються, коли тепле повітря припливає на більш холодну підстильну поверхню.

Термічний режим повітря на території України залежить від радіаційного й теплового балансів. Багаторічні середні добові температури повітря досягають найбільших значень (20...25°C) в третій декаді липня, а найнижчі середні добові температури (-10...-3°C) спостерігаються в третій декаді січня. Літом середні місячні температури змінюються від 17...19°C на півночі до 22...24°C в південних районах. Середні місячні температури зимою досягають -8°C на північному сході і підвищуються на півдні до +4°C в Криму.

Середня річна температура повітря на Вінниччині змінюється від 6,9°C на півночі до 8,9°C на півдні. На річний хід температури повітря на території області значно впливає особливість розвитку атмосферної циркуляції. Середня температура повітря січня змінюється від +2°C до -15,4°C при багаторічній нормі – -5,3°C. Липень характеризується найвищою середньомісячною температурою, яка по області становить +19°C. Екстремальні температури повітря визначаються атмосферними процесами. Спостерігалися абсолютний максимум температури повітря (+40°C) та абсолютний мінімум (-35°C).

#### 4.3.4 Водяна пара в атмосфері

Кількість водяної пари в атмосфері визначається фізико-географічними умовами місцевості, умовами погоди, періоду року чи доби. Водяна пара є найбільш мінливою складовою атмосферного повітря.

Водяна пара в атмосфері створює парціальний тиск, який називається пружністю пари ( $e$ ). При збільшенні пружності пари в повітрі досягається її критичне значення, що відповідає стану рівноваги (насичення). Стан насичення характеризується максимальною пружністю ( $E$ ) водяної пари при даній температурі  $t$ , величина якої обчислюється за емпіричною формулою, ГПа:

$$\dot{A} = 6,1 \cdot 10^{7,63t/(242+t)}. \quad (4.11)$$

Випаровування в природних умовах з різних ділянок земної поверхні характеризується інтенсивністю випаровування, яку можна обчислити за формулою, кг/м<sup>2</sup>с:

$$C = cv(E - e), \quad (4.12)$$

де  $c$  – коефіцієнт, що залежить від висоти вимірювання парціального тиску;

$v$  – швидкість вітру над поверхнею.

В природних умовах водяна пара постійно надходить в навколишнє середовище, але лише в незначній товщі приземного шару повітря стан її є близьким до насичення.

На величину випаровування в природних умовах впливають наявні теплоенергетичні та водні ресурси, фізичні властивості ґрунту, рельєф та характер рослинного покриття. Величину сумарного випаровування можна визначити за формулою, яку запропонував В. С. Мезенцев:

$$Z = Z_m \left[ 1 - \left( \frac{X + W_1 - W_2}{Z_m} \right)^{-n} \right]^{\frac{1}{n}}, \quad (4.13)$$

де  $Z_m$  – водний еквівалент теплоенергетичних ресурсів процесу сумарного випаровування;

$X$  – кількість опадів;

$W_1, W_2$  – запаси вологи в ґрунті на початок та кінець періоду;

$n$  – параметр, що характеризує ландшафтні умови підстильної поверхні.

Величини, що характеризують вологість повітря, це абсолютна й відносна вологість, дефіцит вологості, вологовміст та дефіцит точки роси.

**Абсолютна вологість** – це маса водяної пари, що вміщується в одиничному об'ємі повітря, г/м<sup>3</sup>

$$a = 217 e/T, \quad (4.14)$$

де  $e$  – пружність пари, Па;

$T$  – температура повітря, °К.

**Відносна вологість** – це відношення пружності пари до максимальної пружності водяної пари при даній температурі, %

$$\varphi = e/E \times 100. \quad (4.15)$$

**Дефіцит вологості** визначається за формулою, Па:

$$\Delta e = E - e. \quad (4.16)$$

**Вологовміст** – це відношення маси водяної пари до маси сухого повітря, що вміщується в даному об'ємі, г/кг:

$$d = 622 e/(P - e), \quad (4.17)$$

де  $P$  – маса волого повітря, кг.

**Дефіцит точки роси** – це різниця між температурою повітря ( $t$ ) і точкою роси ( $t_p$ ):

$$\Delta t = t - t_p. \quad (4.18)$$

Розподіл пружності водяної пари з висотою залежить від характеру процесів випаровування й конденсації, температурних умов, утворення

опадів, конвективного й турбулентного обмінів. За рахунок віддаленості від джерел випаровування та зниження температури кількість водяної пари в атмосфері з висотою зменшується. Відносна вологість також знижується з висотою, але нерівномірно. При перевищенні максимальних значень пружності пари вода з пароподібного стану переходить в рідкий або твердий стан. Внаслідок конденсації утворюються краплі дощу або туман, а в результаті сублімації – сніг або град.

Конденсація парів води в неочищеному від домішок повітрі відбувається при відносній вологості 110...120%. Ядрами конденсації є пил, аерозолі, зола тощо. Більша частина дрібних крапель води в атмосфері при температурах -12...-17°C утворює тверді кристали льоду чи снігу. Великі краплини води можуть замерзнути при температурах ближчих до 0°C.

При конденсації або сублімації водяної пари у нижніх шарах атмосфери утворюються дуже дрібні краплі води або кристали льоду. В залежності від діаметра краплинок спостерігаються тумани або димка. За умовами охолодження атмосфери тумани поділяються на адвективні та радіаційні.

Хмари утворюються в результаті адіабатичного охолодження, тобто виділення прихованої теплоти конденсації чи сублімації, конвективно піднятого повітря або охолодження його радіацією. В залежності від типів процесів, що переважають в атмосфері (конвекція, турбулентність, радіаційне охолодження, фронтальні явища), утворюються різні типи хмар, а саме: хвилясті, перисті, шаруваті або купчасто-кучові. Хмарність визначається візуально за десятибальною міжнародною шкалою. Розпізнають такий стан неба: 0-2 бали – ясне небо, 3-7 балів – напівясне, 8-10 балів, коли усе небо покрито хмарами, похмуро.

Відносна вологість в середньому за рік по всій Україні складає 63...70%, а в горах становить 73...75%. Влітку середні місячні величини відносної вологості на рівнинних територіях складають 55...60%, а в східних районах досягають значень 45...49% та підвищуються в горах до 66...70%. Взимку на всій території середні місячні значення відносної вологості складають біля 80%. В середньому за рік величини випаровування складають 300...350 мм на півдні та досягають 500 мм в північно-західних районах і 600 мм в Карпатах.

Парціальний тиск водяної пари на території Вінниччини має чіткий річний хід і збільшується з півночі на південь. Мінімальні значення парціальний тиск (3,7...4,7 ГПа) приймає в холодні місяці року. Найбільше значення парціального тиску водяної пари (15...16 ГПа) спостерігається в липні. Величина річного парціального тиску в середньому по області складає 8,9 ГПа. Найбільше значення відносна вологість над Вінниччиною має взимку (92...96%). Весна є найбільш сухим періодом року, а в травні спостерігається найменша відносна вологість (68%).

Середній багаторічний дефіцит вологості взимку становить 0,6...0,7 ГПа, а найбільші значення в липні місяці (6,7...7,2 ГПа).

Середні багаторічні значення сумарного випаровування по області складають 510...540 мм/рік. Літом випаровування становить 80...100 мм на місяць. Найбільша хмарність (6...8 балів) спостерігається в зимові місяці, а найменша (3...5 балів) – у серпні.

#### 4.3.5 Атмосферний тиск

**Атмосферний тиск** – вага стовпа атмосферного повітря з площею основи  $1 \text{ м}^2$ , що знаходиться над нею і тягнеться до верхньої межі атмосфери. Атмосферний тиск в даному місці постійно змінюється, що обумовлено нагріванням і охолодженням повітря та іншими атмосферними процесами.

За стандартний атмосферний тиск приймають такий, що дорівнює вазі ртутного стовпа висотою 760 мм площею перерізу  $1 \text{ м}^2$  при температурі  $0^\circ\text{C}$  на рівні моря і на широті  $45^\circ$ .

Одиницею вимірювання тиску є паскаль (Па) та гектопаскаль (ГПа). Нормальний тиск атмосфери складає 1013 ГПа.

З висотою сумарна маса стовпа атмосферного повітря зменшується, отже і атмосферний тиск падає. Залежність між висотою й тиском з врахуванням зміни вологості описується барометричною формулою Лапласа:

$$H_2 - H_1 = 18400(1 + \alpha) \left( 1 + 0,378 \frac{e}{p} \right) (1 + 0,0026 \cos 2\varphi) (1 + \beta_2) \log \frac{P_1}{P_2}, \quad (4.19)$$

де  $H = (H_1 + H_2)/2$  – висота над рівнем моря середини шару атмосфери, що розглядається;

$t, e, p$  – середні за висотою шару значення температури, відносної вологості та тиску атмосфери;

$P_1$  та  $P_2$  – тиск температури на відповідних висотах  $H_1$  та  $H_2$ ;

$\varphi$  – широта місцевості;

$\alpha$  – температурний коефіцієнт;

$\beta$  – коефіцієнт, що характеризує зміну прискорення вільного падіння.

**Баричним ступенем** називається висота  $h$ , на яку треба опуститися або піднятися, щоб тиск змінився на 1 ГПа, м/ГПа

$$h = \Delta H / \Delta p. \quad (4.20)$$

При нормальному тиску  $p_0 = 1013 \text{ ГПа}$  і  $t = 0^\circ\text{C}$ , баричний ступінь  $h = 7,8 \text{ м/ГПа}$ .

**Вертикальний баричний градієнт** – це величина, що обернена до баричного ступеня і означає зміну тиску при переміщенні на одиницю висоти, гПа/100 м.

$$G_B = -\frac{dp}{dz} = \frac{gp}{RT}, \quad (4.21)$$

де  $R$  – газова постійна ( $8,314 \cdot 10^3$  кДж/кг °К)

$T$  – температура, °К;

$G$  – гравітаційна стала ( $9,806$  м/с<sup>2</sup>).

Відповідно до формули (4.21) тиск спадає повільніше в теплому повітрі, ніж у холодному.

Атмосферний тиск змінюється не тільки по висоті шару атмосфери, але також в горизонтальному напрямі.

**Горизонтальний баричний градієнт:**

$$G_A = -\frac{\Delta P}{\Delta r}, \quad (4.22)$$

де  $\Delta r$  – горизонтальна відстань між точками за нормаллю до ізобар.

**Ізобари** – це лінії однакових величин атмосферного тиску на рівні моря. Просторовий розподіл атмосферного тиску, що характеризується системою ізобаричних поверхонь, називається баричним полем.

Області зімкнутих ізобар із зниженим атмосферним тиском відносно нормального ( $p_o = 1013$  ГПа) називаються баричними мінімумами або циклонами.

Області зімкнутих ізобар із підвищеним атмосферним тиском в центрі називаються баричними максимумами або антициклонами.

Атмосферний тиск змінюється не періодично та не має правильного ходу. Зміни тиску обумовлені термічними й динамічними причинами. Територія України характеризується континентальним типом річного ходу тиску з мінімумом влітку та максимумом взимку. При підвищеному тиску спостерігається невелика хмарність. Зниження тиску є причиною посилення вітру, збільшення хмарності та коливань температури й вологості повітря.

В цілому за рік над Україною баричне поле являє собою сідловину. Середній річний атмосферний тиск в Вінницькій області складає 983 ГПа. Максимальні значення атмосферного тиску припадають на січень та жовтень, а мінімальні – на липень. Найбільший атмосферний тиск, що був зафіксований на території області, 1042 ГПа, а найнижчий – 916 ГПа.

Зміна атмосферного тиску має певні закономірності і в добовому ході. Максимуми відмічаються взимку о 13...15 годині та о 1...3 годині, а влітку – о 12 годині та о 2...4 годині і обумовлені розвитком термічної конвенції. Зимом мінімум утворюється о 4...6 годині та о 16...20 годині.

### 4.3.6 Рух атмосферного повітря

В результаті нерівномірності розподілу атмосферного тиску в різних місцях Земної кулі відбувається переміщення повітря із областей з високим тиском в області з низьким тиском. Внаслідок цих переміщень виникає вітер, тобто горизонтальний рух повітря відносно земної поверхні. Рух відбувається до тих пір, поки тиск в горизонтальному напрямку не вирівняється. Вітер переносить на великі відстані речовини, що викидають в атмосферу різні джерела забруднювачів. Енергію вітру почали використовувати для потреб господарської діяльності людини.

Вітер характеризується напрямком руху та його швидкістю. Напрямок вітру визначається тією стороною світу, звідки він дме. Для позначення напрямку руху вітру використовують 16 румбів, основними з яких є північний, північно-східний, східний, південно-східний, південний, південно-західний, західний та північно-західний.

Швидкість вітру визначається за 12 бальною шкалою Бофорта (табл. 4.1).

Біля земної поверхні вітер не має постійної швидкості й напрямку. Поривчастість вітру обумовлюється його турбулентним характером. Поривчастість вітру є сильнішою над пересіченою місцевістю і зменшується зі збільшенням шару повітря над земною поверхнею. У річному ході поривчастість зростає на весну, є значною літом і падає взимку. У добовому ході максимум поривчастості має місце в обідній час, а мінімум – в нічний час. При обтіканні вітром перешкод значно змінюється напрямок і швидкість, що є причиною виникнення завихрення.

Таблиця 4.1 – Швидкість та характеристика вітру

Бал	Швидкість, м/с	Характеристика
0	0...0,5	Штиль
2	1,8...3,3	Легкий вітер, що відчувається
6	9,9...12,4	Значний вітер, що хитає велике гілля дерев
10	21,6...25,1	Сильний шторм, що ламає дерева
12	29	Спустошливий ураган, тайфун

**Повітряними масами** називають порівняно однорідні за властивостями об'єми повітря, що займають значні простори. Горизонтальна протяжність повітряної маси досягає кількох тисяч кілометрів, а вертикальна – декілька кілометрів. За географічною ознакою повітряні маси є: арктичні холодні, помірні, теплі й маловологі, тропічні теплі і сухі та екваторіальні теплі і дуже вологі. Разом із рухомими

повітряними масами переміщуються фронти. Теплий фронт утворюється, коли тепле повітря напливає на холодне, яке відступає. Холодний фронт утворюється, коли холодне повітря наступає, підтікає під тепле, яке відходить.

**Загальною циркуляцією атмосфери** називається вся сукупність течій великого масштабу, за допомогою якої здійснюється обмін значних мас повітря в вертикальному й горизонтальному напрямках. Суттєвими складовими загальної циркуляції атмосфери є циклони та антициклони, що забезпечують обмін повітря у меридіальному напрямку. Першопричиною руху повітря в горизонтальному напрямку є неоднорідний розподіл температур по земній кулі. Внаслідок загального розподілу атмосферної температури і тиску утворюється зональність повітряних потоків, тобто рухів повітря вздовж паралелей.

Місцевими вітрами називають повітряні течії, що обумовлені місцевими контрастами температур й тисків повітря. Місцевими вітрами є бризи, гірськодолинні, стічні та фени. Бризи дмуть вдень з водної поверхні на сушу, а вночі з суші на водну поверхню. Гірськодолинні вітри вночі направлені із схилів гір у долину, а вдень із долини вздовж схилів – вверх. Фен – це теплий сухий вітер, що дме з гір. Стічний вітер утворюється над льодовиками.

Розподіл напрямків вітру в холодний період року обумовлений наявністю над Україною смуги високого тиску. Над Вінниччиною переважають в цей час західні, південно-західні, південні та південно-східні вітри. Найменше зимою бувають північні та північно-східні вітри. Весною внаслідок послаблення Сибірського антициклону найбільшу повторюваність в Подільському регіоні мають північно-західні, східні й північно-східні вітри. Влітку над Вінниччиною переважають внаслідок активізації азовського антициклону північно-західні та західні вітри. Тобто, протягом року по області в основному переважають західні та північно-західні вітри.

#### **4.4 Гідрографія місцевості**

Гідрографічні дослідження виконують з метою вивчення та опису конкретних водних об'єктів з якісною та кількісною характеристикою їх положення, режиму та місцевих умов, виявлення закономірностей географічного розповсюдження вод та особливостей їх морфології, режиму та господарського значення в окремих природно-історичних районах та ландшафтних зонах. До гідрографічних елементів місцевості відносяться ріки, озера, болота та інші постійні та тимчасові водні об'єкти на земній поверхні.

## Характеристика водних об'єктів

**Гідросфера** – це сукупність води, що зосереджена у Світовому океані, на поверхні суші, у підземних водоносних горизонтах, у снігах і льодовиках, атмосфері та живих організмах. Всі природні води взаємопов'язані між собою кругообігом води в природі.

**Води Світового океану** вкривають 70,8% поверхні планети, утворюючи практично безперервну водну поверхню. Цю поверхню поділяють на Тихий, Атлантичний, Індійський і Північний Льодовитий океани. В прибережних частинах океану можна виділити: моря, затоки, протоки та ін.

**Морями** називають відокремлені частини океанів, що характеризуються специфічними гідрологічними і кліматичними особливостями. За розташуванням моря виділяють зовнішні, серединні та внутрішні. Зовнішні моря умовно відокремлені від океану витягнутими ланцюгами островів або значними півостровами. Серединні моря розміщені між двома материками. Внутрішні моря розташовані в глибині материків.

Поверхневі води суші утворюють **поверхневий стік**, який поділяють на схиловий та русловий. Русловий стік часто іменують річковим стоком. Схиловий стік виникає внаслідок стікання дощової або талої води по поверхні літосфери у вигляді мільярдів струмочків. Русловий стік утворюється при злитті струмків схилового стоку і підсилюється за рахунок виходів на поверхню підземних вод. Загальний об'єм стоку води із суші у Світовий океан оцінюється в 41...47 тис. км<sup>3</sup> за рік. Повний річковий стік становить 38,8 тис. км<sup>3</sup>, а його поверхнева складова досягає 27 тис. км<sup>3</sup> за рік. Поверхневий стік є нестійким, тимчасовим, паводковим та часто катастрофічним (рис. 4.1). Він на планеті розподілений вкрай нерівномірно, включаючи безстічні території.

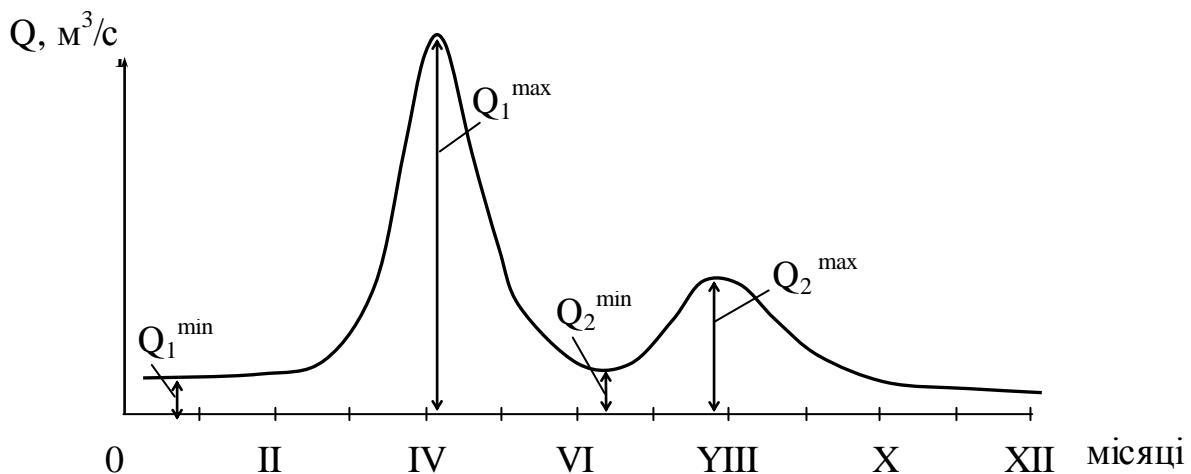


Рисунок 4.1 – Гідрограф річкового стоку:  $Q_1^{\min}$  та  $Q_2^{\min}$  – зимові та літні меженні витрати;  $Q_1^{\max}$  та  $Q_2^{\max}$  – весняні та літні паводкові витрати.



**Річка** – це природний водотік, що протікає по руслу постійно або з перервами в період сухих сезонів. Кожна річка характеризується довжиною, шириною й глибиною русла, його спадом, площею й характером водозбору, швидкістю течії, витратами води, хвилястістю, твердим й хімічним стоком. Місце, де починається річка, називають **витоком**. Витоком можуть бути джерела, озера, болота, льодовики та злиття окремих струмків або річок. Місце впадання річки в море, озеро або іншу річку називають **гирлом**. Відстань від витoku до гирла називають **довжиною річки**. **Хвилястість річки** – це відношення довжини річки до прямої, що з'єднує витік та гирло.

Річку, що впадає в іншу, називають притокою, а річка, в яку вона впадає, іменують головною річкою. Головна річка з усіма її притоками утворює **річкову систему** (рис. 4.2).

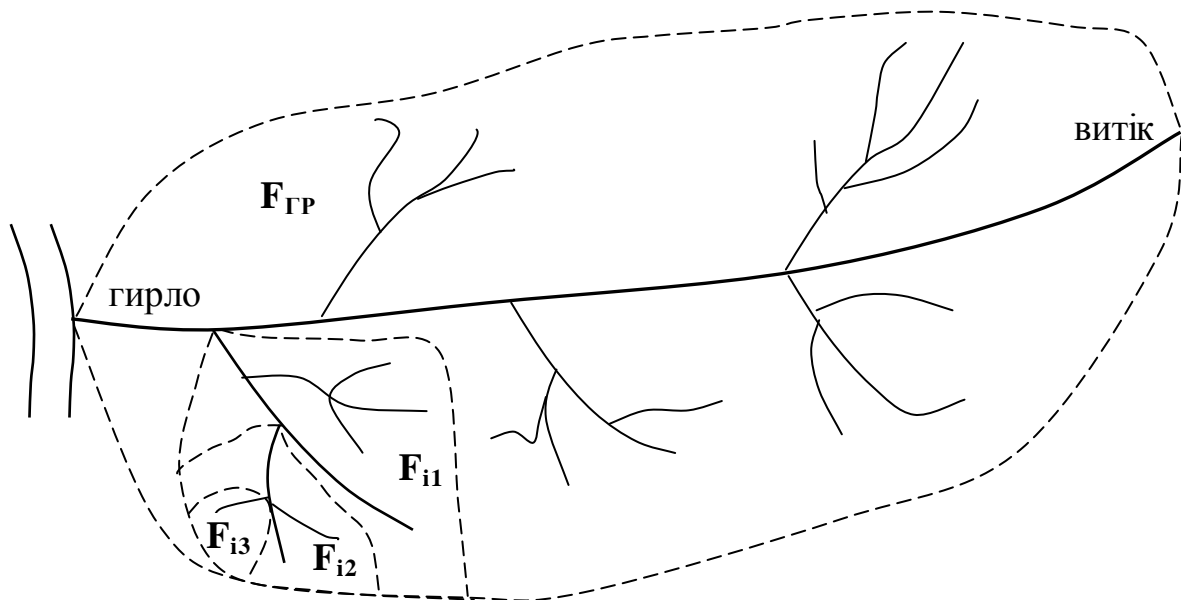


Рисунок 4.2 – Річкова система:  $F_{ГР}$  – площа водозбору головної ріки;  $F_{i1}$  – площа водозбору притоки першого порядку;  $F_{i2}$ ,  $F_{i3}$  – площа приток другого, третього і т.д. порядку

До основних морфологічних характеристик русла річки відносяться площа поперечного перерізу, ширина, найбільша та середня глибини. Розподілення глибин рік на плані зображується за допомогою **ізобат** – ліній рівних глибин. Лінія найбільшої глибини називається стержнем ріки. Поперечний переріз русла ріки, обмежений рівнем води, називається живим перерізом. Розподілення швидкостей течії в живому перерізі нерівномірне і його зображають за допомогою ліній рівних швидкостей – **ізотах** (рис.4.3, а).

