

Методика гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень

презентації лекцій

викладач – доц. Петік В. О.

Література

Базова

1. Ларін К. Л. Геологорозвідувальна справа: гірничі, підривні, бурові роботи. / К. Л. Ларін, Г. Ф. Виноградов, В. С. Шабатін та інш. // – К. : Либідь, 1996.
2. Мандрик Б. М. Гідрогеологія. / Б. М. Мандрик, Д. Ф. Чомко, Ф. В. Чомко. // – К. : ВПЦ «Київський університет» 2005. – 197 с.
3. Огняник М. С. Мінеральні води України. / М. С. Огняник. // – К. : ВРЦ «Київський університет», 2000. – 230 с.
4. Солдак А. Г. Польова гідрогеологія. / А. Г. Солдак, Г. І. Банник, В. І. Пелешенко. // – К. : Вид-во КДУ, 1962.

Нормативні документи

1. ДБН А.2.1-1-2008. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва.
2. ДБН В.1.1-24:2009. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування.
3. ДБН В.1.1-25-2009. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення.
4. ДБН В.1.2-5:2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів.

Тема 1

**Вступ. Основні види, структура,
стадійність і принципи проведення
гідрогеологічних досліджень**

**Історія розвитку й сучасний стан методики
гідрогеологічних досліджень**

Гідрогеологічні дослідження – це вчення про методи і прийоми вивчення гідрогеологічних умов, виявлення родовищ підземних вод, оцінки їх ресурсів, запасів, режиму, якості й особливостей руху підземних вод з метою вирішення різноманітних народногосподарських завдань.

Методи і прийоми вивчення гідрогеологічних умов, склад, об'єм та методика проведення досліджень залежать від характеру задач, що вирішуються, складності і ступеня вивченості природних умов та інших факторів.

Розвиток методів гідрогеологічних досліджень дуже тісно пов'язаний з розвитком гідрогеології як науки, у зв'язку з необхідністю використання підземних вод та боротьби з ними.

До кінця XVII сторіччя гідрогеологія як наука не мала своєї історії і весь попередній період можна охарактеризувати як період нагромадження народного досвіду з практичного використання підземних вод, тобто це була передісторія гідрогеології (а, отже, і методики гідрогеологічних досліджень).

Розвиток методів гідрогеологічних досліджень, як і будь-якої вітчизняної науки, поділяється на три періоди:

- дореволюційний;
- радянський;
- сучасний.

Дореволюційний період (межа XVII – XVIII сторіч та до 1917 року)

поділяється на два етапи:

1-етап (межа XVII – XVIII сторіч та до 80-тих років XIX сторіччя) - у соціально-економічному розвитку суспільства це пізня стадія російського феодалізму, виникнення і початок зародження капіталізму.

У цілому, до 80-тих років XIX сторіччя було отримано матеріали про площинне розповсюдження не тільки ґрунтових, але й артезіанських вод, розроблено методику буріння свердловин на артезіанські води, розпочалося визначення якості води, її хімізму й “хвороботворних” властивостей.

Перший етап характеризується виникненням вчення про підземні води, як складової частини геології.

2 етап (з 80-тих років XIX сторіччя до 1917 року) збігається із часом інтенсивного розвитку російського промислового капіталізму. У ці роки розвивається гірничорудна промисловість, залізничне будівництво, зростають міста, що у свою чергу викликає потребу в проведенні геолого-гідрогеологічних досліджень.

Другий етап характеризується виникненням самостійної галузі геологічної науки – **гідрогеології**.

У цілому, гідрогеологічні дослідження в дореволюційний період виконувались епізодично й непланомірно. Підземні води були порівняно добре вивчені лише на невеликих площах (центральні губернії Росії, Україна, Крим, а також околиці найбільших міст).

Радянський період (з 1917 до 1991 рік) поділяється на 4 етапи.

1 етап (з 1917 до 1929 року) - це період відбудови народного господарства, зруйнованого внаслідок Першої світової та громадянської воїн.

Цей етап характеризується широкими узагальненнями про підземні води окремих районів, встановленням основних закономірностей поширення підземних вод.