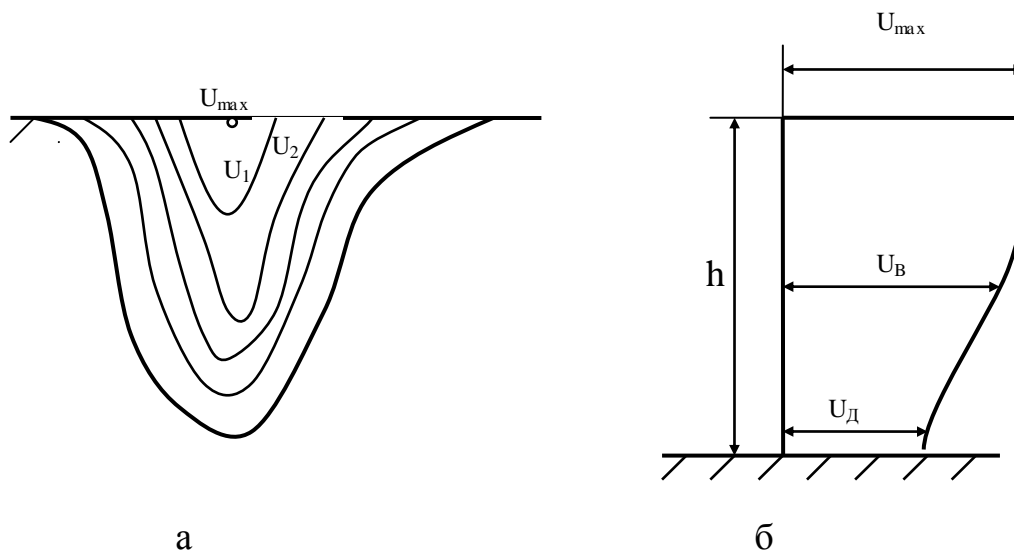


Рисунок 4.3 – Ізотахи в поперечному перерізі річного потоку з вільною поверхнею (а) та епюра осереднених місцевих швидкостей потоку (б).

Розподілення швидкостей по живому перерізу на заданій глибині показують на епюрі швидкостей (рис.4.3, б). За швидкістю річки поділяються: зі слабою (до 0,5м/с), середньою (0,5...1,0 м/с), швидкою (1-2 м/с) та дуже швидкою (більше 2 м/с) течією.

**Витрати води** – це об'єм води, що протікає через живий переріз за одиницю часу, м<sup>3</sup>/с:

$$Q = V_{\text{ср}} \omega, \quad (4.23)$$

де  $\omega$  – площа живого перерізу ріки;

$V_{\text{ср}}$  – середня швидкість потоку.

За витратою води річки поділяються на малі (до 10 м<sup>3</sup>/с), середні (10-100 м<sup>3</sup>/с), великі (100-500 м<sup>3</sup>/с) та дуже великі (більше 500 м<sup>3</sup>/с).

Площа, з якої вода збирається у притоки, звідки вона потрапляє в головну річку, називається **водозбором або басейном річки**. Річкові басейни відокремлюються один від одного вододілами, якими є підвищення в рельєфі. Водозбір характеризується лісистістю, заболоченістю, висотою, ступенем господарської діяльності. За розмірами площі водозбору та витратами річки поділяють на великі, середні та малі. Великі річки мають площу водозбору більшу 50 000 км<sup>2</sup> та витрати води більші 100 м<sup>3</sup>/с. До середніх річок належать річки з площею водозбору 2 000... 50 000 км<sup>2</sup> та з витратами води 5...100 м<sup>3</sup>/с.

**Гідрографічна мережа** – це сукупність річок, струмків, каналів, природних й штучних водойм на певній території. Вона характеризується **густиною** – відношенням загальної довжини всіх річок та їх приток, що

протікають на даній території, до площі цієї території. В Україні, при середній густоті річкової мережі  $0,24 \text{ км/км}^2$ , у Карпатах вона становить понад  $1,0$ ; на Поліссі –  $0,20$ ; у Степовому Криму –  $0,10 \text{ км/км}^2$ , а в нижній течії Дніпра падає до нуля.

Живлення річок відбувається поверхневими і підземними водами, що надходять з її водозбору. Розрізняють залежно від переважного значення чотири основних типи живлення річок: дощове, снігове, льодовикове та підземне. Для основних річок України характерне змішане живлення. В залежності від переважного типу живлення формується гідрологічний режим річки: літня та зимова межень, весняна повінь та паводки. Для річок України також характерним є льодостав – суцільний крижаний покрив річки та весняний льодохід.

Річкові потоки ведуть значну руйнівну ерозійну роботу та транспортують частини зруйнованих порід в гирло. При цьому вони утворюють конуси виносення, що формують дельту річки. Розрізняють бокову і глибинну ерозію. Для бокової ерозії характерне підмивання берегів, яке відбувається внаслідок мандрування русла річки. Глибинна ерозія призводить до врізання русла водотоку. Твердим стоком називають весь твердий матеріал, що переноситься річками. Твердий стік поділяють на завислі речовини та придонний стік. Кількість завислих речовин визначає мутність річки. Величина твердого стоку залежить від швидкості течії річки. В горах поверхневий змив становить понад  $2\ 500 \text{ т/км}^2$ , на височинах –  $20\text{...}100 \text{ т/км}^2$ , а у межах низовинних рівнин – менше  $5 \text{ т/км}^2$ .

Поверхневі води внаслідок руху по схилах водозборів розчиняють різноманітні сполуки, утворюючи природні розчини.

**Хімічний стік річок** – це кількість хімічних елементів, що надходить в річку при їх розчиненні на водозборах та з атмосферними опадами. Так, Дунай за рік виносить у Чорне море залежно від водності  $33\text{...}64$  млн. тонн солей та  $1,0\text{...}3,9$  млн. тонн біогенних речовин. Суттєвий вплив в утворенні річкових гідрохімічних аномалій відіграє господарська діяльність, а саме: скидання у річки неочищених побутових й промислових стоків та змив з ланів мінеральних добрив й пестицидів. У зонах надмірного зволоження мінералізація річкової води переважно гідрокарбонатно-кальцієва з вмістом  $30\text{...}40 \text{ мг/л}$ . В зонах недостатнього зволоження збільшується вміст в річковій воді сульфатів, хлоридів та нітратів. Разом з поверхневим стоком у водойми надходить значна кількість продуктів життєдіяльності організмів та розпаду органічних залишків. Вони зумовлюють високий хімічний вміст у поверхневих і підземних водах. Це є причиною хімічного вивітрювання, карстоутворення тощо. Особливою ефективністю відзначається діяльність мікроорганізмів в анаеробних умовах, що призводить до помітних змін хімічного складу та активності води.

**Озера** – це заповнені водою замкнені природні заглиблення на поверхні суші. Вони являють собою водойми уповільненого водообміну. Основними характеристиками їх режиму є вертикальна і горизонтальна неоднорідність та циркуляція води, акумуляція в улоговині твердих матеріалів, характер біоценозів і процес еволюції та відмирання водойми. Кожне озеро складається з улоговини, в якій розміщується водна маса з біоценозом організмів.

В залежності від особливостей формування водного балансу озера поділяють на добре проточні, мало проточні, безстічні, глухі та карстові. За кількістю розчинених у воді хімічних сполук озера бувають прісні (з мінералізацією менше 3%), солонуваті (з мінералізацією 3...25%) й солоні. Прісні озера переважають в зонах з надмірним та достатнім зволоженням. Підвищену мінералізацію мають води озер в зонах нестійкого й недостатнього зволоження. На хімізмі озер позначаються результати антропогенної діяльності.

**Болото** – це ділянка суші, для якої характерне надмірне зволоження прошарків ґрунту, застійний режим підземних вод та поширення специфічної болотної рослинності. Найважливішим процесом у болотах є торфоутворення внаслідок відмирання й перегнивання без доступу повітря рослин під водою з одночасним ущільненням. За потужністю торф'яного горизонту розрізняють власне болота (товщина шару торфу понад 30 см) й заболочені землі. Надмірно зволожені мінеральні ґрунти без торф'яного горизонту називають перезволоженими землями.

Суттєва роль у формуванні боліт належить нерозважливій господарській діяльності людини. В Україні загальний меліоративний фонд, тобто сукупність боліт, заболочених й перезволожених земель, становить 6 млн. га. Основна частина меліоративного фонду припадає на Полісся.

**Підземні води** – це води, що знаходяться нижче рівня земної поверхні в товщах гірських порід верхньої частини земної кори. Вони не є суцільними потоками на зразок річок, струмків чи озер. Підземні води просочуються крізь тріщини між частинками гірських порід. Насичуючи тріщини, порожнини в тріщинах гірських порід, підземні води знаходяться у рідкому, твердому чи газоподібному агрегатному стані.

У товщі літосфери виділяють такі види води: хімічно зв'язану, фізично зв'язану, пароподібну, у твердому стані, капілярну та гравітаційну.

В залежності від характеру взаємодії з підземними водами гірські породи поділяються на **водопроникні, водонепроникні та розчинні**. Водопроникні породи здатні пропускати через себе воду. Ці породи бувають невологовмісні (піски, галька, тріщинуваті граніти тощо) та вологовмісні (торф, мул, крейда). **Водоносним горизонтом** називають шар водопроникних порід насичений водою, що фільтрується по тріщинах. Водонепроникні породи за умовами фільтрації є водотривкими

горизонтами. На них накопичується вода, яка не проникає в глиб літосфери, і на них затримуються розташовані вище водоносні горизонти. Розчинні породи здатні утворювати порожнини, що розширюються під дією води. Такими породами є різні солі (калійна, кухонна); гіпси та карбонатні породи (вапняки, доломіти). Значні за розмірами порожнини утворюють підземні карстові печери.

За умовами залягання підземні води поділяють на **грунтові, верховодні, підгрунтові та міжпластові**.

Грунтові води, що насичують верхню частину літосфери, утворюються внаслідок інфільтрації атмосферних опадів у ґрунтовий шар та частково поповнюються за рахунок конденсації водяної пари та капілярного всмоктування з нижчих водоносних горизонтів. Їх накопичення у ґрунтовому горизонті призводить до заболочування місцевості, а в умовах посушливого клімату через інтенсивне випаровування є причиною засолювання ґрунтів.

Верховодними водами називають підземні водоносні горизонти, що залягають на глибинах 2...10 м та мають через затримання інфільтраційних потоків води на обмежених ділянках незначне поширення по площині. Потужність насичених верховодних порід становить 0,4...1,0 м і вони мають постійний гідравлічний зв'язок з річками та водоймами. Якість води невисока і часто містить забруднювачі. Верховодна вода є причиною підтоплення фундаментів і підвалів споруд.

Підгрунтові води – це перший від поверхні постійно існуючий водоносний горизонт, що розташований на значному за площею водотривкому шарі глибиною до 100 м. Їх живлення здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, фільтрації з річок, каналів та водойм і конденсації водяної пари у зоні аерації. Підгрунтові води безнапірні, їх глибина залягання, температура, мінералізація та витрата є змінними в часі.

Міжпластові води залягають у водопроникних шарах, що зверху і знизу затиснуті між пластами водотривких порід. Вони завжди мають природний напір. Геологічні структури, в межах яких розташовані міжпластові води, називають артезіанськими водами. Їх режим є стабільним, тому вони вважаються найважливішим джерелом водопостачання.

### **Водні ресурси та їх використання**

Запаси води на Землі становлять 1,39 млрд. км<sup>3</sup>, але 96,5% їх загального об'єму, що припадає на океани і моря, є гірко-солоними і непридатними для життя та технологічного використання. Маса прісної води планети досягає 35 млн. м<sup>3</sup>, причому 80% її запасів зосереджено в унікальному озері Байкал. Основним джерелом водопостачання людства є

річковий стік. Щорічно на господарські потреби витрачається приблизно 13% його об'єму, з якого у водойми повертається понад 600 км<sup>3</sup> забруднених стоків.

В Україні протікає понад 22 тисячі річок, з яких 3,5 тисячі мають довжину понад 10 км. Середня густота річкової мережі становить 0,25 км/км<sup>2</sup>. Сумарний річковий стік України без Дунаю в середній за водністю рік досягає 83,5 км<sup>3</sup> і зменшується до 55,9 км<sup>3</sup> у маловодні роки. Частка місцевого стоку становить відповідно 52,4 та 29,7 км<sup>3</sup>, а решта надходить транзитом з інших держав. З метою регулювання річкового стоку побудовано понад 1000 водосховищ загальним об'ємом 55,1 км<sup>3</sup>, включаючи шість великих водосховищ на Дніпрі. Побудовано також близько 28 тисяч ставків, 7 великих каналів довжиною близько 2000 км, а також 10 водоводів великого діаметра. Забір поверхневих вод в Україні складає близько 60% місцевого стоку і нерівномірний в басейнах річок (рис. 4.4).

В прісних озерах України знаходиться 2,3 км<sup>3</sup> води, в солоних озерах і лиманах – 8,6 км<sup>3</sup>, а в болотах – близько 30 км<sup>3</sup>.

В Україні підземні води поширені по всій території і мають прогнозні запаси 20,9 км<sup>3</sup>. Близько 70% населених пунктів користуються водою підземних горизонтів і майже 100% сільських населених пунктів задовольняють свої потреби за рахунок підґрунтових вод або глибинних водоносних горизонтів.

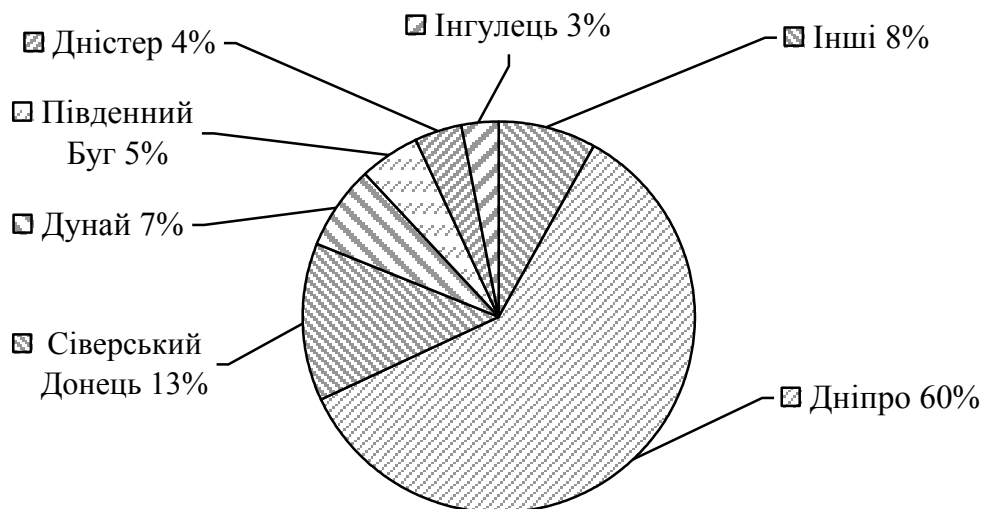


Рисунок 4.4 – Забір поверхневих вод в басейнах річок України

Галузі господарства по відношенню до водних ресурсів поділяють на водоспоживачів та водокористувачів. Водоспоживачі забирають воду з

гідросфери для використання у виробництві промислової та сільськогосподарської продукції і задоволення побутових потреб населення, а потім повертають у довілля в меншій кількості та з іншими якісними характеристиками. Водокористувачі воду з гідросфери не забирають, а використовують її як середовище (транспорт, рибальство, спорт тощо) або як джерело енергії (гідроелектростанції). Вони також можуть змінювати якість води та гідрологічний режим. Структурна схема використання водних ресурсів наведена на рис. 4.5.

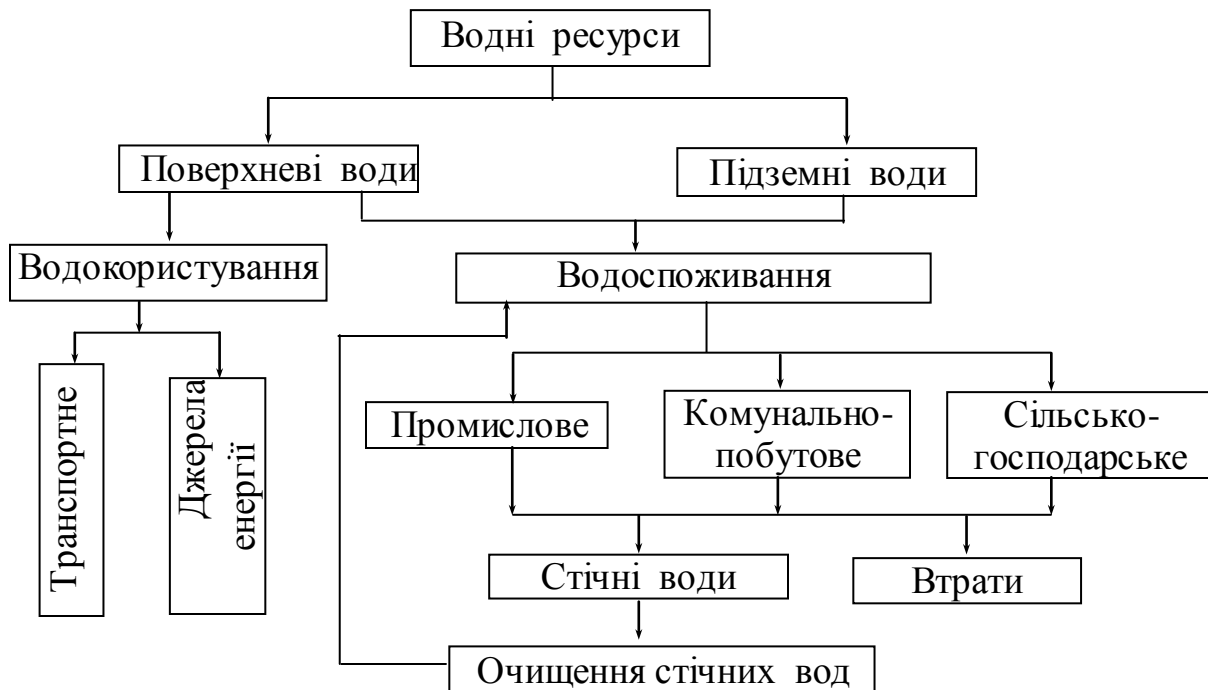


Рисунок 4.5 – Структурна схема використання водних ресурсів

В нашій державі водомісткість валового національного продукту у кілька разів перевищує аналогічні показники інших країн Європи. Значна кількість підприємств використовує води у 2...10 разів більше, ніж необхідно за технологією. Причиною цього є застарілі технології, не налагоджений облік води, відсутність повторного використання води та оборотних систем. До 50% води питної якості використовується на технологічні потреби. Тоді як близько 90% потреби можна задовольнити за рахунок повторного використання води в системах комунального та промислового водозабезпечення.

Втрати води при транспортуванні перевищують 10...20%. Всього понад 70% населення України забезпечені централізованим водопостачанням. До 10% досліджуваних проб з водопровідних мереж не відповідає гігієнічним нормативам. Стан водопровідних очисних споруд та технології підготовки питної води не відповідають сьогоденним вимогам.

## 4.5 Гідрометричні роботи

Гідрометричні роботи виконуються з метою визначення величин, що характеризують рух та стан рідини та режим водних об'єктів. Ці роботи полягають у вимірюванні рівнів, глибин, рельєфу дна та вільної поверхні потоку, напорів та тиску, швидкостей та напрямку течії рідини, пульсації швидкостей та тисків, елементів хвиль, гідравлічних уклонів, об'ємних, вагових та масових витрат рідини, мутності потоку, витрат наносів і пульпи, елементів, що характеризують термічний та льодовий режим потоків.

Для складання планів водних об'єктів, вивчення рельєфу їх дна виконують промірні роботи, що включають вимірювання глибин та координування точок промірів. Глибини вимірюють гідрометричною штангою (наміткою), лотом та профілографами. За допомогою намітки та лоту визначають глибину безпосередньо за величиною занурення штанги або лота у воду. Профілографи автоматично реєструють профіль водного перерізу. Профілографи за принципом дії поділяють на: механічні, гідростатичні та акустичні. При вимірюванні механічним профілографом шукана глибина передається записуючому механізму за допомогою промірного вантажу на тросі або жорсткій штанзі. Дія гідростатичного профілографа основана на залежності гідростатичного тиску від глибини води. Принцип роботи акустичного профілографа (ехолота) полягає на вимірюванні часу проходження ультразвукового сигналу від поверхні води до дна та назад, значення якого пропорційне глибині. Глибини вимірюють штангою та лотом із судна, мостів та спеціальних гідрометричних переправ. Дистанційним профілографом глибини вимірюють з катера, що рухається. Місцеположення промірних точок визначають: по розміченому тросу, який натягнутий між протилежними берегам, геодезичними кутомірними приладами за допомогою засічок; секстантом з промірного судна на орієнтири вздовж берега та радіогеодезичним способом. Вимірювання, кодування промірних глибин виконують за поперечними, поздовжніми та косими галсами. За результатами промірних робіт будують поперечний профіль водоймища, який дозволяє визначити його морфологічні характеристики, поздовжній профіль по лінії найбільших глибин та план водоймища в горизонталях та ізобатах, що характеризують просторове розподілення однакових глибин.

Витрати залежать від рівня води в річці, за який приймають висоту поверхні води, що відраховують відносно деякої постійної площини порівняння. Для вимірювання рівнів води обирають типову прямолінійну ділянку річки, на якій влаштовують водомірний пост. За призначенням водомірні пости бувають основні (для систематичного спостереження за рівнями), гідростворні (для спостереження за рівнями тільки при зміні витрат води), гідропрогностичні (для передбачення водного режиму),



уклонні (для визначення різниці позначок поверхні води) та спеціального призначення. Залежно від терміну дії водомірні пости поділяють на постійні, тимчасові та пересувні, що встановлюють в місцях стоянок вишукувальних робіт. За способом встановлення, влаштування та конструктивними особливостями водомірні пости бувають прості, самописні та дистанційні. Прості водомірні пости поділяються на рейкові, пальові, змішані та передаточні. Рейковий пост складається з однієї або декількох розмічених через двосантиметрові поділки металевих або дерев'яних рейок, що прикріплені до гідротехнічної споруди або забиті в дно русла палі. Пальовий пост складається з ряду паль, що встановлені в одному створі перпендикулярно до течії річки, які забиті в дно та береги річки з перевищенням одна над одною 0,2...0,8 м. Змішаний водомірний пост – це сполучення елементів рейкового та пальового постів. Самописні водомірні пости обладнуються самописцями рівнів води та дозволяють безперервно визначати рівень води на будь-якому проміжку часу. Дистанційні водомірні пости автоматично безперервно або періодично передають рівні води на певну відстань, де вони реєструються. Стандартні строки спостереження на водомірних постах – 8 або 20 годин за місцевим часом.

Коливання рівнів води в річці може бути багаторічним, викликане змінами клімату, сезонними та випадковими змінами. Амплітуда коливань рівня може сягати декількох метрів.

За температурою води спостерігають за допомогою термометрів, починаючи з перших весняних відлиг, та закінчують восени через 3-5 діб після встановлення льодоставу. Вимірювання товщини льоду та шуги, а також спостереження за водною рослинністю проводять 10, 20 числа та в останній день кожного місяця.

За результатами вимірювання на водомірному посту обчислюють середньодобові рівні, складають таблиці щоденних рівнів та будують графіки коливань, за якими визначають багаторічні характеристики рівнів та дати їх настання. Контроль та аналіз матеріалів спостережень виконують за допомогою комплексних графіків, основних гідрометеорологічних елементів, на які наносять температуру повітря та води, рівні, рідкі та тверді опади, висоту снігу та льоду, товщину льоду та шуги, витрати води, наноси, мутність води, вміст в ній солей.

Швидкість течії та її напрямки змінні в часі та просторі. Усереднена швидкість за проміжок часу визначається:

$$\bar{U} = (1/t_0) \int_0^{t_0} U dt, \quad (4.24)$$

де  $\bar{U}$  – миттєва пульсуюча швидкість в даній точці потоку в даний момент часу.

Розподілення місцевих швидкостей  $\bar{U}$  в вертикальній площині визначається епюрою швидкостей по вертикалі. Найбільша швидкість течії при безнапірній течії у поверхні води, а найменша – біля дна (рис.4.3). Розподілення усереднених місцевих швидкостей в межах поперечного перерізу потоку показується ізотами, тобто лініями рівних місцевих швидкостей.