2 етап (з 1929 до 1941 року) характеризується детальним вивченням гідрогеологічних басейнів артезіанських вод.

В 1937 році вийшов перший підручник з методики гідрогеологічних досліджень О. І. Силіна-Бекчуріна “Курс специальной гидрогеологии для техникумов”.

В 1938 році, з метою розробки наукових проблем гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень, був створений Всесоюзний науково-дослідний інститут гідрогеології та інженерної геології (ВСЕГІНГЕО).

3 етап (з 1941 до 1945 року) – це етап забезпечення технічних потреб у воді радянської армії на фронтах та в тилу.

Незважаючи на тяжкі умови воєнного часу територіальними управліннями Комітету в справах геології при РНК СРСР виконувалась робота по складанню оглядової гідрогеологічної карти СРСР масштабу 1:500000 і 1:1 000000 та створенню кадастру підземних вод.

В 1944 році в складі геологічного факультету Київського університету ім. Т. Г. Шевченка була організована кафедра гідрогеології та інженерної геології, яку очолив видатний вчений К. І. Маков.

4 етап (з 1946 до 1991 року) – етап інтенсивного розвитку гідрогеологічних досліджень.

Проводяться комплексні дослідження для забезпечення будівництва гідроелектростанцій і великих іригаційних систем, розв'язуються питання водопостачання міст і нових промислових центрів.

Сучасний період (з 1991 року і до теперішнього часу). На сучасному етапі гідрогеологія із науки, що вивчає природні процеси, перетворюється в науку, що керує такими процесами і спрямовує їх на користь суспільства, що в свою чергу, потребує розвитку і вдосконалення методики гідрогеологічних досліджень. В останні роки розвиток методики гідрогеологічних досліджень відбувається в напрямку подальшої розробки наукових основ пошуків та розвідки родовищ підземних вод; прогнозування зміни гідрогеологічних умов; оцінки експлуатаційних запасів та прогнозних регіональних ресурсів; обґрунтування методів відновлення, охорони та раціонального використання підземних вод; розробки нових, удосконалення існуючих і широкого впровадження сучасних методів досліджень - математичних, гідрогеологічного моделювання, ядерно-фізичних, ізотопних, геофізичних, гідрологічних, гідрохімічних, космічних, мікробіологічних тощо.

**Основні види та структура гідрогеологічних
досліджень**

**Загальні принципи проведення, стадійність й
планування гідрогеологічних досліджень**

Види і структура гідрогеологічних досліджень визначаються характером, масштабом і специфікою конкретних задач, що вирішуються, складом і якістю необхідної гідрогеологічної інформації, складністю і ступенем вивченості природних умов території, що вивчається, а також стадією та конкретними техніко-економічними показниками здійснення досліджень, що проєктуються.

Основними видами гідрогеологічних досліджень є :

- 1) збирання, узагальнення та аналіз матеріалів попередніх досліджень;
- 2) рекогносцирувальні гідрогеологічні дослідження;
- 3) гідрогеологічна зйомки та картування;
- 4) бурові і гірничі роботи;
- 5) польові дослідно-фільтраційні роботи;
- 6) моделювання фільтрації підземних вод;
- 7) лабораторні роботи;
- 8) спостереження за режимом підземних вод.

Загальні принципи проведення гідрогеологічних досліджень визначаються основними завданнями пошуково-розвідувальних робіт, вимогами, що до них пред'являються та об'єктивними закономірностями процесу пізнання.

До числа загальних принципів відносять :

1) *принцип повноти досліджень* потребує вивчення з більшим або меншим ступенем детальності всього родовища підземних вод у цілому, а не тільки його окремих ділянок, хоч би й найперспективніших;

2) *принцип послідовних наближень* полягає в поступовому нарощуванні знань про родовище підземних вод по мірі його вивчення, оскільки отримати за короткий строк усі необхідні та достовірні відомості про родовище практично неможливо;

3) *принцип рівномірності вивчення родовищ* впливає з необхідності більш або менш рівномірного вивчення родовища, що розвідується, без чого неможливо отримати правильної уяви про його особливості, умови експлуатації, характер області фільтрації, умови живлення та інші фактори, які обумовлюють геолого-промислову цінність родовища та умови його освоєння;

4) *принцип найменших матеріальних і трудових витрат* потребує, щоб на кожній із стадій вивчення родовища підземних вод або його ділянки, об'єми виконаних робіт і трудових витрат були мінімальними і разом з тим, вони мають забезпечувати вирішення поставлених завдань з необхідним ступенем достовірності;

5) *принцип найменших витрат часу*, звичайно, розглядається разом з попереднім принципом, тому що спільне їх застосування обумовлює високу економічну ефективність пошуково-розвідувальних робіт, тобто забезпечення ефективного вирішення отриманих завдань при мінімальних витратах праці, часу та коштів;

6) *принцип раціонального і комплексного використання природних ресурсів* передбачає всебічне та науково обґрунтоване використання водних ресурсів у народному господарстві з найбільшим економічним ефектом і користю, а також економічно виправдане застосування всіх їх корисних властивостей для задоволення різноманітних потреб водокористувачів.

Планування гідрогеологічних досліджень здійснюється за єдиною системою, що передбачає постадійне послідовне їх проведення.

Стадія (підстадія) геологорозвідувальних робіт - це частина геологорозвідувального процесу, що визначається притаманними їй об'єктами геологічного вивчення, метою та методами геологорозвідувальних робіт, вимогами до їх кінцевих результатів.

Геологорозвідувальні роботи на підземні води проводяться за такими стадіями:

Стадія I. *Регіональне гідрогеологічне вивчення території України.*

Підстадія I-1. Регіональні гідрогеологічні роботи масштабу 1:1 000000- 1: 500000.

Підстадія I-2. Регіональні гідрогеологічні роботи масштабу 1: 200000 (1: 100000).

Підстадія I-3. Спеціалізовані гідрогеологічні роботи масштабу 1: 50000 (1: 25000).

Стадія II. *Пошук та пошукова оцінка родовищ підземних вод.*

Підстадія II-1. Пошукові роботи.

Підстадія II-2. Пошуково-оцінювальні роботи.

Стадія III. *Розвідка родовищ підземних вод.*

Геологорозвідувальні роботи на підземні води починаються з будь-якої стадії (підстадії), якщо стан гідрогеологічного вивчення об'єкта робіт достатній для їх гідрогеологічного та техніко-економічного обґрунтування.

Види й обсяги геологорозвідувальних робіт на підземні води та методи досліджень, що застосовуються на окремих стадіях (підстадіях) геологорозвідувального процесу, визначаються у відповідності до типового раціонального їх комплексу для конкретних геологічних, гідрогеологічних, еколого-геологічних, географічних, гідрологічних і економічних умов.

Для виконання передбачених планом гідрогеологічних досліджень на кожній зі стадій по окремим об'єктам розроблюються та видаються відповідним виконавцям *геологічні завдання*. У них міститься: цільове призначення робіт, межі об'єкту й вимоги до результатів його вивчення, геолого-гідрогеологічні завдання, послідовність і методи їх вирішення, очікувані результати, строки виконання, форма звітності та інші умови і показники виконання робіт, що проєктуються.

Для раціонального послідовного виконання гідрогеологічних досліджень та посилення оперативного контролю за їх проведенням і результатами, складаються *поетапні плани проведення робіт*.

Етап - це частина геологічного завдання, у результаті завершення якої повністю вирішується одна або декілька конкретних гідрогеологічних задач. Це може бути проєктування; гідрогеологічна зйомка і дослідно-фільтраційні роботи, спостереження за режимом підземних вод, камеральна обробка матеріалів, складання звіту та деякі інші види робіт.

Важливою ланкою в плануванні гідрогеологічних дослідження є складання *проектно-кошторисної документації*, яка містить в собі проект або програму пошуково-розвідувальних робіт і кошторис.

Проект складається єдиним на кожній об'єкт, на термін, якій забезпечує повне виконання геологічного завдання з урахуванням передбаченої в ньому черговості виконання робіт.

Види і об'єми робіт, які передбачаються проектом, послідовність і методика їх проведення визначаються з урахуванням геолого-гідрогеологічних особливостей об'єкта, ступеня його вивченості, характеру і специфіки завдань, що вирішуються, інформативності і ефективності досліджень в умовах об'єкта, що вивчається, та забезпечення виконання всіх вимог основних принципів геологорозвідувального процесу.