Швидкості та напрямки течії вимірюють гідрометричними поплавками, вертушками, трубками, флюгерами, динамометрами, гідрокатазонами, ультразвуковими та радіоактивними вимірювачами швидкостей, барометрами-тахеометрами. Поплавки бувають поверхневі, глибинні та поплавки-інтегратори. Швидкість кожного поверхневого поплавка відповідає поверхневій швидкості потоку:

$$U_{\bar{u}\bar{a}} = L_c / t, \quad (4.25)$$

де  $L_c$  – відстань між створами;

$t$  – час проходження поплавком цієї відстані.

Середня швидкість водного потоку, що визначається поплавком-інтегратором:

$$U_{\bar{u}\bar{d}} = U_i L_i / h, \quad (4.26)$$

де  $U_i$  – швидкість вертикального підйому поплавка в стоячій воді, що встановлюється попереднім таруванням;

$L_i$  – відстань від вертикалі до точки спливання поплавка;

$h$  – глибина.

Гідрометричні вертушки складаються з корпусу, робочого колеса (ротора), контактної механізми, сигнального пристрою та стабілізатора напрямку. Принцип роботи вертушок оснований на залежності частоти обертання ротора від швидкості течії рідини. Вертушки розміщують по напрямку осі обертання ротора, пристрою контактної гвинта, контактної та лічильного механізми, способу опускання їх у воду. Для визначення швидкості течії можна застосувати вертушки. Вертушками швидкість течії води вимірюють точковими та інтеграційними способами. Точковий спосіб полягає у вимірюванні місцевих швидкостей в строго фіксованих точках на швидкісних вертикалях. При інтеграційному способі вимірюють усереднену швидкість по вертикальному, горизонтальному або косому напрямках. Швидкість вимірюють біля поверхні 0,2; 0,4; 0,8 робочої глибини та біля дна потоку. Середня швидкість по вертикалі рівна:

$$V = 0,1(V_{\bar{u}\bar{a}} + 3V_{0,2} + 3V_{0,6} + 2V_{0,8} + V_{\bar{u}\bar{d}}) . \quad (4.27)$$

Якщо швидкість вимірюють скороченим способом на всіх глибинах, то середню швидкість по вертикалі визначають з врахуванням кількості вимірювань.

При графічному способі визначення будують епюру розподілення швидкостей по глибині  $h$ , визначають її площу, чисельно рівну елементарній витраті  $q_e$ . Середня швидкість по вертикалі:

$$V_{cd} = q_e / h. \quad (4.28)$$

Для визначення середньої швидкості відкритого потоку при рівномірному русі використовують формулу Шезі:

$$V = C\sqrt{RI}, \quad (4.29)$$

де  $I$  – поздовжній уклон водної поверхні ділянки ріки;

$R$  – гідравлічний радіус, рівний відношенню площі живого перерізу потоку до змоченого периметра;

$C$  – коефіцієнт Шезі, що враховує вплив шерохватості русла на швидкість течії та змінюється в межах  $20 \dots 40 \text{ м}^{0.5}/\text{с}^2$ .

Витрати потоку рідини

$$Q = \int_{\omega} U_i d\omega, \quad (4.30)$$

де  $U_i$  – проекція місцевої швидкості на нормаль до площі розміром  $\omega$ .

Витрати води вимірюються прямим або непрямим методами. До прямого методу відноситься об'ємний спосіб, що полягає у визначенні часу  $t$  заповнення рідини протарованого резервуару об'ємом  $W$ :

$$Q = W/t. \quad (4.31)$$

При непрямих методах визначають параметри потоку, що використовуються для обчислення витрат. Їх поділяють на гідрометеорологічні, гідравлічні, гідравліко-гідрометричні та гідрологічні.

Для визначення витрат гідрометричним способом на обраній ділянці річки розбивають гідрометричний створ перпендикулярно до напрямку течії. Він обладнується гідрометричною переправою, як таку приймають балкові та підвісні містки, катери, пароми тощо (дистанційні гідрометричні установки). В створі вимірюють глибину та швидкість течії на швидкісних вертикалях. Кількість швидкісних вертикалей назначають залежно від необхідної точності вивчення кінематики потоку. При детальному способі швидкісні вертикалі розташовують рівномірно через одну промірну вертикаль на відстані  $1/10$  ширини річки. Основний спосіб передбачає зменшення числа вертикалей, але їх повинно бути не менше п'яти. При скороченому способі швидкість вимірюють на одній або двох вертикалях в точках на  $0,2 h$  та  $0,8 h$  або в одній точці на  $0,6 h$ .

Гідрометричний метод передбачає визначення витрати води аналітичним, графічним та графоаналітичним способами. Для обчислення витрат води аналітичним способом застосовують залежність:

$$Q = KV_{B_1}\omega_1 + 0,5(V_{B_1} + V_{B_2})\omega_2 + 0,5(V_{B_{n-1}} + V_{B_n})\omega_n + K\omega_{B_n}\omega_{n+1}, \quad (4.32)$$

де  $V_{B_1}, V_{B_2}, V_{B_n}$  – середні швидкості на вертикалях, що розраховані за (4.27);

$\omega_1, \omega_2, \omega_{n+1}$  – площі водного перерізу між вертикалями, що приймаються як трапеції;

$\hat{E}$  – коефіцієнт для швидкостей на прибережних вертикалях, ( $\hat{E} = 0,7 \dots 0,9$ ).

Графічний спосіб розрахунків застосовують у випадку детального вимірювання витрат. Спочатку будують профіль живого перерізу, на якому наносять швидкісні вертикалі. На цьому ж кресленні будують епюри швидкостей для кожної швидкісної вертикалі та обчислюють середню швидкість течії. На профілі живого перерізу потоку від лінії рівня води на кожній швидкісній вертикалі відкладають середні їх швидкості та будують плавну епюру швидкостей по ширині річки. Множачи швидкість на робочі глибини, обчислюють елементарні витрати води. За цими даними на поперечному профілі будують епюру розподілення елементарних витрат по ширині ріки. Площа цієї епюри рівна загальній витраті води.

Гідравліко-гідрометричний спосіб, розроблений Г. В. Желєзняковим, оснований на залежності витрати води відкритого потоку від його кінематичної структури та морфометрії. Для визначення витрати води виконують вимірювання, характерні для гідрометричного способу та використовують гідравлічні залежності, що описують характер руху потоку. Витрати потоку

$$Q = Q_0 - Q_A \beta / K_M, \quad (4.33)$$

де  $Q_0$  – фіктивні витрати води, що обчислюються за вимірними поверхневими швидкостями та глибинами потоку;

$\beta$  – параметр, що враховує нерівномірність розподілення глибини по ширині потоку;

$\hat{E}_i$  – змінний параметр, що залежить від морфологічних характеристик русла;

$Q_A$  – динамічні витрати води.

$$Q_A = \omega \sqrt{q \cdot I \cdot h_{\text{ср}}}, \quad (4.34)$$

де  $\omega$  – площа живого перерізу;

$q$  – прискорення вільного падіння;

$h_{\text{ср}}$  – середня глибина потоку;

$I$  – уклон поверхні потоку.

При гідравлічному способі витрати визначають витратомірами у вигляді гідрометричних лотків або водозливів, що являють собою стіну, яка перегороджує потік, через яку відбувається перелив рідини. Цей спосіб

дозволяє автоматизувати вимірювання витрат, які обчислюють за формулами залежно від рівня води та напрямку та параметрів витратомірів. Водозливи бувають тонкостінні, практичного профілю та з широким порогом.

Витрати води  $Q$ , що протікає через водозлив:

а) тонкостінний прямокутний

$$Q = mB\sqrt{2q}H^{3/2}; \quad (4.35)$$

б) тонкостінний трапецеїдальний

$$Q = 1,86BH^{3/2}; \quad (4.36)$$

в) тонкостінний трикутний

$$Q = 0,8mtg(\alpha/2)\sqrt{2}H^{5/2}; \quad (4.37)$$

г) практичного профілю

$$Q = K_c mB\sqrt{2g}H_o^{3/2}; \quad (4.38)$$

д) з широким порогом

$$Q = mB\sigma\sqrt{2q}H_o^{3/2}; \quad (4.39)$$

е) гідрометричний лоток

$$Q = aBH^n. \quad (4.40)$$

де  $\hat{I}$  – виміряний напір на водозливі;

$\hat{A}$  – ширина водозливу;

$\alpha$  – кут вирізу водозливу;

$\hat{E}_N$  – коефіцієнт, що враховує швидкість підходу;

$\delta$  – коефіцієнт витрат водозливу;

$\sigma$  – коефіцієнт підтоплення;

$H_o$  – повний напір з врахуванням швидкості підходу до споруди;

$a, n$  – емпіричні коефіцієнти, що встановлюються для кожного лотка.

Гідрологічні способи визначення витрат води не потребують ніяких вимірювань потоку води, а оснований на зв'язку витрат води з фізико-географічними факторами басейна

$$Q = yF/t, \quad (4.41)$$

де  $y$  – шар стоку з водозбірної площі розміром  $F$  за період  $t$ , що визначається як остаточний член рівняння водного балансу водозбору річки, що розглядається.

Вимірювання витрат потребує значних затрат часу та засобів. Рівні вимірюють на річці щоденно в стандартні строки. Між рівнями та

витратами води існує залежність  $Q = f(H)$ , яка називається кривою витрат води. Використовуючи криву витрат води за щоденними рівнями, визначають щоденні витрати води.

Одночасно з вимірюванням витрат відбирають проби для визначення завислих наносів та стоку розчинених речовин. Для визначення мутності проби відбирають батометрами миттєвого або тривалого наповнення та вакуумними батометрами точковим, сумарним та інтеграційним способами. Фільтруванням або висушуванням знаходять масу наносів, а також їх механічний склад шляхом обміру великих частинок або просіюванням через сито. Перспективним способом визначення води є фотометричний або фотоелектричний способи, які ґрунтуються на вимірюванні послаблення світлового променя завислими у воді наносами, та використання радіоактивних ізотопів. Для відбору проб донних наносів застосовують донні батометри, які протягом тривалого часу уловлюють наноси.

Хімічний склад та фізичні властивості проб води, що включають температуру, прозорість, колір, смак, запах, кислотність або лужність, вміст вільної вуглекислоти та кисню визначають за допомогою польової гідрохімічної лабораторії безпосередньо біля водного об'єкта. За даними хімічного аналізу розраховують мінералізацію води та витрати розчинених в ній солей.

#### 4.6 Гідрологічні розрахунки

В процесі гідрологічних розрахунків розв'язують такі задачі:

- 1) визначають норму річного стоку, максимальні витрати повеней та паводків, внутрішньорічне розподілення стоку, мінімальні витрати води, будують гідрографи повеней та паводків, тобто графіки змін витрат води в часі (рис.4.1);
- 2) виконують розрахунки гідрометереологічних характеристик водних об'єктів, що включають випаровування з поверхні води та суходолу атмосферних опадів;
- 3) розраховують водний баланс окремих водних об'єктів;
- 4) встановлюють стік наносів, динаміку водних мас, характеристики термічного та гідрохімічного режимів.

Нормою річного стоку є середнє значення за багаторічний період із незмінними географічними умовами, однакоvim рівнем господарчого освоєння ріки та її басейна. Річний стік виражають у вигляді: витрати води  $Q$  (м<sup>3</sup>/с), модуля стоку  $M$  (л/с·км<sup>2</sup>) та шару стоку  $h$  (мм).

**Модуль стоку** – витрати води, що стікає за одиницю часу з одиниці площі водозбору  $F$

$$M = Q/F . \quad (4.42)$$

**Шар стоку** – кількість води, що стікає з водозбору за будь-який проміжок часу  $t$ , виражена у вигляді шару, рівномірно розподіленого по площі  $F$

$$h = Q/Ft. \quad (4.43)$$

**Максимальна витрата води** – найбільша витрата води повені. Розрізняють найбільшу середню добову та найбільшу миттєву термінову витрату води. **Мінімальні витрати** – найменші витрати в межені. Розрізняють добові, середньомісячні та абсолютні мінімуми. За період спостережень бувають різні витрати.

Мета розрахунку річного стоку – визначення об'єму стоку в середній за водністю рік, а також в маловодні та багатоводні роки різної повторюваності та місяці цих років. Залежно від наявності матеріалів спостережень та їх тривалості розрахунок річного стоку виконують різними методами.

При наявності репрезентативних даних гідрометричних спостережень за 30 та більше років визначають норму стоку  $\bar{Q}$  як середню арифметичну середніх річних витрат  $Q_{\bar{n}0}$ , коефіцієнти варіації  $\tilde{N}_v$  та асиметрії  $\tilde{N}_s$  варіаційних рядів:

$$\bar{Q} = \sum Q_{cp}/n, \quad (4.44)$$

$$\tilde{N}_v = \sqrt{\frac{\sum (k-1)^2}{n-1}}, \quad (4.45)$$

$$\tilde{N}_s = \frac{\sum (k-1)^3}{C_v^3(n-1)}, \quad (4.46)$$

де  $n$  – кількість років спостереження за стоками;

$k = Q_i/\bar{Q}$  – модульний коефіцієнт.

При відсутності спостережень за достатньо довгий період часу коефіцієнт асиметрії встановлюють методом графічного підбору теоретичних кривих забезпеченості до емпіричних точок забезпеченості.

Витрати заданої забезпеченості визначаються з врахуванням коефіцієнта варіації та ординат теоретичної кривої забезпеченості, що отримана інтегруванням біноміальної кривої розподілення:

$$Q_{P\%} = \bar{Q}(1 + C_v \hat{O}_{D\%}), \quad (4.47)$$

де  $\hat{O}_{D\%}$  – нормоване відхилення кривої забезпеченості.

Внутрішньорічне розподілення стоку в рік заданої забезпеченості описують за реальним роком, в якому середня річна витрата близька за значенням до витрати заданої забезпеченості.

При недостатній кількості років гідрометричних спостережень, коли похибка визначення норми річного стоку

$$\sigma = \frac{100\tilde{N}_v}{\sqrt{n}} > 5\%, \quad (4.48)$$

підбирають створ-аналог та здовжують ряд середніх річних витрат.

Приведення статичних параметрів до багаторічного періоду виконують графічним або графоаналітичним методами. Графічний метод застосовують для визначення в основному норми річного стоку при наявності не менше шести відповідних значень річного стоку в розрахунковому створі та в створі річки-аналога. Залежності вважаються задовільними, якщо відхилення більшої частини точок від середньої лінії зв'язку не перевищує 15%. Графоаналітичний метод застосовують при наявності тісного зв'язку (коефіцієнт кореляції двох рядів більший 0,8). При наявності тісного зв'язку норми річного стоку визначаються безпосередньо за графіком (рис 4.6).

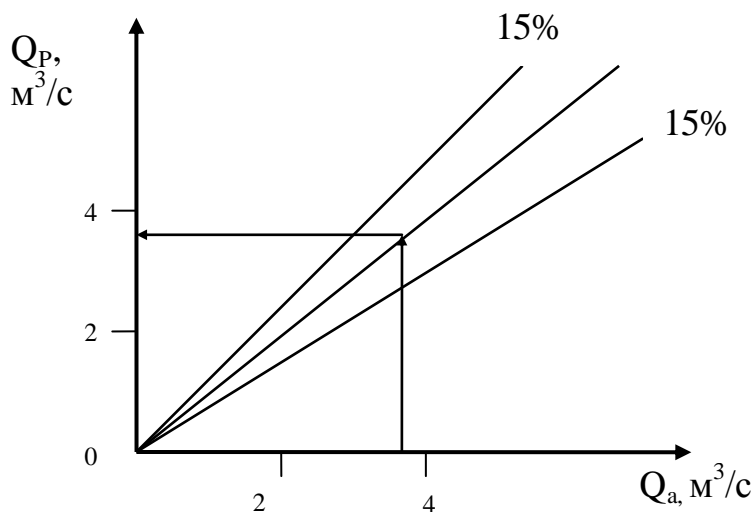


Рисунок 4.6 – Графік зв'язку витрат стоку в розрахунковому створі та в річці-аналозі

Для визначення більш достовірного річного стоку  $Q$  його обчислюють за рівнянням кореляції

$$\bar{Q}_o = Q_n + (\bar{Q}_a - Q_{na}) \cdot r \sigma_o / \sigma_a, \quad (4.49)$$

де  $Q_n, Q_{na}$  – значення середньої річної витрати води річки, що розглядається, та річки аналога, обчислені за період спостережень  $n$  в розрахунковому створі;

$\sigma_i, \sigma_a$  – середньоквадратичні відхилення річних витрат води річки, що розглядається, та річки аналога;

$r$  – коефіцієнт кореляції



$$r = \frac{[\sum(\Delta Q_n \Delta Q_a)]}{\sqrt{\sum(\Delta Q_n^2) \sum(\Delta Q_a^2)}}; \quad (4.50)$$

де  $\Delta Q_n, \Delta Q_a$  – відхилення річних витрат річки, що розглядається, та річки аналога від середніх багаторічних значень.

Середньоквадратичне відхилення визначають за формулою Бесселя. Коефіцієнт варіації річного стоку обчислюють за залежністю

$$\tilde{N}_{vo} = \tilde{N}_{va} A \bar{Q}_a / \bar{Q}_o, \quad (4.51)$$

де  $\tilde{N}_{va}$  – коефіцієнт варіації річки-аналога;

$\dot{A}$  – кутовий коефіцієнт прямої, що виражає залежність річного стоку в цих створах.

При відсутності гідрометричних спостережень норму річного стоку та коефіцієнт варіації визначають інтерполяцією між даними спостережень на річках даного фізико-географічного району з врахуванням впливу карсту, виходів підземних вод, особливостей геологічної будови та ґрунтів басейну, пересихання і перемерзання рік. Норму річного стоку знаходять інтерполяцією між опорними пунктами з відомими значеннями, а також за картами модуля та шаром річного стоку. Для розрахунку стоку інтерполяцією між опорними пунктами на топографічну карту наносять норму річного стоку, що виражена модулем або шаром стоку, в центрах водозборів двох-трьох опорних пунктів. Величину стоку для розрахункового пункту при малозмінюваному рельєфі визначають за допомогою прямолінійної інтерполяції. В гірських районах зміну стоку приймають пропорційно висотам місцевості. При розрахунках стоку за картою використовують результати картографування стоку. Для отримання достовірних значень доцільно користуватися регіональними картами, що враховують фізико-географічні умови формування стоку. Норма стоку за картою визначається для центра водозбору невивченої ріки шляхом прямолінійної інтерполяції між ізолініями модуля або шару стоку. При наявності на водозборі декількох ізоліній обчислюють середньозважену величину

$$\dot{I}_{\text{нб}} = (\dot{I}_1 F_1 + \dot{I}_2 F_2 + \dots + \dot{I}_n F_n) / F, \quad (4.52)$$

де  $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_n$  – середні значення стоку між сусідніми ізолініями, що перетинають водозбір;

$F_1, F_2, F_n$  – відповідні площі між ізолініями;

$F$  – площа водозбору до розрахункового водозбору.

Отримані значення з карти коректують з врахуванням заболоченості, лісистості та інших факторів, що суттєво впливають на умови формування стоку.

Внутрішньорічне розподілення стоку при відсутності або недостатності даних гідрометричних спостережень для рівнинних територій при подібних фізико-географічних умовах розраховують методом аналогії. На межі сезонів та лімітного періоду, середнє розподілення стоку по сезонах в частках від річного стоку, розподілення стоку маловодних сезонів по місяцях для визначення групи водності сезону встановлюють за даними річки-аналога. При відсутності репрезентативних аналогів внутрішньорічне розподілення стоку знаходять за регіональними залежностями параметрів сезонного стоку від площі та середньої висоти водозбору, ставковості, характеру ґрунтів та інших фізико-географічних стокоутворювальних факторів. Коефіцієнт варіації визначають для всієї території за формулою:

$$\tilde{N}_V = A_o / M_o^{0.4} (F + 1000)^{0.1}, \quad (4.53)$$

або за регіональними залежностями

$$C_V = A_p / \hat{O}^{\hat{a}} \beta_i^{\hat{a}}, \quad (4.54)$$

де  $\hat{O}$  – шар стоку;

$M_o$  – середній багатолітній модуль стоку;

$\beta_i$  – відносне сумарне зволоження;

$\hat{A}_i, \hat{A}_p, \hat{a}, \hat{a}$  – регіональні параметри, що враховують умови формування стоку;

$F$  – площа водозбору.

Всі гідротехнічні споруди розраховують на миттєві розрахункові витрати води, які можливі в даних фізико-географічних умовах. Забезпеченість витрат визначають залежно від капітальності споруд за результатами техніко-економічних розрахунків.

Вибір методу розрахунку максимальних витрат залежить від умов їх утворення:

- а) від сніготанення з врахуванням можливої складової від дощів;
- б) від дощів, з врахуванням можливої складової від сніготанення.

Розрахунки виконують для максимальних миттєвих витрат.

При наявності достатньо тривалих спостережень максимальні витрати води різної імовірності перевищення визначають за середньою максимальною витратою води, коефіцієнтом варіації та асиметрії. В розрахунках використовують апарат статистичного методу за аналогією з розрахунками норм річного стоку. Дані гідрометричних спостережень є достатніми, якщо немає пропусків в спостереженнях за роки з визначними рідкими максимумами, а частота спостережень забезпечує реєстрацію найбільшого рівня за час повені. Тривалість періоду спостережень залежно від фізико-географічних зон складає для лісової зони 25 років, а для напівпустельної – 50 років. При встановленні розрахункових

максимальних витрат води необхідно використовувати також дані про найвищі історичні рівні води річки, що вивчається. Криві забезпеченості будують окремо для максимальних витрат талих вод, дощових паводків та відповідних їм шарів стоку.

При недостатності рядів спостережень для побудови кривої забезпеченості максимальної витрати виконують приведення за графічними або аналітичними залежностями. Річку-аналог обирають, виходячи із однорідності фізико-географічних умов формування максимальних витрат та приблизної рівності площ водозбору.

У випадках відсутності гідрометричних спостережень або недостатності рядів спостереження їх приводять до багаторічного періоду. Значення максимальних витрат різної імовірності перевищення визначають за регіональними емпіричними формулами. Максимальні витрати талих вод  $Q_{\max p}$  рівнинної території обчислюють за формулою:

$$Q_{\max p} = K_{\bar{a}} n_{\delta} \mu K_{oc} K_n K_A F / (F + F_1)^{n_1}, \quad (4.55)$$

де  $K_{\bar{a}}$  – коефіцієнт дружності повені, що визначається за річками-аналогами;

$\mu$  – коефіцієнт, що враховує нерівність статистичних параметрів шару стоку до максимальних витрат;

$n_{\delta}$  – розрахунковий шар сумарного весняного стоку щорічної імовірності перевищення;

$K_{oc}, K_n, K_A$  – коефіцієнти пониження максимальної витрати ставками, лісами та болотами;

$F, F_1$  – розрахункова та додаткова площа водозбору, що враховує пониження редуції;

$n_1$  – показник ступеня редуції.

Максимальні витрати дощових паводків залежно від площі водозбору та фізико-географічних умов (зони) визначають:

а) за емпіричною редуційною формулою:

$$Q_{\max p} = I_{200} \lambda_{\delta} K_{\bar{a}} K_{oc} K_n K_A F (200/F)^{n_2}, \quad (4.56)$$

б) за формулою граничної інтенсивності стоку

$$Q_{\max p} = M_{1\%} \alpha_c P_{1\%} K_{oc} \lambda_p F, \quad (4.57)$$

де  $M_{200}$  – модуль максимальної витрати води 1% забезпеченості, що зведений до площі водозбору 200 км<sup>2</sup>;

$\lambda_{\delta}$  – коефіцієнт переходу до інших забезпеченостей;

$n_2$  – показник ступеня редуції;

$\hat{E}_{ic}$  – коефіцієнт, що враховує зміни модуля максимальної витрати з врахуванням середньої висоти водозбору;

$\dot{I}_{1\%}$  – максимальний модуль стоку 1% забезпеченості;

$D_{1\%}$  – добовий шар опадів 1% забезпеченості, що визначається залежно від геоморфологічної характеристики русла, тривалості склонового добігання та району;

$\alpha_{\bar{n}}$  – збірний коефіцієнт паводного стоку, який визначається залежно від фізико-географічних умов формування стоку.

Основні параметри гідрографа повені: об'єм, максимальна витрата, загальна тривалість та тривалість підйому і його контуру. Розрахункові гідрографи будують за моделлю спостережуваних гідрографів, схематизації геометричних фігур та рівнянням, а також за ходом водовіддачі та графіка розподілення одиничних площ.