Тема 2

Гідрогеологічна зйомка і картування

Види, завдання та зміст гідрогеологічної зйомки.

**Основні види і методи досліджень, які
використовуються при проведенні
гідрогеологічної зйомки. Порядок планування і
проведення гідрогеологічної зйомки**

Гідрогеологічна зйомка – це вид науково-виробничих досліджень, які включають комплекс польових і камеральних робіт, що виконуються з метою вивчення і картування підземних вод, їх природних колекторів і басейнів, а також порід зони аерації.

Гідрогеологічну зйомку проводять або на готовій геологічній основі, або одночасно з геологічною зйомкою, що більш ефективно й доцільно - у цьому випадку вона носить назву *комплексна геолого-гідрогеологічна зйомка*.

У наслідок виконання зйомочних робіт має бути з'ясовано та встановлено:

- 1) водоносність різноманітних геологічних утворень і структур;
- 2) розповсюдження й умови залягання підземних вод ;
- 3) умови живлення, руху і розвантаження підземних вод ;
- 4) витриманість по площі і в розрізі водомістких та водотривких порід;
- 5) якість, кількість і умови використання різноманітних типів підземних вод;
- 6) основні природні та штучні фактори, які визначають гідрогеологічні особливості досліджуваної території;
- 7) умови охорони підземних вод;
- 8) перспективи проведення подальших робіт.

Зміст гідрогеологічної зйомки залежить від її масштабу і призначення.

За масштабом (або детальністю) гідрогеологічні зйомки поділяються на:

- дрібномасштабні (1: 1 000000 - 1: 500000);
- середньомасштабні (1: 200000 - 1: 100000);
- великомасштабні (1: 50000 - 25000);
- детальні (крупніше 1: 25000).

За цільовим призначенням виділяють :

- загальні (або державні) гідрогеологічні зйомки;
- спеціальні (або спеціалізовані) гідрогеологічні зйомки.

На теперішній час при проведенні гідрогеологічної зйомки застосовують такі види і методи досліджень:

- 1) збирання, систематизація й аналіз матеріалів раніше виконаних досліджень;
- 2) аерометоди та дешифрування аеро- і космофотознімків;
- 3) наземні візуальні спостереження (гідрогеологічні, геологічні, геоботанічні, геоморфологічні тощо);
- 4) буріння і гірничопрохідницькі роботи;
- 5) дослідно-фільтраційні роботи;
- 6) спостереження за режимом підземних вод;
- 7) геофізичні, гідрохімічні й радіогідрогеологічні дослідження;
- 8) лабораторні і камеральні роботи.

Проведення гідрогеологічної зйомки включає три періоди: підготовчий, польовий і камеральний.

Підготовчий період включає вивчення фондових і друкованих матеріалів по району досліджень, наукову й організаційно-господарську підготовку та проектування робіт.

У *польовий період* здійснюються передбачені в складі зйомки види і методи досліджень, виконується попередня камеральна обробка матеріалів польових досліджень, складаються польові карти і звіт та ін. Польові роботи, як правило, виконуються в такій послідовності: аерометоди, рекогносцирувальні дослідження, маршрутні спостереження, геофізичні роботи, бурові і дослідно-фільтраційні роботи, режимні спостереження, лабораторні роботи.

У *камеральний період* обробляються матеріали польових досліджень, складаються та оформлюються всі необхідні основні та допоміжні карти, розрізи і текст остаточного звіту.

**Гідрогеологічне картування, принципи
складання і зміст гідрогеологічних карт.
Складання гідрогеологічних звітів**

Гідрогеологічне картування - це метод узагальнення і графічного відображення результатів гідрогеологічних досліджень.

Гідрогеологічні карти відображають зв'язок геологічної структури, рельєфу та підземних вод.

При проведенні великомасштабних гідрогеологічних зйомок виділяються й картуються не тільки водоносні горизонти, а й окремі водоносні пласти і лінзи. При середньомасштабних зйомках виділяються й картуються водоносні горизонти і комплекси, при дрібномасштабних - водоносні комплекси і поверхи.

Гідрогеологічні карти поділяють:

за масштабом:

оглядові (1:1000 000 і дрібніше),

дрібномасштабні (1:1 000 000 - 1:500 000),

середньомасштабні (1:200 000 - 1:100 000),

великомасштабні (1:50 000 - 1:25 000),

детальні (1:25 000 і крупніше);

за призначенням і змістом:

загальні гідрогеологічні карти, на яких з максимальною для даного масштабу повнотою зображено головні елементи гідрогеологічних умов (площі розповсюдження водоносних горизонтів, комплексів і водотривів; мінералізація і хімічний склад підземних вод; температура вод у покрівлі складчастого фундаменту; глибина залягання ґрунтових вод, підосви прісних і солоних вод; модулі підземного стоку; опорні пункти (свердловини, колодязі, джерела та ін.); напрямок руху вод та ін.

спеціальні, які складають для конкретних практичних цілей (водопостачання, меліорації, осушення родовищ твердих корисних копалин та ін.) й на яких зображують окремі елементи або сторони гідрогеологічних умов;

за способом графічного оформлення:

поєднані, на яких показують до 9-10 гідрогеологічних елементів за допомогою кольорового забарвлення, крапу, ізоліній різного кольору і товщини, кольорової штриховки, окремих позначок різної форми, розміру і кольору, цифр, літер і індексів;

розчленовані - де показують один з яких-небудь гідрогеологічних елементів;

за обґрунтованістю фактичних матеріалів:

кондиційні та *некондиційні* (норми і вимоги до кондиційності карт наведені в спеціальних інструкціях).

У період камеральних робіт всі польові і лабораторні матеріали остаточно опрацьовують, складають всі необхідні гідрогеологічні карти та остаточний звіт.

Остаточний звіт по гідрогеологічній зйомці складається з 3 частин:

Частина 1. *Текстова*. Вона поділяється на наступні розділи: вступ, фізико-географічні умови району робіт, геолого-гідрогеологічна вивченість, геологічна будова, геоморфологія, гідрогеологічні умови, спеціальні питання (оцінка гідрогеологічних умов відповідно до поставленого завдання), висновки.

Частина 2. *Графічні додатки до звіту*: геологічна карта дочетвертинних і четвертинних відкладів з розрізами й зведеною стратиграфічною колонкою, геоморфологічна карта, загальна гідрогеологічна карта, комплекс розчленованих і спеціалізованих гідрогеологічних карт; графіки дослідних робіт і спостережень за режимом підземних вод.

Частина 3. *Текстові додатки*: щоденники, геологічні розрізи свердловин і гірничих виробок, таблиці хімічного, бактеріологічного і газового аналізів підземних вод, таблиці фізико-механічних і водно-фізичних властивостей гірських порід, каталоги свердловин, колодязів, джерел та інших водопунктів, опис шліфів, фауни і флори.

Тема 3

Розвідувальні роботи при проведенні гідрогеологічних досліджень

**Завдання і зміст розвідувальних робіт при
проведенні гідрогеологічних досліджень.**

**Категорії, конструкція й обладнання
гідрогеологічних свердловин**

Буріння свердловин та їх гідрогеологічне випробування є найбільш важливим і надійним методом вивчення гідрогеологічних умов.

В процесі спорудження, випробування і документації гідрогеологічних свердловин отримують інформацію про геологічну будову та гідрогеологічні умови досліджуваних площ, про родовища підземних вод, їх особливості й умови раціонального народногосподарського засвоєння і використання.

Головні задачі розвідувальних робіт:

1) отримання необхідного об'єму достовірної інформації про геологічну будову та гідрогеологічні умови площ, що вивчаються;

2) вивчення родовищ підземних вод, їх особливостей, умов освоєння і використання;

3) якісне гідрогеологічне випробування водоносних горизонтів, що вивчаються.

За цільовим призначенням виділяють такі головні *категорії гідрогеологічних свердловин:*

- 1) пошукові;
- 2) розвідувальні;
- 3) розвідувально-експлуатаційні;
- 4) спостережні;
- 5) експлуатаційні (водозабірні, дренажні, поглинальні, нагнітальні та ін.).