Розрахункові найвищі рівні вод річок в створі поста визначають за емпіричною кривою забезпеченості щорічних вищих миттєвих або термінових рівнів води за весь період спостережень. Розрахункові значення найвищих рівнів від створу поста з довгостроковим рядом спостережень до інших створів в межах ділянки однієї річки переносять за: кривим витрат  $Q = f(H)$  (рис. 4.7), кривими зв'язку відповідних рівнів води та уклоном водної поверхні.

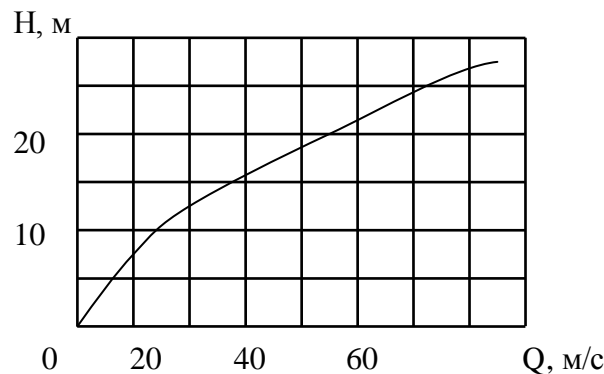


Рисунок 4.7 – Крива витрат  $Q = f(H)$

Способи перенесення рівнів обирають залежно від протяжності ділянки, його проточності, уклонів водної поверхні та морфометрії русла. Розрахункові найвищі рівні води рік для вільного стану русла у випадку недостатності гідрометричних даних визначають за відповідними значеннями однаково забезпечених максимальних витрат та кривої витрат  $Q = f(H)$ . Криву витрат води при відсутності або недостатності гідрометричних спостережень будують за гідравлічними та морфометричними характеристиками русла річки в розрахунковому створі.

Розрахункові мінімальні витрати води річки знаходять для зимового, літнього та осіннього сезонів. За зимовий період беруть час від початку прояву льодових явищ до початку весняної повені. Літньо-осінній період – це період від кінця весняної повені до початку льодових явищ на річках.

Основними розрахунковими характеристиками є мінімальні середньодобові витрати, мінімальні середньомісячні витрати за календарний місяць або за 30 днів з найменшим стоком. При наявності гідрометричних спостережень мінімальні витрати води розрахункової забезпеченості визначають, використовуючи статистичні методи. При недостатньому ряді спостережень параметри кривої забезпеченості мінімального стоку приводять до багаторічного періоду по річках-аналогах. Визначення мінімальних середніх місячних витрат води виконують за картами ізолій мінімального стоку 80% забезпеченості, емпіричними регіональними залежностями витрат води від площі басейна ріки та інтерполяцією між пунктами спостережень за мінімальними витратами води.

#### 4.7 Метеорологічні вишукування

Метеорологічні вишукування виконуються з метою з'ясування різних фізико-метеорологічних процесів та явищ, що відбуваються в атмосфері та діючому прошарку ґрунтів, на проектні та житлово-експлуатаційні характеристики споруд, на їх надійність та довговічність.

Інженерно-метеорологічні вишукування містять:

- визначення кліматичних характеристик території (екстремальні та середні значення температури й вологості повітря, дати переходу середньої добової температури повітря через задані значення, тривалість періодів з температурою повітря вищою і нижчою заданих значень, кількість та інтенсивність атмосферних опадів, добовий максимум і максимальні інтенсивності опадів, найбільша висота снігового покриву і глибина промерзання ґрунту, розподіл швидкостей, напрямків вітру на рівні земної поверхні й на висотах, максимальна товщина стінки ожеледі, тривалість теплового і холодного періодів, дати появи, встановлення, руйнування та сходження снігового покриву, атмосферні явища тощо);
- оцінювання ймовірності проявів на цій території небезпечних метеорологічних явищ і процесів (морози, посухи, зливи, снігопади, сильні вітри, смерчі, грози, пилові бурі, вітрова ерозія тощо), прогнозування небезпечних явищ і оцінювання очікуваних для об'єкта ризиків;
- оцінювання на майданчику проектного об'єкта: мікрокліматичних умов, випарів у атмосферу, особливостей розсіювання шкідливих домішок і забруднення атмосферного повітря тощо.

Основні метеорологічні елементи: сонячна радіація, температура повітря та ґрунтів, швидкість та напрямок повітря, тривалість сонячного

сяйва та хмарності, атмосферний тиск, вологість повітря, кількість твердих та рідких опадів, випаровування. Спостереження за цими характеристиками ведуть на метеорологічних станціях.

Променева енергія Сонця, складається з прямої та розсіяної радіації, що приходить на земну поверхню, називається сумарною радіацією  $Q$ . На земній поверхні відбувається перерозподіл сонячної радіації, яка поступає. Частина її поглинається земною поверхнею, а частина відображається від землі в атмосферу. Алгебраїчна сума приходних та витратних складових радіації називається радіаційним балансом, Дж/(м<sup>2</sup>·год)

$$R = Q(1 - \alpha) - E, \quad (4.58)$$

де  $Q(1 - \alpha) = \hat{A}_e$  – поглинена короткохвильова радіація;

$\alpha$  – альbedo – властивість земної поверхні відображувати;

$\hat{A}$  – ефективне випромінювання земної поверхні.

Сумарну радіацію вимірюють термоелектричним піранометром, радіаційний баланс – термоелектричним балансоміром 6 раз за добу. Радіаційний баланс діяльної поверхні визначає значення та знак потоків теплоти в повітрі та на ґрунті, випаровування та конденсацію та, відповідно, термічний режим повітря.

Температуру повітря характеризують на основі показників термометрів, що розміщені з метою захисту від сонячної радіації в психометричній будці на висоті 2 м від поверхні землі. Добовий хід температури повітря характеризується за даними термографів. Результати вимірювань узагальнюють у вигляді таблиць середніх місячних та річних температур повітря, середніх та абсолютних мінімумів та максимумів температур, суми середніх добових температур повітря нижче мінус 15<sup>0</sup>Ñ, мінус 10<sup>0</sup>Ñ, мінус 5<sup>0</sup>Ñ, 0<sup>0</sup>Ñ, та вище 0,5<sup>0</sup>Ñ, 10<sup>0</sup>Ñ, 15<sup>0</sup>Ñ, дати першого та останнього заморозків та тривалості безморозного періоду та ін.

Атмосферний тиск – це сила гідростатичного тиску повітря, який рівномірно діє на одиницю площі (Па – паскаль). Його вимірюють ртутним стовпом (барометром), анероїдами, термобарометрами та барографами.

Вологість повітря характеризується пружністю водяної пари, відносною вологістю повітря та недоліком насичення повітря водяною парою.

**Пружність водяної пари**  $\hat{a}$  – парціальний тиск водяної пари, що знаходиться в повітрі. Абсолютна вологість повітря  $\alpha$  – це маса водяної пари, що є в одиниці об'єму повітря, мм

$$\alpha = 1,06 e / (1 - \alpha t), \quad (4.59)$$

де  $\hat{a}$  – пружність водяної пари, мм;

$t$  – температура повітря;

$\alpha$  – коефіцієнт розширення повітря при абсолютному тиску.

**Відносна вологість**  $r$  – відношення пружності пари, що вміщується в повітрі, до пружності насиченої пари при даній температурі

$$r = (e/E) \cdot 100\% , \quad (4.60)$$

де  $\mathring{A}$  – максимальна можлива пружність водяної пари при даній температурі.

**Дефіцит вологості повітря**  $d$  – різниця між пружністю пари  $\mathring{A}$ , що насичує простір при даній температурі, та пружністю пари, що фактично вміщується в повітрі  $e$  на даному рівні

$$d = \mathring{A} - \mathring{a}. \quad (4.61)$$

Атмосферні опади характеризуються кількістю, тривалістю та видом (сніг, дощ або змішані атмосферні опади). Величини опадів вимірюють опадомірами, що встановлені на висоті 2 м над поверхнею землі, та пловіографами, що реєструють кількість, тривалість та інтенсивність дощу. Результати вимірювань опадів узагальнюють у вигляді таблиць середніх місячних та річних значень, найбільших та найменших місячних та річних опадів різної забезпеченості, добових максимумів опадів різної забезпеченості, максимальної інтенсивності опадів, числа днів з опадами різної забезпеченості та інш. Сніговий покрив характеризується за результатами спостережень за рейкою, що встановлена на захищених від вітру ділянках, та матеріалами снігозйомок. Матеріали спостережень узагальнюються у вигляді таблиць середньої декадної висоти снігового покриву, запасів води, висоти та щільності снігового покриву за снігозйомками на останній день декади, дат утворення та руйнування стійкого покриву різної забезпеченості, найбільших декадних висот снігового покриву різної забезпеченості.

Вітровий режим характеризується напрямком та швидкістю вітру. Швидкість вітру – вектор, горизонтальна складова якого значно більша вертикальної. При спостереженнях швидкість вітру характеризує її горизонтальна складова (м/с, км/ч). Напрямок вітру визначають географічним азимутом або румбом (16 румбів). Швидкість та напрямок вітру вимірюють на висоті 10...12м флюгерами, анеморумбографами, а швидкості – тільки анемометрами. Швидкість вітру характеризують в балах за шкалою Бофорта (від 0 до 12 балів).

Опрацьовані результати спостережень над швидкістю та напрямком вітру зображують у вигляді рози вітрів (рис.4.8), яку будують в такій послідовності. Спостереження за вітром групують по 8 або 16 румбах та визначають відсоток повторюваності кожного напрямку вітру. Після цього розподіляють спостереження за групами та швидкостями. Обравши масштаб для відсотка повторюваності вітру, з центра описують коло, радіус якого дорівнює відсотку повторюваності штилів. З цього кола послідовно відкладають відсотки повторюваності вітрів різної швидкості.

Після цього з'єднують прямими точками з однаковими швидкостями та отримують розу вітрів. Для наочності площі з однаковими швидкостями покривають різною штриховкою або фарбами.

Частина атмосферних опадів, що поступають до земної поверхні, в процесі тепловологообміну перетворюється в пароподібний стан, тобто випаровується.

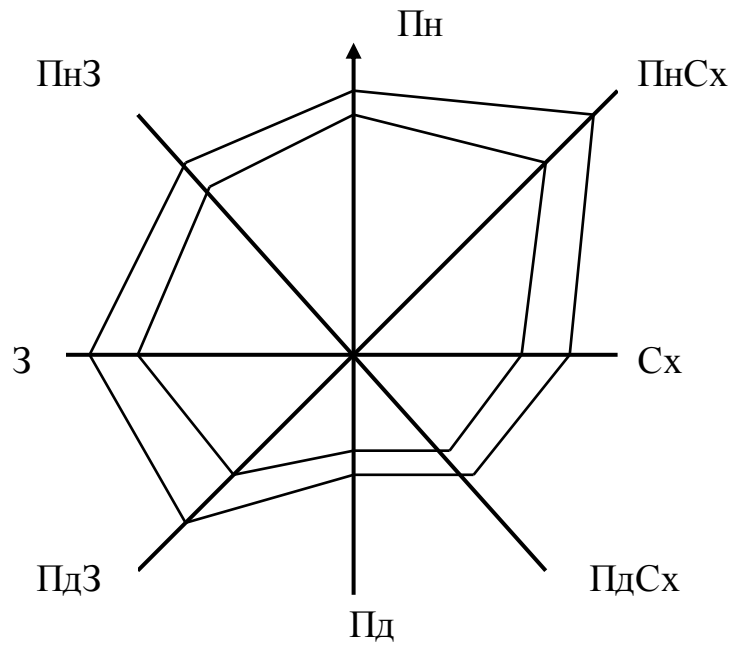


Рисунок 4.8 – Роза вітрів

Для вимірювання випаровування застосовують гідравлічні та вагові випаровувачі. Для вивчення динаміки випаровування у взаємозв'язку з ґрунтовими водами застосовують лізиметри, тобто пристрої, які охоплюють елементарну ділянку зони аерації в натуральному масштабі по глибині та з моделлю водоносного шару. Для визначення випаровування широко застосовують розрахункові залежності, що основані на розв'язках рівнянь теплового та водного балансів, турбулентної дифузії, а також емпіричної залежності від ряду метеорологічних параметрів.

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Склад інженерно-гідрометеорологічних вишукувань.
2. Джерела гідролого-кліматичної інформації.
3. Які основні фізичні параметри стану атмосфери?
4. Які закони теплового випромінювання використовують при вивченні сонячної радіації, земного і атмосферного випромінювання?
5. Що таке сумарна радіація?



6. Як визначається ефективне випромінювання Землі?
7. Як визначається радіаційний баланс земної поверхні?
8. Як визначається тепловий режим атмосфери?
9. Як визначається вертикальний температурний градієнт?
10. Що таке рівень конвекції ?
11. Як визначається кількість водяної пари в атмосфері?
12. Що таке абсолютна вологість, відносна вологість?
13. Що таке вологовміст ?
14. Що таке дефіцит точки роси ?
15. Як визначається атмосферний тиск ?
16. Що таке баричний ступінь?
17. Як визначається вертикальний баричний градієнт, горизонтальний баричний градієнт?
18. Що зображують ізобари?
19. Як визначається швидкість вітру?
20. Що називають повітряними масами?
21. Що таке загальна циркуляція атмосфери?
22. Для чого виконують гідрографічні дослідження?
23. Характеристика водних об'єктів.
24. Які основні морфологічні характеристики русла річки?
25. Що таке гідрографічна мережа?
26. Що таке хімічний стік річок?
27. Як розрізняють умови залягання підземних вод?
28. Для чого виконуються гідрометричні роботи?
29. Як виконуються гідрологічні розрахунки?
30. Що таке метеорологічні вишукування?

## 5 ГІДРОЛОГО-КЛІМАТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 5.1. Теплоенергетичні ресурси клімату та процесу теплообміну

Відповідно до закону збереження енергії стосовно процесу теплообміну між землею поверхнею та атмосферою рівняння теплоенергетичного балансу ділянки суходолу відповідно до схеми теплообміну (рис.5.1) може бути подано в такому вигляді:

$$\hat{A}_K + \hat{A}_A + \hat{D}^+ + \hat{A}_1 + L\tilde{N} \pm l_1 h = LZ + B_0 + P^- \pm l_1 h_c + B_2, \quad (5.1)$$

де  $B_K$ ,  $B_0$ ,  $B_A$  – відповідно поглинена радіація, довгохвильове випромінювання земної поверхні та поглинена нею частина противипромінювання атмосфери;

$\hat{D}^+$ ,  $\hat{D}^-$  – відповідно турбулентний теплообмін, що направлений до діяльної поверхні та в атмосферу;

$B_1$ ,  $B_2$  – теплообмін в діяльному шарі ґрунтів, що має двозначний добовий та річний хід;

$LC$  – теплота, що виділяється при конденсації водяних парів;

$LZ$  – витрати теплоти на процес сумарного випаровування;

$L$  – прихована теплота пароутворювання;

$l_1 h$  – виділення або витрати теплоти в зв'язку із замерзанням ґрунтової вологи або її відтаюванням;

$l_1 h_c$  – витрати теплоти на танення снігу у весняний період.

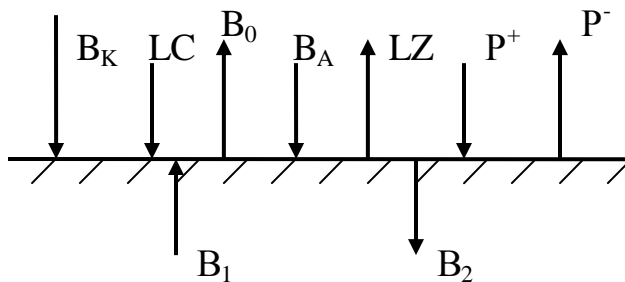


Рисунок 5.1 – Схема теплообміну

Враховуючи, що  $(l_1 h_c \pm l_1 h) = t$  та  $(B_c - B_A) = E_{y\delta}$ , а також те, що величини теплотоків, які містяться, різного порядку, рівняння (5.1) можна подати в такому вигляді:

$$\hat{A}_K + \hat{D}^+ + \hat{A}_1 - \hat{A}_2 = LZ + \hat{A}_{y\delta} + P^- + t. \quad (5.2)$$

В лівій частині рівняння (5.2) міститься сума теплотоків, що характеризує теплоенергетичні ресурси клімату

$$LZ_{\hat{E}} = \hat{A}_K + \hat{D}^+ + \hat{A}_1 - B_2, \quad (5.3)$$

де  $Z_k$  – водяний еквівалент теплоенергетичних ресурсів клімату.

Аналітичний вираз закону збереження та перетворення енергії стосовно теплоенергетичних ресурсів клімату

$$LZ_{\hat{E}} = LZ + \hat{A}_{y\delta} - \hat{D} + t. \quad (5.4)$$

Величини теплоенергетичних ресурсів процесу сумарного випаровування

$$LZ_m = R^+ + \hat{D}^+ + \hat{A}_1 - B_2 + t, \quad (5.5)$$

де  $LZ_m$  – водяний еквівалент теплоенергетичних ресурсів сумарного випаровування;

$R^+$  – радіаційний баланс.

Баланс природних та витратних статей теплоенергетичних ресурсів процесу сумарного випаровування виражається рівністю

$$LZ_m = LZ + E_{y\delta} - \hat{D} - LC, \quad (5.6)$$

де  $(E_{y\delta} + \hat{D} - LC) = \hat{O}$  – витрати теплоенергетичних ресурсів на сумарний теплообмін.

Тоді рівняння теплоенергетичного балансу процесу сумарного випаровування буде мати вигляд

$$LZ_m = LZ + \hat{O}. \quad (5.7)$$

В рівнянні теплоенергетичного балансу (5.7) сумарне випаровування та теплообмін характеризуються теоретичними обмеженнями (табл. 5.2)

$$0 \leq Z \leq Z_m, \quad 0 \leq T \leq LZ_m.$$

Таблиця 5.1 – Радіаційний баланс земної поверхні, МДж/(м<sup>2</sup> рік)

Елемент балансу	Океан	Суходіл	Земля
Сумарна радіація	5945	5945	5945
Поглинена радіація	5498	4166	5108
Ефективне випромінювання	1687	2110	1809
Радіаційний баланс	3923	2487	3509

Таблиця 5.2 – Теплоенергетичний баланс земної поверхні, МДж/(м<sup>2</sup> рік)

Елемент балансу	Океан	Суходіл	Земля
Теплоенергетичні ресурси	3810	2763	3509
Витрати теплоти на процес випаровування	3517	1976	3069
Витрати теплоти на сумарний теплообмін	293	787	440

На території України поглинена радіація в середньому за рік складає 3100...3200 МДж/м<sup>2</sup> в північних та північно-східних районах, 4200...4300 МДж/м<sup>2</sup> на південному березі Криму (рис. 5.2).

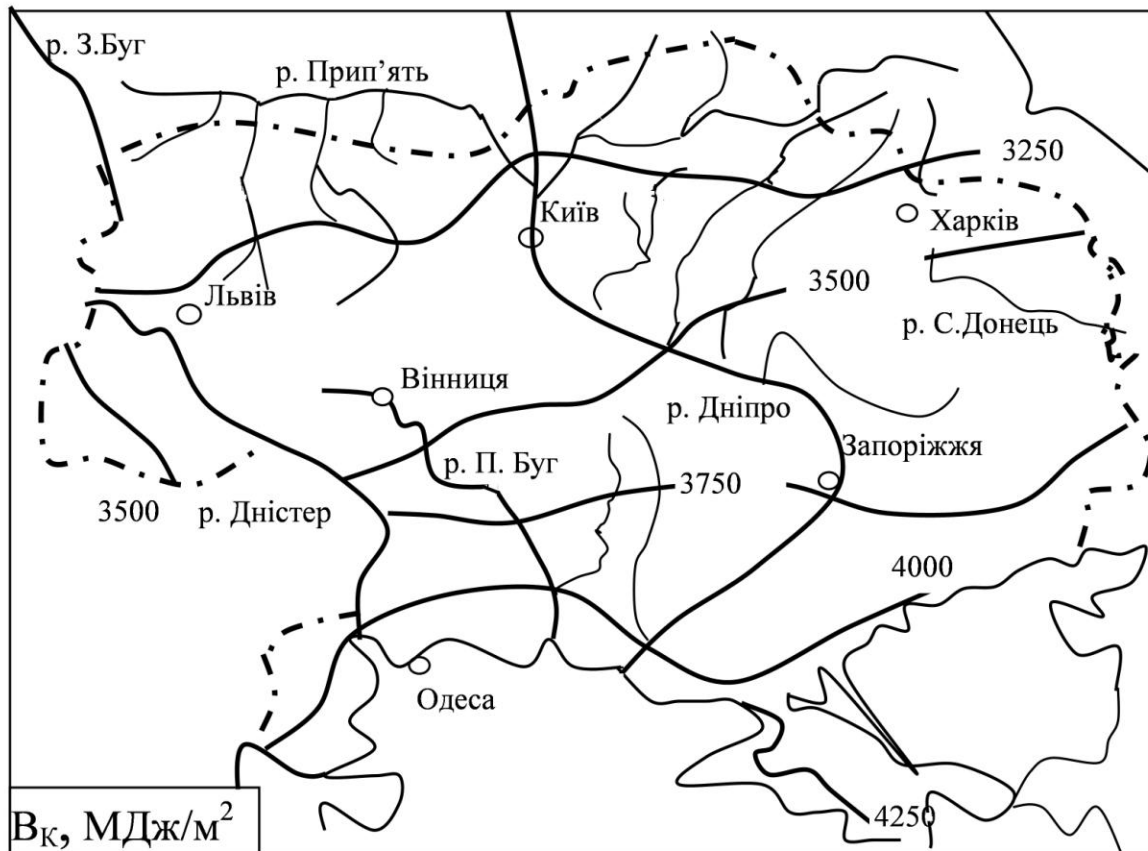


Рисунок 5.2 – Річні значення поглиненої радіації, МДж/м<sup>2</sup>

Більшу частину теплоенергетичних ресурсів підстильна поверхня отримує у весняно-літній період, коли місячні значення перевищують 350,0 МДж/м<sup>2</sup> іноді досягаючи 600 МДж/м<sup>2</sup>. Взимку місячні значення поглиненої радіації не перевищують 100 МДж/м<sup>2</sup>, що є результатом невеликих висот сонця та тривалості дня. Влітку при безхмарній погоді добові суми поглиненої радіації можуть досягати 25 МДж/м<sup>2</sup>. На території України середні багаторічні значення радіаційного балансу змінюються від 1700 МДж/м<sup>2</sup> на північно-східній частині країни до 2500 МДж/м<sup>2</sup> на західному узбережжі Кримського півострова (рис. 5.3). Взимку радіаційний баланс на північній частині країни буває від'ємним, що є результатом стійкого снігового покриву, який характеризується високим відбиттям та випромінювальними властивостями. Найбільших значень радіаційний баланс досягає влітку, коли його місячні суми на півдні країни можуть досягати 420 МДж/м<sup>2</sup>, а добові суми в окремі дні перевищують 20 МДж/м<sup>2</sup>. Радіаційний баланс має чітко виражений річний та добовий хід. В річному ході перехід через нуль відбувається в грудні-січні та в лютому-березні. Величини добового ходу радіаційного балансу залежать

від пори року. Літом перехід через нуль відбувається після сходу сонця та перед його заходом. В окремі роки радіаційний режим може значно відрізнятись від середнього багаторічного.

Внутрішньорічне розподілення прибуткових та витратних статей теплоенергетичних ресурсів процесу тепловологообміну дуже нерівномірне (табл.5.3), максимуми в літні місяці можуть більше ніж в 5 разів перевищувати мінімальне значення в осінньо - весняний період.

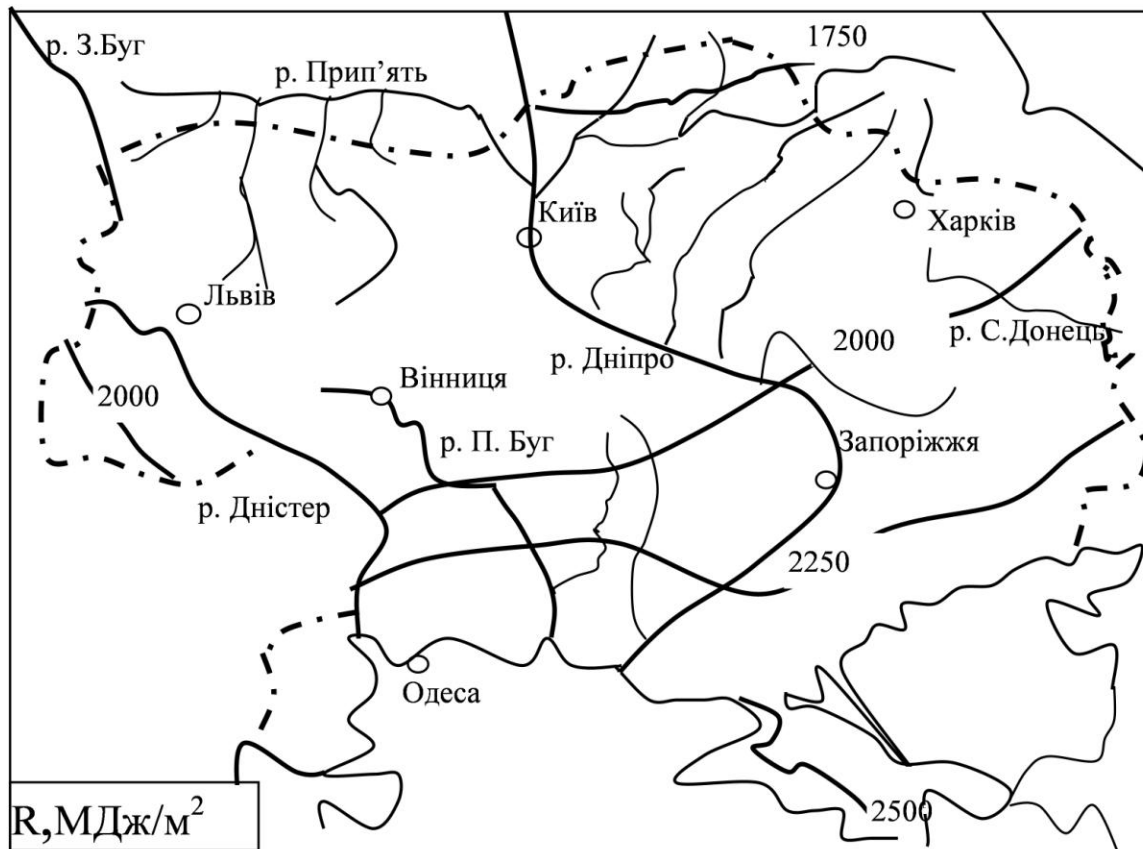


Рисунок 5.3– Річні значення радіаційного балансу, МДж/м2

Теплоенергетичні ресурси, що надходять до земної поверхні та перетворені на ній в теплову енергію, обумовлюють фазові перетворення води, біологічні та хімічні процеси. Дані таблиці 5.1 – 5.3 свідчать, що структура та просторово-часові розподілення елементів теплоенергетичного балансу схильні до значних змін. Результати числового моделювання дозволять встановити зміни теплоенергетичних ресурсів клімату та процесу тепловологообміну, викликані діяльністю людини. Оцінювання впливу антропогенних факторів дозволяє прогнозувати доцільність, можливі наслідки та розміри впливу будівництва народногосподарських об'єктів на компоненти природного середовища.

Таблиця 5.3 – Баланс прибуткових та витратних статей теплоенергетичних ресурсів процесу сумарного випаровування в середній багаторічній рік в Вінниці, МДж/м<sup>2</sup>

Елемент балансу	Місяці										
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII- I	Рік
Теплоенергетичні ресурси процесу сумарного випаровування	56	177	289	355	359	327	224	107	42	89	2025
Витрати теплоенергетичних ресурсів на процес випаровування	45	151	225	242	218	185	123	62	28	64	1343
Витрати теплоти на сумарний теплообмін	11	26	64	113	141	142	401	45	14	25	682

## 5.2 Водний баланс природних об'єктів

Кількісний облік водних ресурсів природних об'єктів, виявлення регіональних особливостей та їх перетворення в процесі тепловологообміну, має велике значення як пізнавальне, так і практичне при розробці проектів та експлуатації народногосподарських об'єктів.

**Водний баланс ділянки літосфери** є математичним виразом закону збереження й перетворення речовин в процесі вологообміну між компонентами географічної оболонки та встановлює в кількісній формі зв'язок між прибутковими й витратними характеристиками цього процесу. За розрахунковий інтервал часу для одиначної ділянки літосфери від підстильної поверхні до водоупора (рис. 5.4) вологообмін можна подати у вигляді рівняння водного балансу

$$K_1 X + C + (W_1 - W_2) + (Q_1 + Q_2) = Z + (Y_2 - Y_1) + (G_2 - G_1) + (S_2 - S_1) + (P_2 - P_1), \quad (5.8)$$

де  $X$  – сума атмосферних опадів;

$K_1$  – коефіцієнт, що виправляє недоврахування опадомірними приладами;

$C$  – кількість вологи, яка конденсується на елементах земної поверхні та верхньому шарі ґрунту;

$W_1, W_2$  – запаси вологи в шарі ґрунту  $h_B$ , відповідно, на початок й кінець розрахункового проміжку часу;

$Q_1, Q_2$  – запаси вологи в шарі  $(h_{AA} - h_B)$ , відповідно, на початок й кінець розрахункового проміжку часу;

$A_1, A_2$  – вологообмін між ґрунтом й повітрям на рівні підстильної поверхні;

$Z$  – сумарне випаровування;

$Y_1, Y_2$  – приплив та відтік поверхневих вод;

$G_1, G_2$  – приплив та відтік ґрунтової вологи в шарі  $h_D$  ;

$S_1, S_2$  – приплив й відтік ґрунтової вологи в шарі ( $h_{\bar{A}\bar{A}} - h_D$ );

$P_1, P_2$  – приплив й відтік ґрунтових вод;

$D_1, D_2$  – вологообмін між шаром ґрунту аерації та шаром насичення ґрунтовою водою;

$U_1, U_2$  – вологообмін між шарами ґрунту  $h_D$  та ( $h_{\bar{A}\bar{A}} - h_D$ );

$h_{\bar{A}\bar{A}}$  – глибина залягання ґрунтових вод.

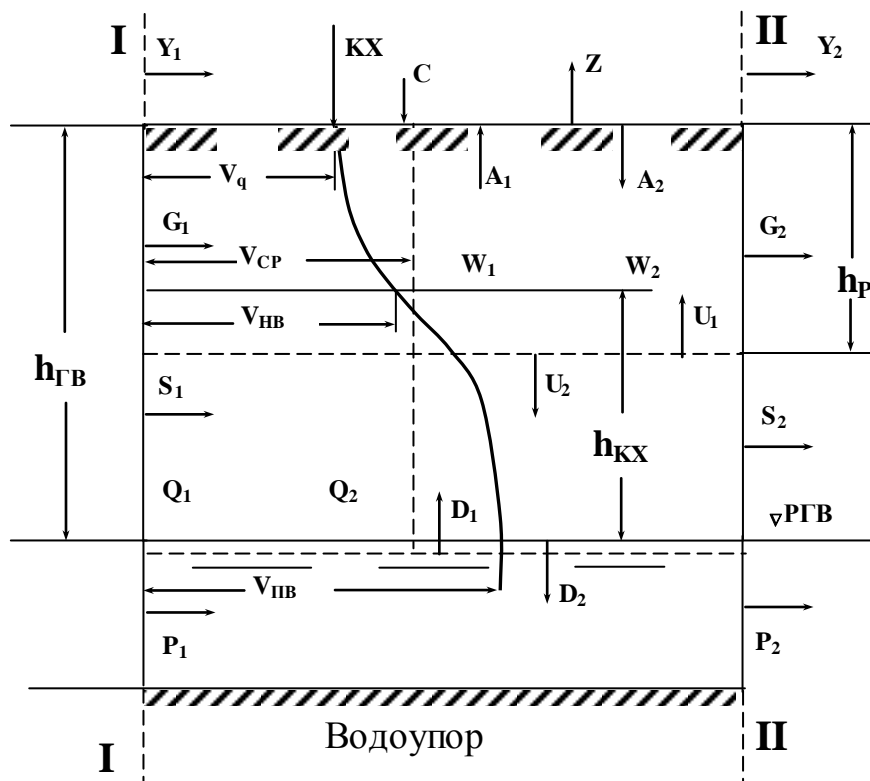


Рисунок 5.4 – Схема вологообміну в шарі літосфери

Рівняння водного балансу для денної поверхні землі

$$\hat{E}_1 \bar{O} + Y_1 + A_1 + C = Z + Y_2 + A_2 ; \quad (5.9)$$

для розрахункового шару ґрунту  $h_D$

$$A_2 + G_1 + W_1 + U_1 = A_1 + G_2 + W_2 + U_2 ; \quad (5.10)$$

для аерованого шару ґрунту

$$D_1 + U_2 + S_1 + Q_1 = D_2 + U_1 + S_2 + Q_2 ; \quad (5.11)$$

для шару насиченого водою

$$P_1 + D_2 = P_2 + D_1. \quad (5.12)$$

В рівнянні (5.8) сумарний стік з ділянки суходолу

$$Y = (Y_2 - Y_1) + (G_2 - G_1) + (S_2 - S_1) + (P_2 - P_1). \quad (5.13)$$

Внутрішньогрунтовий стік спостерігається рідко та його значення незначне порівняно з іншими елементами водного балансу

$$(G_2 - G_1) + (S_2 - S_1) \rightarrow 0. \quad (5.14)$$

При глибокому покладі ґрунтових вод виконується умова

$$Q_1 - Q_2 = 0. \quad (5.15)$$

Сумарний прибуток атмосферної вологи на діяльну поверхню

$$KX = K_1X + C. \quad (5.16)$$

Враховуючи (5.9) – (5.16) рівняння (5.8) для будь-якого розрахункового проміжку набуває вигляду

$$KX + W_1 - W_2 = Z + Y_1, \quad (5.17)$$

де  $(KX + W_1 - W_2) = H$  – сумарне зволоження.

В рівнянні водного балансу (табл.5.4 та 5.5) сумарний стік та сумарне випаровування характеризується теоретичними обмеженнями  $0 \leq Y \leq H$ ,  $Z \rightarrow 0$  при  $H \rightarrow 0$ ,  $Z \rightarrow Z_m$  при  $H \rightarrow \infty$ .

Таблиця 5.5 – Світові запаси води та період їх відновлення [18]

Вид води	Об'єм, км <sup>3</sup>	Частка від світових запасів, %		Період відновлення
		від загаль- них запасів	від запасів прісних вод	
Світового океану	1338·10 <sup>6</sup>	96,5	-	2500 років
Підземні води	234·10 <sup>3</sup>	1,7	-	1400 років
Ґрунтова волога	16500	0,001	0,05	1 рік
Льодовики та вічні сніги	24064120	1,74	68,7	9700 років
Підземні льоди	300000	0,022	0,86	1000 років
Запаси води в озерах	176400	0,013	-	17 років
Води боліт	11470	0,0008	0,03	5 років
Води в руслах річок	2120	0,0002	0,006	16 днів
Біологічна вода	1120	0,0001	0,003	декілька годин
Вода в атмосфері	12900	0,001	0,04	8 днів
Загальні запаси води	1385984610	100	-	-
Прісні води	35029210	2,53	100	-



Таблиця 5.6 – Водний баланс земної поверхні [18]

Елемент балансу	Шар, мм/рік	Об'єм, $10^3 \text{ км}^3$	Відсоток
Океан ( $F_o = 361 \cdot 10^6 \text{ км}^2$ )			
Осадки на океан	1270	458,0	90,7
Приток в океан	130	46,8	9,3
Випаровування з океану	1400	504,8	100
Суходіл ( $F_c = 149 \cdot 10^6 \text{ км}^2$ )			
Опади на суходіл	1100	164	100
Стік із суходолу	314	46,8	28,5
Випаровування із суходолу	786	117,2	71,5
Земна куля ( $F = 510 \cdot 10^6 \text{ км}^2$ )			
Опади	1220	622	100
Випаровування	1220	622	100

Водні ресурси України розподілені дуже нерівномірно, в західних областях найбільші запаси води (2...7 тис.  $\text{м}^3$  на одного мешканця), а в південних районах приходить на одного мешканця в 10..15 раз менше води.

Таблиця 5.7 – Водні ресурси України [18]

Область, країна	Середній річний об'єм, $\text{км}^3$			Ресурси місцевого стоку на одного мешканця
	місцевий стік	приплив	загальний стік	
Київська	1,86	44,2	46,1	592
Черкаська	1,21	46,2	47,4	806
Вінницька	2,05	7,82	9,9	954
Хмельницька	2,18	6,80	9,0	1340
Житомирська	2,76	0,60	3,4	1730
Тернопільська	1,68	6,15	7,0	1470
Чернівецька	1,30	8,53	9,8	1580
Кіровоградська	1,12	48,8	49,9	876
Одеська	0,36	10,3	10,7	165
Україна	49,9	35,6	85,8	1060

Середня багаторічна сума опадів на Україні складає 609 мм, які в основному витрачаються на процес сумарного випаровування (526 мм). На формування вод місцевого стоку витрачається 83 мм (на поверхневий стік – 64 мм, на підземні води – 19 мм). Внаслідок широтних змін кліматичних факторів загальною закономірністю змін елементів водного балансу є зменшення його складових з півночі на південь (табл. 5.8). В гірських районах Карпат та Криму на характер просторово-часового розподілення елементів водного балансу значно впливає висотна поясність.

Таблиця 5.8 – Середній багаторічний водний баланс на Україні [18]

Область, країна	Опади	Стік			Випаровування
		сумарний	поверхневий	підземний	
Київська	645	64	48	16	581
Черкаська	572	58	48	10	514
Вінницька	592	77	59	18	518
Хмельницька	673	105	74	31	599
Житомирська	682	92	76	16	590
Тернопільська	724	121	68	53	603
Чернівецька	788	160	106	54	628
Кіровоградська	536	45	41	4	491
Одеська	495	11	11	0	484
Україна	609	83	64	19	526

Просторове розподілення елементів водного балансу на території Вінницької області характеризується явно вираженою зональністю (рис.5.5 – 5.7). Середні багаторічні суми опадів (рис. 5.5) змінюються від 630 мм в північно-західній області до 540 мм на південно-західній області.

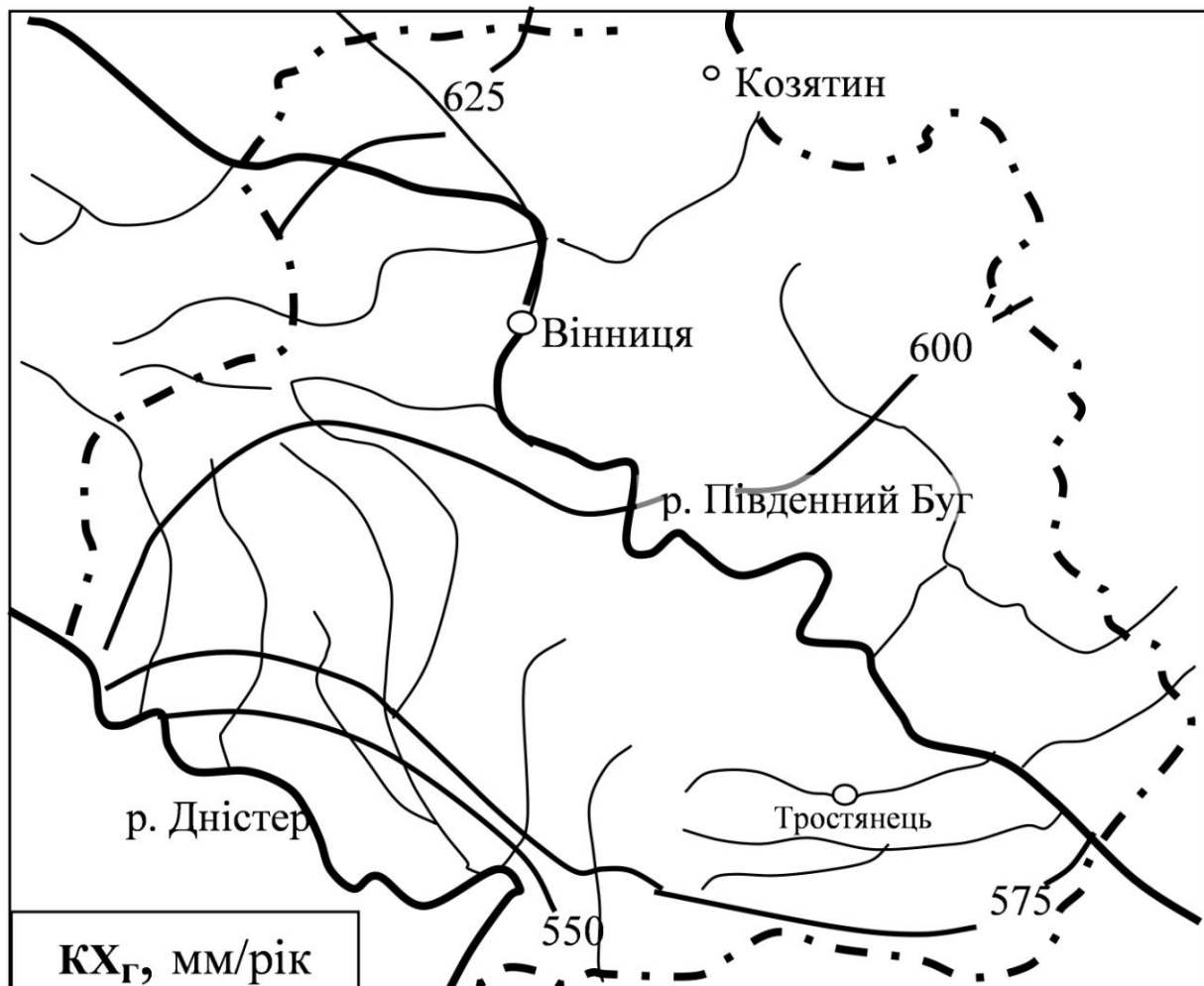


Рисунок 5.5 – Середні багаторічні суми опадів, мм/рік

Найбільші річні значення сумарного випаровування коливаються від 540 мм до 510 мм (рис. 5.6).

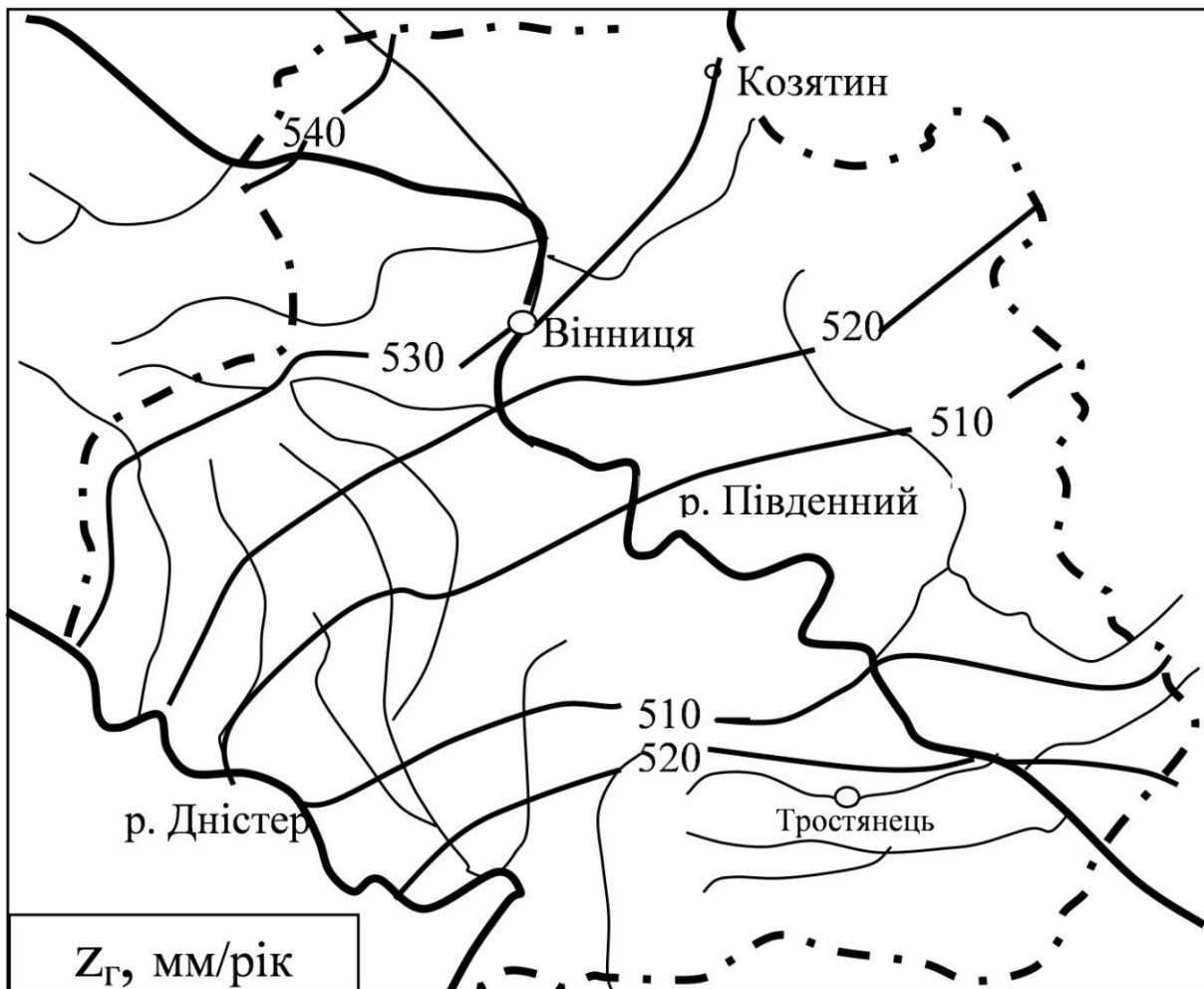


Рисунок 5.6 – Середні багаторічні значення сумарного випаровування, мм/рік

Відповідно до характеру надходження до діяльної поверхні ресурсів теплоти та вологи їх перетворення в процесі тепловологообміну значення сумарного стоку в межах Вінницької області змінюється від 50 до 90 мм (рис 5.7). Протягом року елементи водного балансу характеризуються значними змінами (табл. 5.9).