Пошукові свердловини призначені для вивчення загальної геологічної будови та гідрогеологічні умов, виявлення водоносних горизонтів і комплексів, їх простежування й попередньої якісної та кількісної оцінки.

Розвідувальні свердловини проходять з метою більш детального гідрогеологічного вивчення перспективних ділянок родовищ підземних вод, кількісної і якісної оцінки найбільш перспективних водоносних горизонтів та вивчення гідрогеологічних параметрів водоносних пластів.

Розвідувально-експлуатаційні свердловини споруджуються у місцях майбутніх водозаборів і призначені для повного вивчення основного водоносного горизонту.

Спостережні свердловини в залежності від призначення використовуються або для спостережень за режимом підземних вод у період їх розвідки й експлуатації, або для спостережень за зміною основних показників підземних вод (рівня, температури, хімічного складу та ін.) у процесі виконання дослідних гідрогеологічних робіт.

Експлуатаційні свердловини призначені для експлуатації підземних вод, усунення їх шкідливої дії, регулювання та інших цілей. Свердловина вважається експлуатаційною тільки після передачі її в експлуатацію.

Загальні вимоги, які пред'являють до всіх категорій гідрогеологічних свердловин:

1) спорудження їх з мінімальними витратами праці, коштів і часу;

2) якісне та ефективне виконання гідрогеологічних спостережень, досліджень і випробувань;

3) можливість розміщення вимірювальних приладів і приладів випробування, водопідйомного обладнання та ін.;

4) захист водоносних горизонтів від забруднення;

5) можливість проведення ремонтних робіт і вилучення труб.

Конструкції гідрогеологічних свердловин визначаються їх цільовим призначенням, глибиною і способом буріння, початковим і кінцевим діаметрами, характером розрізу, видами ізоляції і випробування, особливостями водоносних горизонтів та ін.

Головними елементами конструкції гідрогеологічних свердловин є: устя, кондуктор, перша спрямовуюча обсадна колона, технічна або експлуатаційна колона, сальник, надфільтрова колона, фільтр, відстійник та цементний стакан.

До параметрів конструкції свердловини належать: глибина, довжина і діаметр колон обсадних труб і фільтра та інтервали цементациї.

**Способи буріння гідрогеологічних свердловин.
Гідрогеологічні спостереження при бурінні і
випробуванні свердловин**

Вибір способу буріння гідрогеологічних свердловин залежить від складу порід у розрізі, кількості та типу водоносних горизонтів, призначення та виду свердловини, глибини та діаметру буріння, вивченості ділянок та ін. При виборі необхідно враховувати переваги і недоліки різних способів буріння.

Для спорудження гідрогеологічних свердловин застосовують наступні способи буріння: обертальний з прямою й зворотною промивкою, обертальний з продувкою, ударно-канатний, комбінований, реактивно-турбінний і колонковий. Перевагу надають обертальному, ударно-канатному та комбінованому способам буріння. Реактивно-турбінний та колонковий звичайно, використовуються рідко й лише для спорудження глибоких свердловин (глибиною більше 200 м).

Обертальний спосіб з прямою промивкою
використовують для буріння гідрогеологічних свердловин
будь-якої глибини в породах різної міцності, у добре вивчених
умовах, при відсутності в розрізі слабонапірних та
малодебітних водоносних горизонтів, що часто
перешаровуються.

Цей спосіб забезпечує можливість швидкого
спорудження глибоких свердловин, застосування спрощених
їх конструкцій та високі техніко-економічні показники
бурових робіт.

Обертальний спосіб зі зворотною промивкою
використовують для буріння розвідувально-експлуатаційних і
експлуатаційних свердловин глибиною до 200 - 300 м,
великого діаметру (до 1000 - 1500 мм і більше), у м'яких і
пухких породах при глибині залягання рівня ґрунтових вод
більше 2 - 3 метрів від поверхні, при наявності значної
кількості води для буріння і сприятливих температурних
умовах (вище 0° С).

Обертальний спосіб з продувкою використовують для буріння свердловин у безводних районах, а також в умовах розвитку слабоводозбагачених водоносних горизонтів (з дебітами свердловин до 2 - 3 дм³/с), при цьому породи розрізу повинні бути стійкими до обвалення.