Таблиця 5.9 – Середній багаторічний водний баланс в м. Вінниці, мм

Елементи балансу	Місяці										Рік
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII-II	
Опади	31	48	65	78	77	73	48	46	44	111	621
Випаровування	18	60	90	96	87	74	49	25	11	25	535
Стік	5	22	21	13	8	5	3	2	1	4	86
Зміна вологозапасів	+56	-34	-46	-31	-18	-6	+4	+19	+32	+34	0

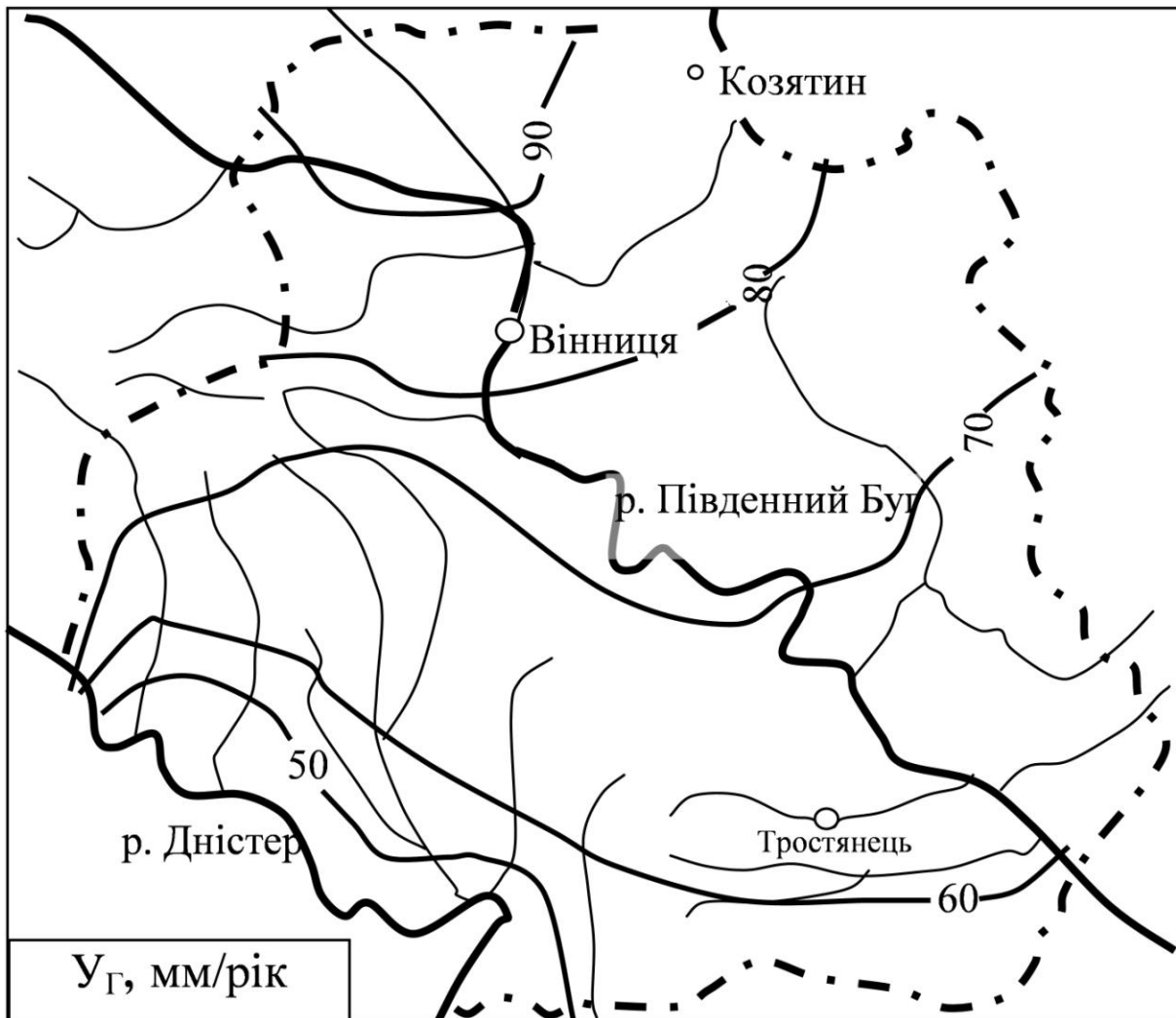


Рисунок 5.7 – Середні багаторічні значення сумарного стоку, мм/рік

Дані табл. 5.5 – 5.9 та рис.5.5 – 5.7 свідчать, що структура водного балансу, його просторово-часовий та кількісний режим різні як в цілому для земної кулі, так і в його окремих регіонах. Окрім того, на характер просторово-часового розподілення елементів водного балансу суттєвий вплив чинять антропогенні фактори. Тому при гідролого-кліматичних інженерних вишукуваннях важлива роль належить оцінюванню адекватності отриманих результатів, що відбуваються на різних природних об'єктах з гідрологічними процесами та явищами.

### 5.3. Взаємозв'язок елементів теплоенергетичного та водного балансу

В практиці оцінювання якості ґрунтів та прогнозування їх стану за результатами водобалансових досліджень використовують рівняння зв'язку елементів теплоенергетичного та водного балансів. Це обумовлено тим, що загальними витратними компонентами теплоенергетичного й

водного балансу ділянки літосфери є сумарне випаровування та затрати теплоти на цей процес.

Рівняння зв'язку установлюють аналітичну залежність сумарного випаровування від компонентів процесу перетворення сонячної енергії та ресурсів вологи. При цьому теплові ресурси виражаються шаром води, яка може випаровуватися при умові повної витрати ресурсів теплоти на цей процес.

Всі елементи балансових рівнянь можуть бути подані у відносних величинах:

а) водного еквіваленту теплоенергетичних ресурсів процесу сумарного випаровування

$$\beta_Z + \beta_T = 1; \quad (5.18)$$

$$\beta_Z + \beta_Y = \beta_H; \quad (5.19)$$

б) водного еквіваленту теплоенергетичних ресурсів клімату

$$\delta_Z + \beta_T = 1; \quad (5.20)$$

$$\delta_Z + \delta_Y = \delta_H; \quad (5.21)$$

де  $\beta_Z, \delta_Z, \beta_Y, \delta_Y, \beta_H, \delta_H, \beta_T, \delta_T$  – відносні сумарні випаровування, стік, сумарне зволоження та сумарний теплообмін відповідно до водних еквівалентів сумарного випаровування та клімату.

В диференціальній формі балансові рівняння мають вигляд:

$$\partial\beta_Z/\partial\beta_H + \partial\beta_Y/\partial\beta_H = 1, \quad (5.22)$$

$$\partial\delta_Z/\partial\delta_H + \partial\delta_Y/\partial\delta_H = 1, \quad (5.23)$$

Інтегрування рівнянь (5.22) та (5.23) в загальному вигляді після відповідної підстановки

$$\beta_H = \int (1 - \beta_Z^n)^{(n+1)/n} d\beta_Z; \quad (5.24)$$

$$\delta_Z = \int (1 + e^{an} \delta_H^n)^{n/(n+1)} d\delta_H; \quad (5.25)$$

дозволяє отримати часткові рівняння зв'язку:

$$\beta_Z = (1 + \beta_H^{-n})^{-1/n}, \quad (5.26)$$

$$\delta_Z = \delta_H (1 + e^{an} \delta_H^n)^{-1/n}, \quad (5.27)$$

де  $n$  – параметр, числові значення якого залежать від відношення сумарного випаровування та зволоження в оптимальних умовах і фізико-географічних умов формування стоку на ділянці літосфери;

$a$  – параметр, що характеризує можливу верхню границю затрат теплоенергетичних ресурсів клімату на процес випаровування.

Значення параметра  $n$  знаходяться в межах 1,0...3,0; параметра  $a$  в межах 0...0,3.

Ґрунт є трифазною системою, до складу якої входять тверда, рідка й газоподібна частина. Тверда частина ґрунту й волога знаходяться в постійній взаємодії, що обумовлено силами різної природи й величини. Результати цієї взаємодії характеризують основні водні властивості ґрунтів: здатність затримувати воду різних категорій й форм (вологоємність), здатність поглинати воду й пропускати її (водопроникність) та здатність віддавати частину води шляхом вільного стікання (водовіддача).

Важливою агрогідрологічною характеристикою ґрунтів є їх **вологоємність** – властивість ґрунтів вміщувати або затримувати певну кількість води в порах. За характером зв'язку води з твердим середовищем розрізняють такі вологоємності:

- **максимальна адсорбційна вологоємність** – найбільша кількість води, яку ґрунт може міцно зв'язати в результаті явища адсорбції;
- **максимальна гігроскопічна вологоємність** – найбільша кількість пароподібної вологи, яку повітряно-сухий ґрунт може поглинути із повітря, дорівнює 94%;
- **найменша вологоємність** – найбільша кількість завислої води незалежно від механізму затримання вологи, яка може затримуватися в верхній частині товщі ґрунту після вільного стікання води, при глибокому заляганні підземних вод. Величина найменшої вологоємності визначається механічним складом ґрунтів. В пісках її величина дорівнює 3...5%, в супісках - 10...15%, в суглинках та глинах - 15...30%;
- **капілярна вологоємність** – кількість вологи в ґрунті, що затримується капілярними силами на певній відстані від рівня ґрунтових вод. Величина її змінна і залежить від висоти розміщення даного шару ґрунту над дзеркалом підземних вод;
- **максимальна капілярна вологоємність** – найбільша кількість води, яка затримується в ґрунті капілярними силами над дзеркалом підземних вод;
- **повна вологоємність** – найбільша кількість води, яка може вміститися в ґрунті за умови повного заповнення всіх пор і пор, за винятком зайнятих стиснутим повітрям.

Існує взаємозв'язок балансових елементів з водофізичними властивостями ґрунтів, який в диференціальній формі апроксимується рівнянням

$$d\beta_z = rV^{r-1}(1 - \beta_z^n)^{(n+1)/n} dV, \quad (5.28)$$

де  $V$  – відносна вологість ґрунтів, яка виражена їх агрогідроложною константою найменшої вологості;

$r$  – параметр, який характеризує водофізичні властивості ґрунтів та знаходиться в межах 1,1...3,0; при цьому меншими значеннями характеризуються піщані, а більшими – глинисті ґрунти.

За результатами інтегрування рівняння (5.28) отримують залежність:

$$\beta_z = (1 + V^{-m})^{-1/n}. \quad (5.29)$$

Величина найменшої вологості метрового шару ґрунтів в залежності від механічного складу змінюється в таких межах: глинисті та суглинисті 300...400 мм, легкосуглинисті 200...300 мм, супіщані 100...200 мм, піщані 60...100 мм.

Результати числового та картографічного моделювання дозволяють оцінити якість водного режиму ґрунтів та прогнозувати їх стан при зміні надходжень ресурсів тепла й вологи до літосфери. Розподілення середніх багаторічних відносних величин балансових елементів на території Вінницької області показано на рис. 5.8 – 5.11.

Значення середніх багаторічних значень сумарного зволоження змінюються від 0,6 на південно-східній частині до 0,8 на півночі (рис. 5.8), а відносне сумарне випаровування відповідно в тих же районах від 0,55 до 0,70 (рис. 5.9). Це свідчить про те, що на сумарний теплообмін витрачається 30-45% теплоенергетичних ресурсів.

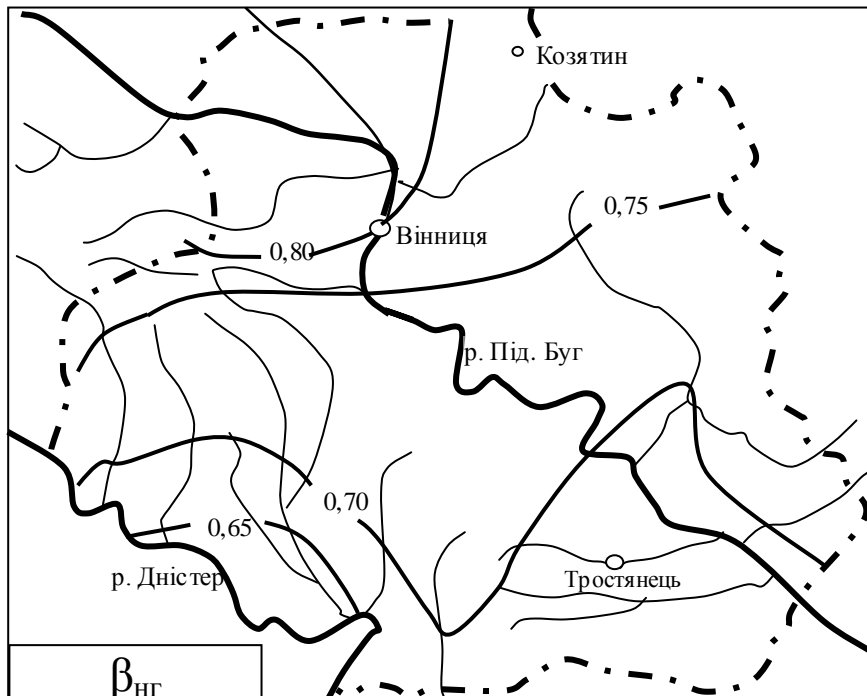


Рисунок 5.8 – Середнє багаторічне значення відносного сумарного зволоження

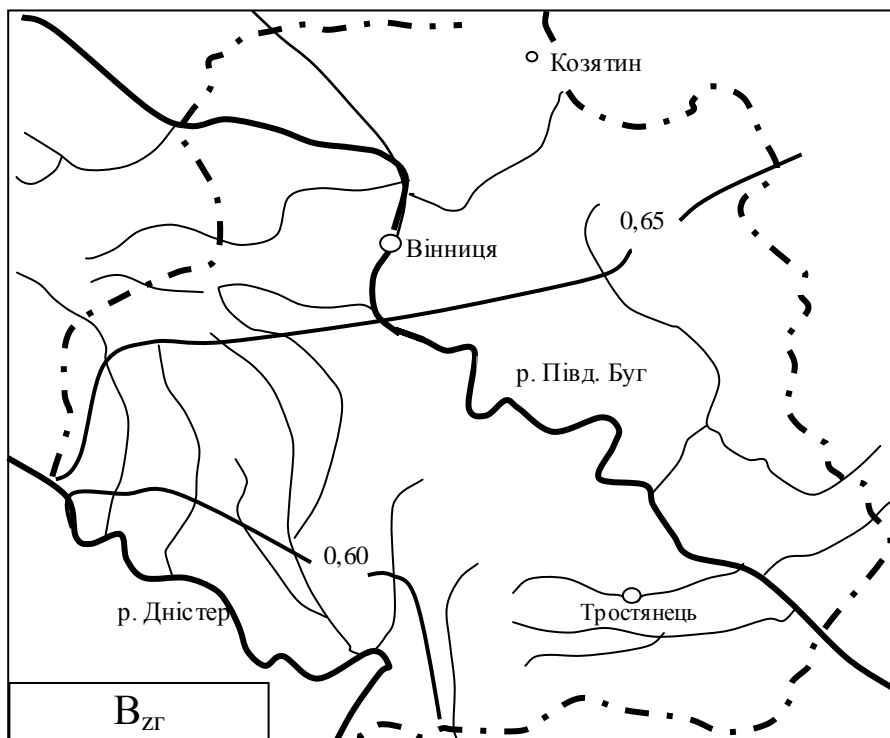


Рисунок 5.9 – Середнє багаторічне значення відносного сумарного випаровування

Середня багаторічна річна вологість ґрунту складає 70-90% найменшої вологості (рис. 5.10).

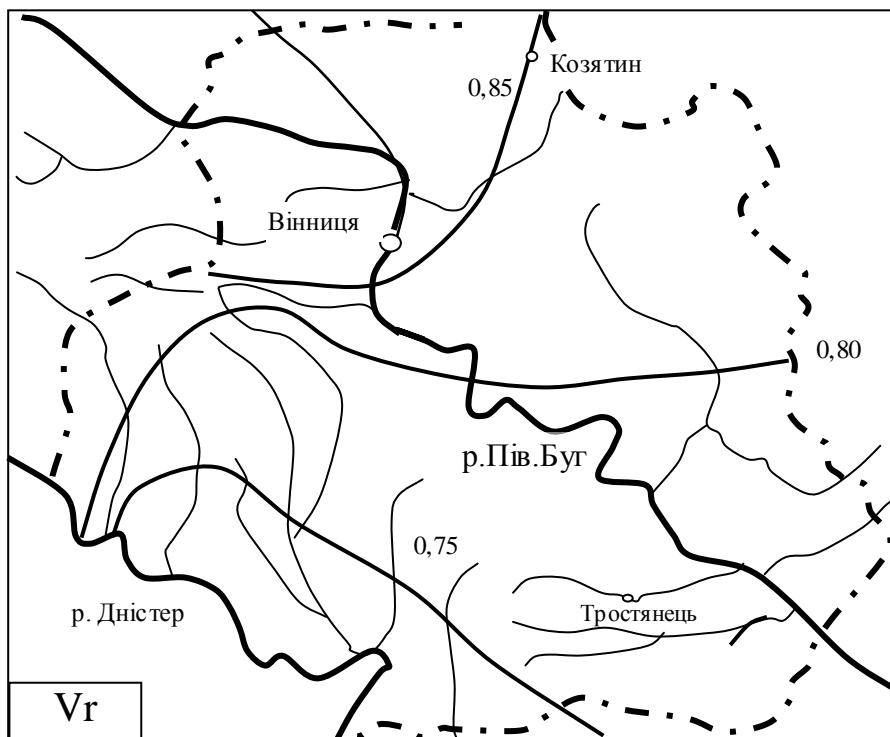


Рисунок 5.10 – Середня за рік багаторічна вологість ґрунту як частка найменшої вологості



На стік в середній рік витрачається 7-15% опадів (рис. 5.11).

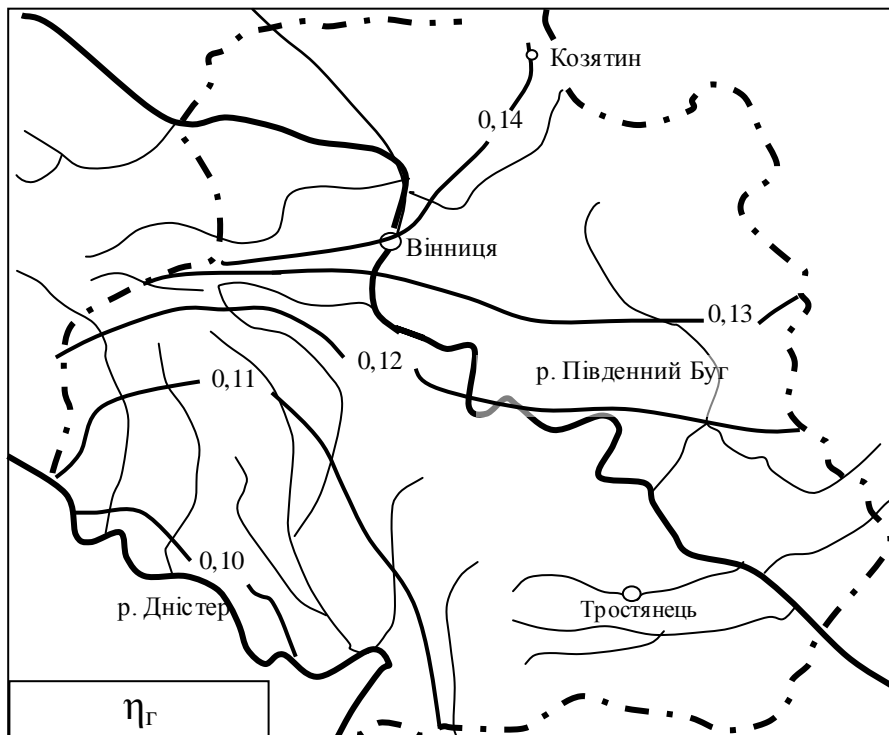


Рисунок 5.11 – Середній багаторічний коефіцієнт річного стоку

Характер річного розподілення відносних значень балансових елементів (табл. 5.10) свідчить про те, що найбільше зволоження поверхні ґрунтів в осінньо-зимовий період, а найменше – влітку.

Таблиця 5.10 – Середні багаторічні значення відносних балансових елементів по м. Вінниці

Показник	Місяці										В рік
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII-II	
Відносне сумарне зволоження	1,05	1,18	0,96	0,77	0,66	0,61	0,59	0,62	0,73	0,83	0,80
Відносне сумарне випаровування	0,81	0,85	0,78	0,68	0,61	0,57	0,55	0,58	0,66	0,71	0,68
Коефіцієнт стоку	0,17	0,48	0,33	0,17	0,10	0,07	0,06	0,04	0,03	0,04	0,14
Вологість ґрунту в частках найменшої вологості	1,03	1,12	0,98	0,84	0,76	0,72	0,70	0,73	0,81	0,88	0,86

Внаслідок високих температур теплоенергетичних ресурсів в літньо-осінній період при незначному зволоженні діяльної поверхні, велика частка атмосферних опадів витрачається на процес сумарного випаровування та тільки 3-10% – на стік. У весняний період на стік витрачається до 50% атмосферних опадів, оскільки ґрунти достатньо насичені вологою, а частка теплоенергетичних ресурсів, що надходить до земної поверхні, невелика.

#### **5.4 Оцінка оптимальних умов тепловологозабезпечення**

Руйнування природних систем життєзабезпечення відбувається в результаті непомірної техногенної дії на природу, непомірних запитів суспільства до природних ресурсів та їх надмірної експлуатації. Небезпечні процеси, що викликані антропогенною діяльністю, охоплюють осі геосистеми та геосфери. Найбільш складними із небезпечних природно-антропогенних процесів є зміна клімату. Ряд ознак свідчить про те, що розпочався процес потепління, який супроводжується екстремальними відхиленнями та загальною дестабілізацією, зміною газової структури атмосфери, зменшенням озонового шару та випаданням лужних опадів. Порушується кругообіг води. Відбувається кількісне виснаження та якісне погіршення водних ресурсів. В результаті того, що триває масове зменшення площ лісів, посилюється ерозія та зменшується природна родючість ґрунтів, розширюється спустошення. Посилюються стихійні лиха, що викликані нераціональним природовикористанням. Найбільше цьому впливу підлягають райони екстремальних природних умов та крихких екосистем – гірські райони, посушливі території тощо.

Природна тепловологозабезпеченість діяльної поверхні характеризує комплекс природних виробничих сил. Існує ряд методів якісного оцінювання тепловологозабезпеченості земної поверхні, що дозволяє охарактеризувати характер взаємовідносин ресурсів теплоти та вологи, як за допомогою матеріалів безпосередніх багаторічних спостережень за елементами теплоенергетичного та водного балансів, так і за допомогою відносних показників. Як відносні показники використовуються: коефіцієнт зволоження, що характеризується відношенням суми атмосферних опадів до функції дефіциту вологості повітря; гідротермічний коефіцієнт – відношення опадів та функції температури повітря; індекс сухості клімату – відношення радіаційного балансу до суми опадів. Загальний недолік цих показників – недоврахування річного перерозподілу ресурсів вологи в активному шарі ґрунту діяльної поверхні, особливо за річні періоди.

Як показник рівня оптимальності зволоження за будь-який період часу рекомендується приймати величину оптимального запасу вологи в розрахунковому шарі ґрунту  $W_0$ . Верхнім критерієм оптимуму зволоження

діяльного шару ґрунту, при якому створюються найкращі умови для розвитку фітоценозу, є найменша вологоємність  $W_{ia}$ , нижнім – вологість розриву капілярних в'язей  $W_{\partial e}$ . Відхилення зволоженості від її оптимуму приводять до погіршення умов життєдіяльності або навіть до гибелі фітоценозів.

При повній сумірності теплоенергетичних ресурсів та вологи запасів справедливі рівняння

$$\hat{E}\tilde{O} + W_1 - W_2 = V_o^r Z_m; \quad (5.30)$$

$$\hat{E}\tilde{O} + W_1 - W_2 = V_o^{1/c} e^{-a} Z_k, \quad (5.31)$$

де  $V_o = \frac{W_o}{W_{ia}}$  – значення оптимального заносу вологи в розрахунковому шарі ґрунту, що віднесена до найменшої вологоємності.

У випадках, коли спостерігається дисбаланс між теплою та вологою, дефіцити сумарного зволоження за будь-який відрізок часу для різного рівня оптимальності зволоження будуть такі:

$$\Delta I_{V_o} = \hat{E}\tilde{O} + W_1 - W_2 - V_o^r Z_m; \quad (5.32)$$

$$\Delta H_{V_o} = \hat{E}\tilde{O} + W_1 - W_2 - V_o^{1/c} e^{-a} Z_k. \quad (5.33)$$

При оптимальних співвідношеннях теплоенергетичних та водних ресурсів сумарне випаровування також наближається до оптимального значення. Відносно оптимальне випаровування:

$$\beta_{Z_o} = (1 + V_o^{-m})^{-1/n}; \quad (5.34)$$

$$\delta_{Z_o} = e^{-a} (1 - V_o^{-n/c})^{-1/n}. \quad (5.35)$$

Дефіцити сумарного випаровування за розрахунковий період в природних умовах тепловологобміну складають:

$$\Delta Z = Z - Z_m (1 + V_o^{-m})^{-1/n}; \quad (5.36)$$

$$\Delta Z = Z - Z_k e^{-a} (1 + V_o^{-n/c})^{-1/n}. \quad (5.37)$$

Дефіцит сумарного випаровування в умовах недостатнього зволоження характеризують невикористані на процес випаровування теплоенергетичні ресурси. Ці теплоенергетичні ресурси перевитрачаються на турбулентний теплообмін та нагрівання ґрунту. В умовах надмірного зволоження значення дефіцитів сумарного випаровування вказують на перевитрати ресурсів теплоти на випаровування, обумовлюючи недостатній турбулентний теплообмін та об'єм в ґрунті. Господарчі об'єкти проектуються з врахуванням динаміки зволоженості в роки заданої тепловологозабезпеченості.

Дефіцити сумарного зволоження в роки заданої P% - забезпеченості:

$$\Delta H_{P\%} = \Delta \bar{H}(1 + C_V \hat{O}_{P\%}), \quad (5.38)$$

де  $\Delta \bar{H}$  – середнє багаторічне значення дефіциту сумарного зволоження;

$\tilde{N}_V$  – коефіцієнт варіації дефіцитів сумарного зволоження;

$\hat{O}_{P\%}$  – нормоване відхилення з врахуванням того, що багаторічні коливання модульних коефіцієнтів дефіцитів сумарного зволоження узагальнюються інтегральною кривою нормального розподілення ймовірностей Гаусса.

Значення коефіцієнтів варіації отримують шляхом статистичної обробки дефіцитів сумарного зволоження за недостатньо довгий ряд конкретних років, а при відсутності таких даних – за емпіричними залежностями

$$\tilde{N}_{V\Delta H} = AV_{oi}^r / \Delta \bar{H}_{V_{oi}}, \quad (5.39)$$

де  $A$  – параметр, числові значення якого змінюються в межах 75...100 залежно від фізико-географічних умов формування дефіцитів сумарного зволоження;

$V_{oi}$  – необхідний оптимальний рівень зволоження (0,8...1,0);

$\Delta \bar{H}_{V_{oi}}$  – середні багаторічні дефіцити сумарного зволоження за розрахунковий період при за даному рівні оптимальності (рис. 5.12).

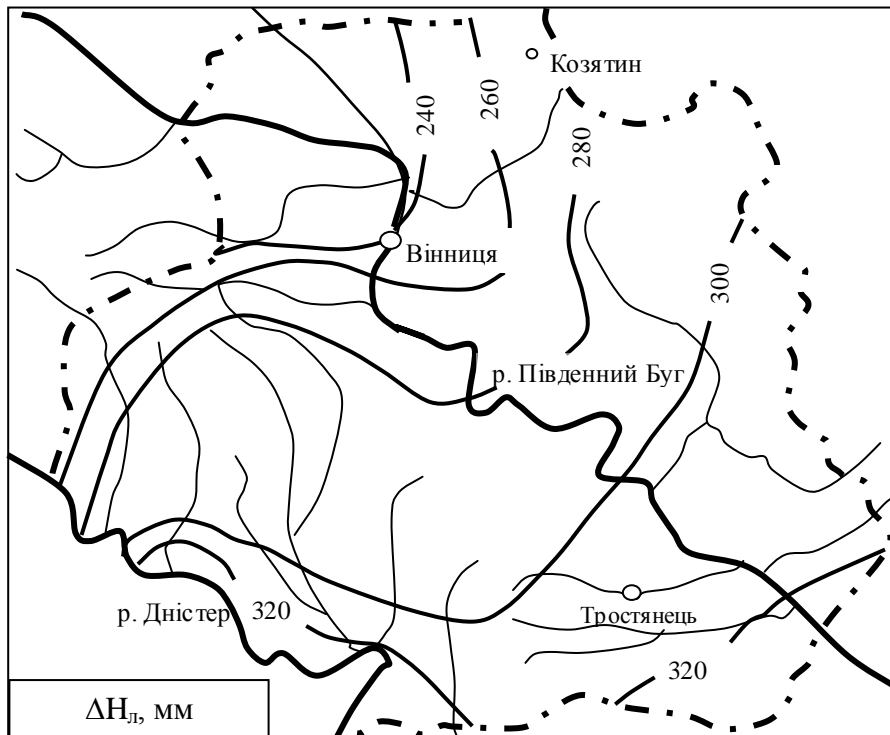


Рисунок 5.12 – Середні багаторічні літні дефіцити сумарного зволоження, мм

Основне джерело теплоенергетичних ресурсів клімату – променева енергія Сонця, що перетворюється верхнім шаром літосфери в теплову, яка обумовлює фазові перетворення води, хімічні та біологічні процеси. На Землі утворилася повна сумірність ресурсів тепла й вологи, яка відповідно до математичної інтерпретації процесу тепловологообміну характеризується рівністю середніх багаторічних опадів  $\hat{E}\tilde{O}_D$  і водного еквівалента теплоенергетичних ресурсів сумарного випаровування  $Z_{mp}$ , тобто

$$KX_p/Z_{mp} = 1. \quad (5.40)$$

Внаслідок того, що теплоенергетичні ресурси клімату більші теплоенергетичних ресурсів процесу сумарного випаровування, при оптимальній тепловологозабезпеченості верхнього шару літосфери справедлива умова

$$H_o/Z_{ko} = Z_{mo}/Z_{ko} \neq 1. \quad (5.41)$$

де  $H_o = V_o^n Z_m$  – сумарне зволоження за оптимальних умов;

$Z_{ko}$  – водний еквівалент теплоенергетичних ресурсів клімату за оптимальних умов;

$Z_{mo}$  – водний еквівалент теплоенергетичних ресурсів сумарного випаровування за оптимальних умов;

$V_o$  – відносна оптимальна вологість ґрунтів як частка від найменшої вологоємності.

При оптимальних умовах зволоження рівняння водного балансу верхнього шару літосфери має вигляд:

$$H_o = Z_o + Y_o, \quad (5.42)$$

де  $Z_o, Y_o$  – величини, відповідно, сумарного випаровування та стоку за оптимальних умов зволоження.

Рівняння водного балансу (5.42) можна подати у вигляді

$$H_o/Z_{mo} = Z_o/Z_{mo} + Y_o/Z_{mo} = 1, \quad (5.43)$$

$$H_o/Z_{ko} = Z_o/Z_{ko} + Y_o/Z_{ko} = \alpha_o. \quad (5.44)$$

Тоді між значеннями величин відносного сумарного зволоження ( $\delta_{Ho} = H_o/Z_{ko}$  і  $\beta_{Ho} = H_o/Z_{mo}$ ) буде залежність

$$\delta_{Ho} = \beta_{Ho} - (1 - \alpha_o). \quad (5.45)$$

З рівнянь (5.42), (5.43) витікає, що оскільки при оптимальних умовах зволоження  $H_o = Z_{mo} = Z_o + Y_o$ , то

$$(Z_o + Y_o)Z_{ko} = H_o/Z_k = Z_{mo}/Z_{ko}, \quad (5.46)$$

$$\delta_{Z_o} + \delta_{Y_o} = \delta_{H_o} = Z_{m_o} / Z_{k_o} = \alpha_o, \quad (5.47)$$

$$\beta_{H_o} = 1 / \beta_{H_o} - \delta_{H_o} = 1, \quad (5.48)$$

$$\delta_{H_o}^2 + \delta_{H_o} = 1. \quad (5.49)$$

Рівняння (5.48) має два корені:  $(\sqrt{5}-1)/2$  та  $(-\sqrt{5}-1)/2$ . Додатний корінь цього рівняння є величиною оберненою “золотій пропорції”  $1/x = 0,618$  при  $x = 1,618$ .

В природі існує повна гармонія як сумірність частини та цілого, злиття різних компонентів перетворення теплоенергетичних і водних ресурсів в єдине ціле. Оскільки в гармонії отримується зовнішнє проявлення внутрішньої впорядкованості, то частка теплоенергетичних ресурсів клімату, що використовуються на процес тепловологообміну в оптимальних умовах, також характеризується величиною “золотої пропорції”

$$x = 1 + \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\varphi_p(n-p-1)}{\varphi_p(n-1)}, \quad (5.50)$$

де  $\varphi_p$  – значення числа ряду Фібоначчі;

$p$  – параметр, що визначає закон зв'язку кожного наступного числа ряду  $n$  з попереднім.

Тоді відношення між теплоенергетичними ресурсами клімату й сумарним зволоженням за оптимальних умов тепловологозабезпечення буде таким:

$$1/x_o = Z_{k_o} / H_o = Z_{k_o} / Z_{m_o} = 1 + \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\varphi_p(n-p-1)}{\varphi_p(n-1)}. \quad (5.51)$$

Багаторазові експериментальні дані свідчать, що при  $p = 1$  співвідношення між теплоенергетичними ресурсами й сумарним зволоженням за оптимальних умов тепловологозабезпеченості  $1/x_o = 1,618$ .

Результати числового моделювання умов тепловологозабезпечення верхнього шару літосфери наведені в табл. 5.11– 5.13.

Таблиця 5.11 – Середні багаторічні значення відносних сумарного зволоження  $\beta_H$  та сумарного випаровування  $\beta_Z$  в м. Вінниці

Показник	Місяці								За рік
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	
$\beta_H$	1,18	0,96	0,77	0,66	0,61	0,59	0,62	0,73	0,80
$\beta_Z$	0,85	0,78	0,68	0,61	0,57	0,55	0,58	0,66	0,68

Аналіз просторово-часового розподілу показників зволоження (табл. 5.11 – 5.13) свідчить, що в результаті взаємодії теплоенергетичних і водних ресурсів є значні відхилення природних умов зволоження ґрунтів від оптимальних. Установлені за результатами моделювання умов тепловологозабезпечення верхнього шару літосфери кількісні та якісні значення цих диспропорцій дозволяють виконати достовірну характеристику умов формування специфічних умов довкілля й намітити раціональні шляхи їх перетворення з метою оптимізації.

Таблиця 5.12 – Середні багаторічні дефіцити сумарного зволоження  $\Delta I = H - V_o^n Z_m$  в м. Вінниці, мм

Оптимальний рівень зволоження	Місяці						За рік
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	
$V_0 = 1$	23	50	63	66	57	41	186
$V_0 = 0,9$	12	33	43	45	38	28	68

Таблиця 5.13 – Дефіцити сумарного зволоження в м. Вінниці за період травень – серпень в роки різної забезпеченості при  $V_0 = 1$ , мм

p% - забезпеченості	10	20	50	80	90
Дефіцит сумарного зволоження	245	207	136	66	27

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Яке рівняння теплоенергетичного балансу?
2. Запишіть рівняння водного балансу.
3. Взаємозв'язок елементів теплоенергетичного та водного балансу.
4. Які показники використовуються для оцінювання тепловологозабезпеченості земної поверхні?
5. Що таке вологоємність?
6. Як класифікують вологоємність?
7. Який взаємозв'язок балансових елементів з водофізичними властивостями ґрунтів?
8. Для заданого пункту визначіть по карті елементи теплоенергетичного та водного балансів, відносні та кількісні показники тепловологозабезпеченості.

## **6 СПЕЦІАЛЬНІ ВИШУКУВАННЯ**

### **6.1 Вишукування для раціонального використання та охорони навколишнього середовища**

Вишукування для раціонального використання і охорони навколишнього середовища виконують у складі комплексних інженерних вишукувань для будівництва (або окремо) з метою:

- оцінювання сучасного стану основних компонентів навколишнього середовища (літосфери, гідросфери, атмосфери, біосфери) для подальшого врахування у проєкті;
- розроблення матеріалів оцінювання впливів об'єктів і господарської діяльності на навколишнє середовище у складі проєктної документації для нового будівництва, реконструкції, технічного переоснащення або ліквідації об'єктів;
- прогнозування можливих змін при збереженні існуючих тенденцій і при планових впливах;
- виявлення гепатогенних зон;
- розроблення рекомендацій з регулювання впливів, інженерної підготовки освоюваної території та особливостей конструкцій будинків і споруд, а також рекомендацій зі створення сприятливих екологічних умов;
- розроблення заходів щодо охорони навколишнього середовища.

Склад вишукувальних робіт встановлюють залежно від: призначення робіт, ступеня вивченості території, характеру змін природних компонентів навколишнього середовища.

У складних екологічних умовах до виконання робіт потрібно залучати спеціалізовані організації або використовувати інформацію з їх фондів, а аналіз інформації має здійснювати вишукувальна організація відповідно до цільового призначення робіт. Під час реконструкції, технічного переоснащення або ліквідації об'єктів вишукування повинні забезпечити покомпонентне і комплексне оцінювання можливих наслідків.

Залежно від цільового призначення вишукування для раціонального використання і охорони навколишнього середовища повинні містити вихідні дані та рекомендації щодо освоєння, меліорації, реабілітації, рекультивації території, захисту від несприятливих процесів, розміщення шкідливих виробництв тощо.

Склад звіту визначається призначенням робіт, технічним завданням замовника і програмою виконання робіт.



## **6.2 Спеціалізовані вишукування**

Спеціалізовані вишукування (умовно вишукувальні роботи) виконують з метою забезпечення органів управління, юридичних і фізичних осіб продукцією, що може бути отримана за допомогою технічного та інтелектуального потенціалу вишукувальних організацій.

До спеціалізованих вишукувань відносять:

- моніторинг навколишнього середовища в межах населених пунктів (об'єктів);
- контроль стану об'єкта (інжиніринг);
- інвентаризацію земель і кадастрові роботи;
- геодезичне забезпечення в процесі будівництва;
- пошук і розвідку підземних вод;
- проектування та буріння розвідувально-експлуатаційних свердловин для питного й технічного водопостачання;
- розвідування ґрунтових будівельних матеріалів;
- обстеження ділянок для розроблення проектів локальної реконструкції ландшафтів;
- бурові та гірничопрохідницькі роботи в процесі будівництва й реконструкції;
- дослідження забруднення ґрунтів і підземних вод;
- роботи з санації територій, забруднених нафтопродуктами та іншими хімічними речовинами;
- створення штучних геотехнічних масивів (основ);
- випробування натурних паль.

Технічне завдання на спеціалізовані вишукування складають у довільній формі з обов'язковим зазначенням конкретної цілі робіт і вимог до кінцевих результатів.

Програма виконання спеціалізованих вишукувань повинна містити дані про цілі, обсяги, методи виконання робіт і вимоги до результатів цих робіт.

Звіт про виконані роботи складають за формою, обумовленою в технічному завданні або в договорі на виконання робіт.

### **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. З якою метою виконують вишукування для раціонального використання і охорони навколишнього середовища?
2. Від чого залежить склад вишукувальних робіт для раціонального використання і охорони навколишнього середовища?
3. Для чого виконують спеціалізовані вишукування?
4. Які роботи входять до складу спеціалізованих вишукувань?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Видуев Н. Г. Инженерные изыскания / Н. Г. Видуев, Ю. В. Полищук. – К.: Высшая школа, 1979. – 272 с.
2. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Територіальна діяльність у будівництві. Основні положення. ДБН А.2.3 – 1 – 99. – Київ, 1999. – 38 с.
3. Войтенко С. П. Геодезичні роботи в будівництві: [навч.пос.]/ С. П. Войтенко. – К.: ІСДО, 1993. – 144 с.
4. Гушля А. В. Водобалансовые исследования/ А. В. Гушля, В. С. Мезенцев. – К.: Высшая школа, 1982. – 229 с.
5. Давыдов А. Д. Гидромелиоративные и гидротехнические изыскания/ А. Д. Давыдов. – Омск: Изд-во СХИ, 1968. – 214 с.
6. Железняков Г. В. Гидрология и гидрометрия/ Г. В. Железняков. – К.: Высшая школа, 1981 – 264 с.
7. Инженерная геодезия / [Багратуни Г. В., Ганьшин В. Н., Данилевич Б. Д. и др.] – М.: Недра, 1984. – 344 с.
8. Інженерні вишукування для будівництва. ДБН А.2.1 – 1 – 2008. – Київ, 2008. – 72 с.
9. Климов О. Д. Основы инженерных изысканий./ О. Д. Климов. – М.: Недра, 1974. – 243 с.
10. Кузьмін В. І. Інженерна геодезія в дорожньому будівництві./ В. І. Кузьмін, О. А. Білятинський. – К.: Вища школа, 2006. – 278 с.
11. Левчук Г. П. Прикладная геодезия. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений/ Г. П. Левчук, В. Е. Новаков, Н. Н. Лебедев. – М.: Недра, 1983. – 265 с.
12. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика./ В. Д. Ломтадзе. – Л.: Недра, 1997. – 479 с.
13. Могильний С. Г. Геодезія / С. Г. Могильний, С. П. Войтенко – Чернігів: КП Видавництво «Чернігівські обереги», 2002. – 408 с.
14. Определение расчетных гидрологических характеристик /Госстрой СССР. СНиП 2.01.14- 83 – М.: Стройиздат, 1985. – 48 с.
15. Островський О. Л. Геодезія/ О. Л. Островський та інші. – Львов, 2004. – 164 с.
16. Півошенко І. М. Клімат Вінницької області/ І. М. Півошенко. – В.: ВАТ “Віноблдрукарня”, 1997. – 246 с. – ISBN 966-588-004-7
17. Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні та будівництві підприємств, будівель і споруд. ДБН А.2.2 – 1 – 2003. – Київ, 2003 – 46 с.

18. Ратушняк Г. С. Инженерные изыскания и специальные гидролого-климатические исследования: Учеб. пособие/ Г. С. Ратушняк. – К.: УМКВО, 1991 – 116 с.
19. Ратушняк Г. С. Инженерна геодезія . Практикум/ Г. С. Ратушняк. – К.: В. шк./, 1992. – 226 с. – ISBN 5-11-003606-3
20. Ратушняк Г. С. Моніторинг довкілля/ Г. С. Ратушняк, О. Г. Лялюк. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 140 с.
21. Ратушняк Г. С. Топографія з основами картографії./ Г. С. Ратушняк. – К.: ЦВЛ, 2003 – 208 с. – ISBN 966-8253-53-1
22. Ратушняк Г. С. Геодезичні роботи в будівництві/ Г. С. Ратушняк, О. Г. Лялюк. – Вінниця: ВНТУ, 2008 – 182 с.
23. Руководство по топографической съёмки в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – Высотные сети. – М.: Недра, 1976. – 208 с.
24. Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва. ДБН А.2.2 – 3 – 2004. – Київ, 2004.– 34 с.
25. Справочник по водным ресурсам/ Под ред. Б. И. Стрельца. – К.: Урожай, 1987. – 304 с.
26. Справочник по инженерной геодезии / [Баран П. И., Войтенко С. П., Полищук Ю. В. и др.]. – К.: Высшая школа, 1978. – 376 с.
27. Справочник по инженерной геологии/ Под ред. М. В. Чуринова. – М.: Недра, 1981. – 234 с
28. Справочник строителя по инженерной геодезии/ Субботин И. Е., Мазницкий А. С. – К.: Будівельник, 1989. – 280 с.
29. Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам/ [В. Д. Большаков, Г. П. Левчук, В. І. Новак и др.] – М.: Недра, 1980. – 781 с.
30. Топографо-геодезические термины: Справочник/ [В. С. Кузьмин, Ф. Я. Герасимов, М. М. Молоканов и др.]. – М.: Недра. 1989. – 261 с. – ISBN 5-247-00347-0
31. Український тлумачний словник будівельних термінів / [Лівінський О. М., Лівінський М. О., Васильківський О. А. та інші]. – К.: Українська академія наук (УАН), “МП Леся”, 2006. – 528 с. – ISBN 966-8126-35-1
32. Чеботарев А. И. Гидрологический словарь./ А. И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеиздат, 1976 – 207 с.
33. Мігінський А. Н. Основы инженерных изысканий для строительства/ А. Н. Мытинский, А. В. Ноский. – Одесса: Астропринт, 2000. – 144 с.

## СЛОВНИК

**АБРИС** (contour) – зроблений від руки схематичний план ділянки місцевості, на якому показуються контури угідь, місцеві предмети, результати вимірювань, наводяться назви та інші відомості, що необхідні для складання точного плану при теодолітній зйомці.

**АЗИМУТ ГЕОДЕЗИЧНИЙ** (azimuth) – двогранний кут, утворений площиною геодезичного меридіана точки спостереження та площиною, що проходить через нормаль до поверхні референц-еліпсоїда в точці спостереження та даний напрямком.

**АТМОСФЕРНИЙ ТИСК** (atmosphere pressure) – сила, з якою тисне на одиницю площі стовп атмосферного повітря, що розташований над цією площею.

**АЕРОФОТОЗНІМОК** (airphoto) – фотографічне зображення місцевості, що отримане з літака або іншого літального апарата.

**АЕРОФОТОЗЙОМКА** (air photography) – фотографування місцевості з літака або іншого літального апарата.

**БАРОМЕТР** (barometer) – прилад для вимірювання атмосферного тиску.

**БАСЕЙН РІЧКИ** (catchment basin) – частина земної поверхні, з якої стік води надходить до річної системи. Окрім поверхні водостоку до басейну річки входить також і підземний водозбір – товщі рихлих відкладень, з яких вода надходить до річки. Поверхневий водостік та підземний водозбір не збігаються, тому за басейн річки приймають в основному площу поверхневого стоку, межами якої є вододіли.

**ВОДОДІЛИ** (divide ; watershed) – лінії на поверхні Землі, що поділяють стік атмосферних опадів (води) за двома протилежними напрямками.

**ВОЛОГІСТЬ ПОВІТРЯ** (air moisture) – вміст в повітрі водяної пари.

**ВИСОТА ТОЧКИ** (altitude) земної поверхні – це відстань до цієї точки по прямовисній лінії до рінявої поверхні, яка прийнята в державній геодезичній мережі за вихідну (нульову). Висота відраховується від середнього рівня Балтійського моря, що визначений багаторічними спостереженнями на водомірному посту.

**ВИСОТА ГЕОДЕЗИЧНА** (dead lift) – висота точки земної поверхні над поверхнею референц-еліпсоїда, що відраховується по нормалі до еліпсоїда.

**ВИСОТА ПЕРЕРІЗУ РЕЛЬСФУ** (vertical interval) – різниця значень висот двох послідовних основних горизонталей на карті.

**ГЕОДЕЗИЧНА МРЕЖА** (geodetic network) – система пунктів на земній поверхні, які закріплені на місцевості спеціальними знаками та центрами, положення яких визначено в плановому відношенні та по висоті.

**ГЕОДЕЗІЯ** (geodesy) – наука, що вивчає форму та розміри Землі та займається питаннями створення координатної планової та висотної основи для детального вивчення фізичної поверхні Землі засобами та методами топографії та картографії.

**ГЕОЛОГІЧНА ЗЙОМКА** – комплекс робіт з вивчення геологічної будови певної ділянки земної поверхні для вивчення мінерально-сировинних ресурсів та складання її геологічної карти.

**ГЕОЛОГІЧНИЙ РОЗРІЗ** – графічне зображення вертикального профілю геологічної будови місцевості, залягання геологічних порід та геологічних структур.

**ГЕОТЕХНІКА** (geotechnics) – комплексна наука будівельного циклу, що вивчає ґрунти та процеси, які відбуваються в них, і негативно або позитивно впливають на будівлі і споруди.

**ГІДРОГЕОЛОГІЯ** (groundwater hydrology) – наука про підземні води, їх походження, умови залягання, закони руху, режим, фізичні та хімічні властивості, взаємодію з гірськими породами, зв'язки з атмосферними та поверхневими водами.

**ГІДРОЛОГІЯ** (hydrology) – наука про гідросферу, її властивості та процеси й явища, що відбуваються в ній, у взаємозв'язку з атмосферою, літосферою, біосферою.

**ГІДРОМЕТРІЯ** (hydrometry) – наука про методи й засоби визначення величин, що характеризують рух і стан рідини та режим водних об'єктів.

**ГОРИЗОНТАЛІ (ІЗОГПІСИ)** (contour line) – лінії на карті, що з'єднують точки земної поверхні з однаковою висотою.

**ГРУНТ** (soil; ground) – узагальнена назва гірських порід, які залягають на поверхні землі в так званій зоні вивітрювання і є об'єктом інженерно-будівельної діяльності людини.

**ЗНАК ГЕОДЕЗИЧНИЙ** (beacon, monument) – дерев'яна або металева споруда над центром геодезичного пункту, що слугує об'єктом візування на пункт або для підйому приладу над землею при кутових або лінійних вимірюваннях на пункті.

**ІЗОЛІНІЇ** (isoline) – лінії на карті, які з'єднують точки з однаковим значеннями певної величини. Ізолінії використовують для показу на картах абсолютних висот (ізогіпс), магнітного схилення (ізогон), атмосферного тиску (ізобар), температури (ізотерм) тощо.

**КАРТИ** (map) – зменшене, узагальнене та відтворене за певними математичними законами зображення значних ділянок земної поверхні або всієї земної поверхні на площині. На картах наочно за допомогою умовних

знаків показано розміщення та зв'язки різних предметів та явищ, а також їх якісні та кількісні характеристики.

**КООРДИНАТИ ГЕОГРАФІЧНІ** (geographic coordinate) – кутові величини, що називаються широтою та довготою, які визначають положення точки земної поверхні відносно екватора та початкового меридіана.

**МАСШТАБ** (scale) **ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ ЧИ ПЛАНУ** – відношення довжини лінії на карті (плані) до довжини горизонтального прокладання відповідної лінії на місцевості. Масштаб виражають в числовій або лінійній формах.