Ударно-канатний спосіб використовують для буріння свердловин у слабо вивчених геолого-гідрогеологічних умовах, при частому перешаруванні і невеликому напорі водоносних горизонтів, при необхідності проходки свердловин глибиною до 100-150 м, у валунно-галечникових відкладах та з великими початковими діаметрами. Цей спосіб забезпечує високу якість випробування і каптажу водоносних горизонтів, не потребує постачання води і глини, але в той же час відрізняється малими швидкостями буріння й великою витратою обсадних труб.

Комбінований спосіб застосовують для буріння свердловин у мало вивчених геолого-гідрогеологічних умовах, при частому перешаровуванні слабо напірних водоносних горизонтів, задовільних умовах прохідності та великому об'ємі бурових робіт. Верхня частина розрізу до водоносних порід проходиться обертальним (ротаторним) способом, а водоносні породи - ударно-канатним. Цей спосіб забезпечує швидке спорудження свердловин, їх задовільну документацію, високу якість робіт по розкриттю і випробуванню водоносних горизонтів.

Гідрогеологічні спостереження проводяться як під час проходження свердловин, так і при їх гідрогеологічному випробуванні в процесі буріння. Задачами таких спостережень є: виявлення водоносних горизонтів, вивчення умов їх залягання, складу, потужності, водозбагаченості, фільтраційних властивостей, хімічного складу води та інших особливостей.

Види і характер гідрогеологічних спостережень залежать від способу буріння, особливостей геологічного розрізу і водоносних горизонтів та цільового призначення свердловин.

При обертальному способі буріння свердловин:

1) проводяться спостереження за породами, що проходяться, за керном з обліком відсотка його виходу, а при бурінні суцільним вибоєм - за шламом, що відбирається лотком-пасткою через 1-2 м проходки свердловини;

2) спостерігають за водоносністю порід за зміною об'єму промивної рідини у відстійнику по рейці, за зміною фізичних властивостей промивної рідини (густині, в'язкості, мінералізації, температури та ін.), за зміною показників буріння (швидкості заглиблення бурового снаряду, кутовий швидкості інструменту і характером його поведінки, тиском і витратою промивної рідини та т. ін.);

3) визначають статичний рівень і температуру води після вилучення зі свердловини глинистого розчину і прокачування;

4) при газопроявах відбирають проби газу спеціальними пристроями.

При ударно-канатному способі буріння свердловин:

1) ведуться спостереження за породами, що проходяться, (через 0,5–2,0 м проходки) при відборі зразків порід з-під клапану желонки при останньому її піднятті зі свердловини;

2) спостерігають за водоносністю порід за непрямими ознаками (літологічному складу, чистому відмитому водою інструменту та ін.);

3) виконують заміри температури та відбір проб води для аналізів після желонування й відновлення рівня води у свердловині;

4) в закарстованих і сильно тріщинуватих породах ведуться спостереження за провалом бурового інструменту.