**НІВЕЛЮВАННЯ** (levelling) – визначення висот точок земної поверхні відносно деякої обраної точки або над рівнем моря. Нівелювання розрізняють: геодезичне, астрономічне та астрономо-гравіметричне.

**ПОЛІГОНОМЕТРІЯ** (polygonometry) – метод побудови геодезичної мережі у формі багатокутників, в яких вимірюються всі сторони та кути.

**ПРИВ'ЯЗКА ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ** (associating geodetic network) – включення в створювану мережу елементів раніше прокладеної мережі як вихідної основи або з метою приєднання до неї.

**РЕКОГНОСЦІРОВАННЯ** (reconnaissance, reconnoitring) – огляд та обстеження місцевості з метою уточнення проекту проведення геодезичних робіт, уточнення місце розташування пунктів геодезичного обґрунтування, перевірки взаємної видимості між сусідніми пунктами та умов для проведення вимірювань.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ** (requirements specification) – вихідний документ для здійснення різних досліджень і проектування нових виробів і споруд.

**ТОПОГРАФІЧНА ЗЙОМКА** (topographical survey) – комплекс польових та камеральних робіт з метою зображення на папері умовними знаками в заданому масштабі місцевих предметів та рельєфу ділянки земної поверхні.

**ТОПОГРАФІЧНИЙ ПЛАН** (topographical plan) – зменшене та подібне зображення горизонтальних проекцій контурів та форм рельєфу місцевості без урахування сферичності Землі.

**ТРАСУВАННЯ** (tracing) – вид інженерно-геодезичних вишукувань, що направлені на визначення кращого в технічному відношенні та економічно ефективного варіанта положення траси.

**ТРИАНГУЛЯЦІЯ** (triangulation) – метод побудови геодезичної мережі у вигляді суміжних трикутників, в яких вимірюються всі кути та довжина хоча б однієї сторони.

## ДОДАТОК А

### ФОРМА ТА СКЛАД ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ

Шифр замовлення \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ

\_\_\_\_\_  
(найменування організації замовника)

\_\_\_\_\_  
(підпис керівника) (прізвище)

\_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.  
(число) (місяць прописом) (рік)

### ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання інженерно-геодезичних вишукувань

1. Повне найменування об'єкта \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Місце розташування й межі району (ділянки) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. Замовник \_\_\_\_\_
4. Технічна характеристика проектного об'єкта та стадія проектування \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. Детальність і повнота відображення ситуації об'єкта \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. Точність визначення просторового положення елементів ситуації  
(масштаб) \_\_\_\_\_
7. Спеціальні вимоги \_\_\_\_\_
8. Перелік звітних матеріалів, зразки форм їх подання у випадку виконання  
спеціальних видів робіт \_\_\_\_\_
9. Відомості про наявність матеріалів вишукувань минулих  
років \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
10. Додатки \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Головний інженер проекту \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ підпис \_\_\_\_\_ прізвище

тел. \_\_\_\_\_

Відповідальний представник замовника \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ посада \_\_\_\_\_ прізвище

тел. \_\_\_\_\_

## ДОДАТОК Б

### УНІФІКОВАНІ КАТЕГОРІЇ СКЛАДНОСТІ УМОВ ПРИ ВИКОНАННІ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИШУКУВАНЬ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА

Фактори	I	II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6
Ухил місцевості	до 0,01	0,01...0,025	0,025...0,035	0,035...0,07	більше 0,07
Пересіченість місцевості	степова, лісостепова відкрита місцевість із невеликою кількістю великих контурів; кількість штативів на 1 км ходу нівелювання – 5-7, пікетів на 1 га зйомки – 16-25	відкрита рівнина або пагорбкувата місцевість зі значною кількістю чітко виражених форм рельєфу та ситуації, відкрите легкопрохідне болото; кількість штативів на 1 км ходу нівелювання – 10-12, пікетів на 1 га зйомки – 26-50	напівзакрита рівнина або пагорбкувата місцевість, пересічена балками і ярами з дрібними формами рельєфу та великою контурністю; відкрите болото середньої прохідності; відкрита гірська місцевість з рельєфом середньої складності; кількість штативів на 1 км ходу нівелювання – 15-20, пікетів на 1 га зйомки – 51-80	рівнина або пагорбкувата місцевість, дуже пересічена балками і ярами; гірська місцевість із простими формами рельєфу; відкрите важкопрохідне болото; території промислових і будівельних майданчиків з великою кількістю контурів; кількість штативів на 1 км ходу нівелювання – 25-30, пікетів на 1 га зйомки – 81-120	гірська місцевість із складними формами рельєфу; високогірні райони, напівзакриті із дуже розчленим рельєфом, відносним перевищенням більше 0,5 км; території промислових і будівельних майданчиків, кар'єрів відкритої розробки корисних копалин з великою кількістю контурів; кількість штативів на 1 км ходу нівелювання – 32-35, пікетів на 1 га зйомки – більше 120



1	2	3	4	5	6
Забудова, насадження дерев	щільність забудови до 20%; незначна кількість елементів благоустрою та ситуації	щільність забудови до 20 -30 %; будівлі простої конфігурації; значна кількість елементів благоустрою та ситуації; міські сквери, сади та парки без подеревної зйомки	щільність забудови до 30-40 %; будівлі складної конфігурації; міста та селища з невеликою кількістю високих будинків і деревонасадженнями висотою 10-15 м, місцями з підліском або густим чагарником; приміські зони великих міст; промислові та будівельні майданчики із середньою забудованістю	щільність забудови до 40-50 %; будівлі складної конфігурації; велика кількість елементів благоустрою та ситуації; міські сквери, сади та парки нескладної конфігурації за умови подеревної зйомки	щільність забудови понад 50 %; будівлі складної конфігурації з великою кількістю елементів благоустрою та ситуації; великі промислові центри; міські сквери, сади та парки з великою кількістю дрібних елементів ситуації, а також чагарнику та інших насаджень, що підлягають подеревній зйомці; головні магістралі великих міст
Рух транспорту та пішоходів, інші перешкоди	дороги з незначним рухом транспорту	дороги та вулиці міст, селищ, промислових і будівельних майданчиків зі слабким рухом транспорту; незначна кількість котлованів, відвалів та інш.	рухом транспорту та пішоходів середньої інтенсивності; діючі промислові та будівельні майданчики з наявністю котлованів, відвалів	вулиці міст із інтенсивним рухом транспорту та пішоходів, що затрудняє проведення робіт; промислові та будівельні майданчики зі значною контурністю	головні магістралі великих міст із інтенсивним рухом транспорту та пішоходів; задимленість і загазованість атмосфери; діючі великі промислові та будівельні майданчики, діяльність яких викликає порушення безперервності технологічного процесу вишукувань

1	2	3	4	5	6
Інженерні комунікації	до 3 видів мереж; понад 20 колодязів на 1 га із чіткими зовнішніми ознаками, що не потребують очищення	3-5 видів мереж; 15-20 колодязів на 1 га із чіткими зовнішніми ознаками, що не потребують очищення	5-8 видів мереж; 9-14 колодязів на 1 га, зйомка частини мереж вимагає очищення, пошуку зовнішніх ознак і використання приладів пошуку	8-10 видів мереж; 4-8 колодязів на 1 га; зйомка мереж вимагає очищення, пошуку зовнішніх ознак і використання приладів пошуку	понад 10 видів мереж; до 3 колодязів на 1 га; значна кількість зовнішніх ознак вимагає інструментального пошуку з розчищенням колодязів, розкриття окремих прокладок шурфами; загазованість елементів прокладок, що вимагає примусової вентиляції
<p>Примітка. В таблиці по кожній категорії наведено перелік факторів, які визначають ступінь складності умов виконання всіх основних видів топографічних і геодезичних робіт при інженерних вишукуваннях для будівництва. При виконанні комплексу робіт категорії складності варто встановлювати за сукупністю факторів, зазначених у додатку. Якщо який-небудь окремий фактор стосується більш високої категорії за видом робіт, який має визначальну вагу в загальному обсязі, то категорії складності варто встановлювати за цим фактором.</p>					

## ДОДАТОК В

### СКЛАД І ЗМІСТ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ЗВІТУ ПРО ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНІ ВИШУКУВАННЯ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА

#### **1 Загальні відомості**

Підстава для проведення робіт.

Цілі та задачі інженерно-геодезичних вишукувань

Місце розташування району (майданчика, траси), адміністративна підпорядкованість.

Дані про землекористування та землевласників.

Коротка характеристика варіантів майданчиків (трас) та їх порівняльна оцінка за інженерно-геодезичними умовами.

Система координат і висот.

Види й обсяги виконаних робіт, строки їх проведення.

Відомості про виконавця.

#### **2 Коротка фізико-географічна характеристика району (ділянки) інженерних вишукувань**

Характеристика рельєфу (у тому числі кути нахилу поверхні).

Геоморфологія, гідрографія.

Відомості про наявність небезпечних природних і техногенних процесів.

#### **3 Топографо-геодезична вивченість району (ділянки) інженерних вишукувань**

Забезпеченість території топографічними картами, інженерно-топографічними планами, фотопланами (аеро- і космофотопланами), спеціальними (земле-, лісовпорядними та ін.) планами відповідних масштабів. Найменування організацій-виконавців карт (планів), час і методи їхнього створення (виконання), масштаб і висота перетину рельєфу, система координат і висот.

Технічна характеристика геодезичних, картографічних і топографічних матеріалів. Оцінка можливості використання цих матеріалів і даних стаціонарних геодезичних спостережень (повнота й вірогідність).

Дані про кадастри.

Відомості про геодезичні мережі, включаючи пункти стаціонарних геодезичних спостережень (типи центрів і зовнішніх знаків) із вказівкою їхніх технічних характеристик і можливості використання на основі результатів їхньої оцінки.

#### **4 Відомості про методику та технологію виконаних робіт**

Створення (розвиток) опорних (планових мереж 3 і 4 класів і мереж згущення 1 і 2 розрядів, нівелірної мережі II, III, IV класів) і планово-висотних знімальних геодезичних мереж або геодезичних мереж спеціального призначення для будівництва.

Виконання топографічної (наземної, аерофототопографічної, стереофотограмметричної і ін.) зйомки, включаючи зйомки підземних і надземних споруд, і створення (складання) інженерно-топографічних планів.

Оновлення топографічних (інженерно-топографічних) і кадастрових планів у графічній, цифровій, фотографічній й інших формах.

Виконання інженерно-гідрографічних робіт.

Камеральне та польове трасування з вибором конкурентноздатних варіантів трас лінійних споруд.

Координування основних елементів і зовнішні обмірювання будинків (споруд).

Спосіб закріплення геодезичних пунктів і точок на місцевості та їх передавання на нагляд за схоронністю.

Геодезичне забезпечення виконання інших видів інженерних вишукувань (перенесення в натуру та прив'язка гірничих виробок, геофізичних та інших точок інженерних вишукувань).

Виконання геодезичних спостережень і досліджень (у тому числі в районах розвитку небезпечних природних і природно-техногенних процесів) – спостереження за деформаціями основ будинків і споруд, земної поверхні та товщі гірських порід тощо.

Відомості про використання програмних засобів для камеральної обробки результатів геодезичних вимірювань і створення інженерно-топографічних планів (цифрових інженерно-топографічних планів).

Характеристика точності й детальності вишукувальних робіт.

#### **5 Відомості про проведення технічного контролю і приймання робіт**

Результати виконаного контролю робіт, а також відомості про метеорологічний контроль інструментів та приладів.

#### **6 Висновок**

Стислі результати виконаних робіт і їх оцінка, відомості про повноту і якість, відповідність вимогам технічного завдання та програмі інженерних вишукувань, чинним нормативним документам з інженерних вишукувань для будівництва.

Рекомендації щодо проведення наступних інженерно-геодезичних робіт.

## ДОДАТОК Г

### ФОРМА ТА СКЛАД ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ВИШУКУВАНЬ

Шифр замовлення \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ

\_\_\_\_\_  
(найменування організації замовника)

\_\_\_\_\_  
(підпис керівника) (прізвище)

\_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.  
(число) (місяць прописом) (рік)

### ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання інженерно-геологічних вишукувань

1. Повне найменування об'єкта \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Місцезнаходження об'єкта (за адміністративним поділом) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. Замовник \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. Стадія проектування \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. Відомості про наявність матеріалів інженерно-геологічних вишукувань  
минулих років \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. Особливі вимоги до результатів вишукувань \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Додатки:

1. Основні відомості про конструктивні особливості проєктованих будівель і споруд, трас комунікацій.
2. Топографічний план з нанесенням проєктованих будівель, споруд та трас.
3. Копія рішення про відведення земельної ділянки (або іншого правовстановлюючого документа).
4. Інші документи, надані замовником (за згодою) на прохання виконавця робіт.

Головний інженер проєкту \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ підпис \_\_\_\_\_ прізвище

тел. \_\_\_\_\_

Відповідальний представник замовника \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ посада \_\_\_\_\_ прізвище

тел. \_\_\_\_\_

## ДОДАТОК Д

### РОЗМІЩЕННЯ ТА ГЛИБИНИ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ПО ТРАСАХ ЛІНІЙНИХ СПОРУД

Лінійна споруда типового та інди- відуального проектування	Розміщення гірничої виробки			Глибина гірничої виробки, м
	по осі траси, м	на попе- речниках, м	відстані між по- перечни- ками, м	
1	2	3	4	5
<b>Лінійна споруда типового проектування</b>				
Залізниця	250	–	–	до 5
Автошлях	250	–	–	до 3
Магістральний трубопровід	250	–	–	на 1 м нижче про- ектованої глибини закладання трубопроводу
Естакада для над- земних комунікацій	100-200	–	–	3-7
Повітряна лінія електропередачі та зв'язку напругою, кВ:				
до 35	500	–	–	3-5
більше ніж 35	300	–	–	5-7
Кабельна лінія зв'яз- ку та електропередач	1000	–	–	2
Водопровід, каналі- зація, тепломережа та газопровід	300	–	–	на 1 м нижче про- ектованої глибини закладання трубо- проводу (шпунта, вістря палі)
Канал іригаційний (колектор)	250	–	–	до водоупору, але не більше 15-30 м
Підземний колектор – водостічний та комунікаційний	50-100	–	–	на 1 м нижче про- ектованої глибини закладання трубо- проводу (шпунта, вістря палі)

1	2	3	4	5
<b>Лінійна споруда індивідуального проектування</b>				
Насип та виїмка з висотою (глибиною): до 12 м	100-300 і в місцях переходу виїмок у насипи	до 25	100-300 (для виїмок)	для насипів: 3-5 – на слабостискуваних ґрунтах; 10-15 – на сильностискуваних ґрунтах; для виїмок: на 1-3 м нижче глибини сезонного промерзання від проектної відмітки дна виїмки
більше 12	50-100 і в місцях переходу виїмок у насипи	25-50	50-100	для насипів: 5-8 – на слабостискуваних ґрунтах або на повну потужність сильно-стискуваних ґрунтів із заглибленням у скелі або слабостискувані ґрунти на 1-3 м, а за більшої їх потужності – не менше полуторної висоти насипу; для виїмок: те ж, що і для виїмок глибиною до 12 м
Штучна споруда при переходах трас через водотік, балку, яр: міст, шляхопровід, естакада тощо	у місцях закладання опор по одній - дві виробки	–	–	визначається залежно від навантаження на фундамент, що стоїть окремо, або на опорі
водопропускна труба	у точках перетину з віссю труби	по осі труби із розрахунку одна виробка на 10-25 м її довжини	–	те саме

1	2	3	4	5
трубопровід та кабелі при наземному або підземному прокладанні:				
ділянка переходу через водотік (підводний перехід трубопроводом і кабелем)	не менше трьох виробок (по одній у руслі та на берегах), але не рідше ніж через 50-100 м і не менше однієї виробки при ширині водотоку до 30 м	–	–	на 3...5 м нижче проектованої глибини закладення трубопроводу (кабелю) на річках і на 1...2м – на озерах і водосховищах
ділянка перетину із транспортними та інженерними комунікаціями	у місцях закладання опор (одна виробка)	–	–	визначається залежно від навантаження на фундамент, що стоїть окремо, або на опору
<b>Примітка.</b> Мінімальні відстані між гірничими виробками по осі траси, на поперечних профілях та між ними потрібно приймати в складних, а максимальні – в простих інженерно-геологічних умовах.				



## ДОДАТОК Е

### СКЛАД І ЗМІСТ ТЕХНІЧНОГО ЗВІТУ ПРО ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ВИШУКУВАННЯ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА

#### *Вимоги до порядку викладу матеріалу звіту*

Основна частина містить такі структурні елементи: вступ, суть звіту, висновки, рекомендації, перелік посилань.

У вступі зазначають:

- підстави для виконання робіт;
- цілі та завдання інженерно-геологічних вишукувань;
- місцезонашування району вишукування;
- дані про об'єкт, що проектується;
- відхилення від програми виконання робіт їх обґрунтування.

#### **1 Вивченість інженерно-геологічних умов**

У цій главі наводять відомості про:

- основні результати раніше виконаних робіт, можливості їх використання для встановлення інженерно-геологічних умов (у вільному викладі або в табличній формі);
- досвід місцевого будівництва, включаючи характер та причини деформацій основ будівель та споруд (якщо вони є).

#### **2 Фізико-географічні умови**

У цій главі наводять відомості про:

геоморфологію – на базі морфоструктурного аналізу;

- рельєф (із зазначенням абсолютних відміток поверхні, ухилів, відносного перевищення);
- гідрографію і гідрологію (з описом ерозійної мережі та режиму поверхневих вод), якщо територія перебуває в сфері впливу водойм і ерозійних процесів;
- клімат (із зазначенням даних про атмосферні опади, температурний режим, сніговий покрив, льодовий режим).

#### **3 Геологічна будова**

У цьому розділі наводять відомості про:

- тектонічну характеристику району робіт;
- опис умов залягання ґрунтів;
- літолого-петрографічну характеристику виділених шарів ґрунтів за генетичними типами.

#### **4 Фізико-механічні властивості ґрунтів**

У цій главі наводять:

- опис складу і стану ґрунтового масиву;
- характеристику фізико-механічних властивостей ґрунтів;
- розчленування товщі ґрунтів на інженерно-геологічні елементи і виділення розрахункових ґрунтових елементів відповідно до вимог умов ДСТУ Б В. 2.1 -5 (ГОСТ 20522);
- нормативні і розрахункові характеристики фізичних, деформаційних і міцнісних властивостей ґрунтів.

### **5 Гідрологічні умови**

У главі зазначають:

- оцінку гідрологічних умов;
- гідрологічні параметри і хімізм;
- граничні умови;
- режим підземних вод.

### **6 Сучасні геологічні та інженерно-геологічні процеси та явища**

За наявності сучасних геологічних та інженерно-геологічних умов процеси та явища (зсуви, обвали, карст, селі, абразія, механічна або хімічна суфозія, фізичне вивітрювання, підтоплення, засолення, підроблення, землетрус, динамічні впливи, забруднення ґрунтів і водоносних горизонтів, електромагнітний вплив тощо) у главі зазначають:

- межі ділянки (зони) поширення процесу або явища;
- зовнішні ознаки;
- динаміку процесу або явища;
- причинно-наслідкові зв'язки.

### **7 Прогноз зміни інженерно-геологічних умов**

- пошуковий прогноз;
- нормативний прогноз.

### **8 Інженерно-геологічне районування**

Виконують на базі типізації ознак, які відображають стан природно-техногенної системи з урахуванням прогнозу зміни геологічного середовища в процесі будівництва та експлуатації об'єктів.

У **висновках** на основі об'єктивних даних, викладених у главах звіту, зазначають:

- оцінку складності інженерно-геологічних умов;
- резонансні фактори.

У **рекомендаціях** наводять пропозиції щодо:

- вибору типів фундаментів;
- інженерного захисту території та об'єктів;

- профілактичних (превентивних) заходів із забезпечення тривалої стійкості будівель і споруд.

У *переліку посилань* вказують список джерел, на які є посилання в звіті, та наводять його наприкінці тексту звіту, починаючи з нової сторінки. У відповідних місцях тексту повинні бути посилання. Бібліографічні описи посилань наводять відповідно до чинних стандартів із бібліотечної та видавничої справи.

#### *Додатки* до звіту

Текстові додатки до звіту (висновку) повинні містити:

- копію дозволу (ліцензії) на виконання робіт;
- копію технічного завдання замовника;
- програму виконання робіт;
- зведені таблиці результатів лабораторних визначень фізико-механічних властивостей ґрунтів по кожному виділеному інженерно-геологічному елементу і таблицю хімічного складу підземних вод;
- результати статистичної обробки;
- опис гірничих виробок;
- паспорти результатів геофізичних робіт, польових випробовувань ґрунтів, стаціонарних спостережень і інших робіт (якщо їх виконували);
- каталоги координат і висот точок геологічної інформації.

Графічні додатки до звіту повинні містити:

- карти фактичного матеріалу, інженерно-геологічних умов і районування майданчика (траси) або їхніх варіантів (у складних інженерно-геологічних умовах), а за обґрунтування – гідрогеологічні (поширення водоносних горизонтів, глибини залягання підземних вод і гідроізогіпс, глибини залягання водотривких шарів ґрунту, гідрохімічні, водопроникності тощо);
- при вишукуванні для лінійних споруд замість карти інженерно-геологічних умов смуги траси допускається додавати профілі або інженерно-геологічні розрізи по осі траси та по поперечниках разом з результатами інженерно-геодезичних вишукувань;
- вкопювання з наявних геологічних, гідрогеологічних та інших карт (за необхідності);
- інженерно-геологічні розрізи;
- геофізичні карти і розрізи.

## ДОДАТОК Ж

### ГЕОТЕХНІЧНІ КАТЕГОРІЇ ОБ'ЄКТІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗА ТИПАМИ БУДИНКІВ І СПОРУД

Категорія складності інженерно-геологічних умов	Житлові будинки та будинки соціально-побутового призначення		Промислові будівлі й споруди				
	Група будівель і споруд						
	A	B	C	D	E	F	G
I Проста	2	1	1	2	2	1	1
II Середньої складності	2	2	2	3	3	2	2
III Складна IIIa Особлива складна IIIб Екстремальні умови	3	3	3	3	3	3	3

#### ***Житлові будинки та будинки соціально-побутового призначення***

**Група А.** Дво-, три-, чотириповерхові будинки в межах історичної міської забудови. Вік близько 100 років. Індивідуальні проекти, фундаменти різної конструкції. Часто мають деформації. Мета реконструкції – перепрофілювання. Види робіт: внутрішнє перепланування, надбудова, прибудова, поглиблення і благоустрій підвалів. Геотехнічна вивченість може бути недостатня.

**Група В.** П'ятиповерхові будинки та будинки соціально-побутового призначення. Вік 40-50 років. Типові проекти. Деформації не мають масового характеру. Мета реконструкції – підвищення комфортності проживання, підвищення надійності конструкцій, перепрофілювання. Види робіт: надбудова поверху, внутрішнє перепланування, посилення конструкцій. Геотехнічна вивченість задовільна.

**Група С.** Сучасні (9-16 поверхів) житлові будинки. Вік 30 років і менше. Типові проекти. Деформації усадного характеру практично відсутні. Мета реконструкції – розширення інфраструктури. Види робіт: перепланування першого поверху, благоустрій підвалу, малоповерхова прибудова. Геотехнічна вивченість добра.

#### ***Промислові будівлі та споруди***

**Група D.** Підприємства чорної і кольорової металургії, хімічної, коксохімічної, нафтопереробної та газової промисловості. Устаткування розміщується в цехах довжиною до 1500 м і на відкритих майданчиках. Значна кількість джерел замочування ґрунтів основи. Можливість

динамічного і термічного впливу. Наявність токсичних, вибухо- і пожежонебезпечних виробництв.

**Група Е.** Підприємства машинобудівного виробництва. Типова наявність загальних індивідуальних фундаментів під устаткування. Джерела техногенного впливу ті ж, що й для групи D, але більш низької інтенсивності.

**Група Ф.** Підприємства харчової і м'ясомолочної промисловості. Характерна наявність потужних холодильних установок і пов'язаних з технологічним процесом змінних статичних навантажень на фундамент.

**Група Г.** Підприємства легкої промисловості. Мінімальний рівень техногенного впливу.