Тема 4

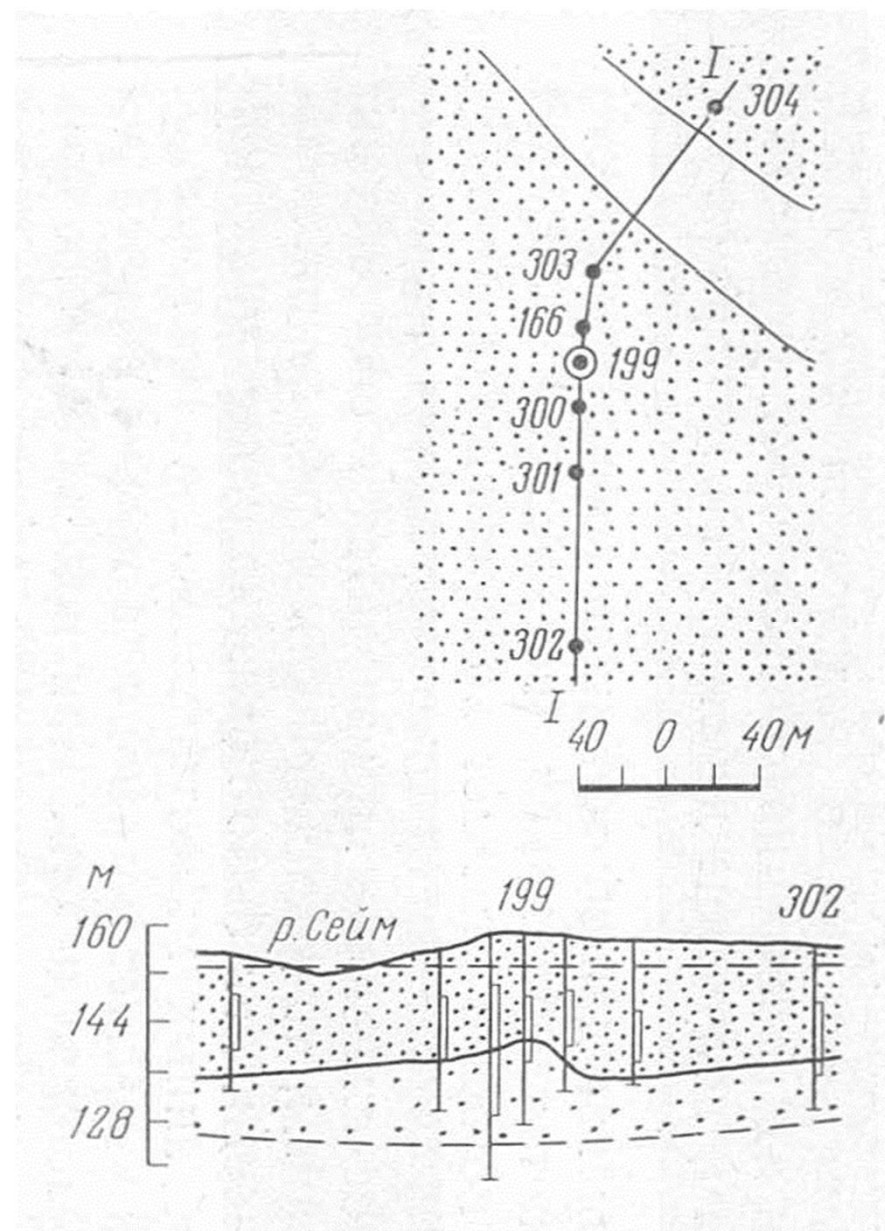
Дослідно-фільтраційні роботи при проведенні гідрогеологічних досліджень

Головні види, мета і завдання дослідно-фільтраційних робіт. Види відкачок, їх призначення та методика організації і проведення

Одним з основних видів робіт при проведенні гідрогеологічних досліджень є польові *дослідно-фільтраційні роботи*.

Головними видами дослідно-фільтраційних робіт є: відкачки, наливи і нагнітання у свердловини, наливи в шурфи, експрес-наливи й експрес-відкачки, випереджаюче випробування водоносних горизонтів, витратометрія та резистивіметрія.

Метою проведення дослідно-фільтраційних робіт є визначення головних гідрогеологічних параметрів водоносних товщ і порід зони аерації.



Вибір виду дослідно-фільтраційних робіт залежить від особливостей порід, що вивчаються, завдань і стадії досліджень.

На ділянках з глибоким заляганням підземних вод, а також в умовах, що є несприятливими для проведення відкачок (слаба водозбагаченість і водовіддача порід та ін.), при необхідності визначення гідрогеологічних параметрів ненасичених водою порід використовуються наливи і нагнітання в свердловини та дослідні наливи в шурфи.

Дослідні нагнітання використовуються для оцінки фільтраційних властивостей і питомого водопоглинення тріщинуватих скельних і напівскельних водоносних порід, а *дослідні наливи* в свердловини, головним чином, у неводонасичених пухких і тріщинуватих породах зони вивітрювання.

Дослідні наливи в шурфи використовуються для вивчення водопроникності необводнених зв'язних і пухких гірських порід зони аерації.

Експрес-методи використовуються з метою орієнтовної порівняльної оцінки фільтраційних властивостей водоносних порід на попередніх стадіях гідрогеологічних досліджень, виявлення об'єктів і обґрунтування об'ємів подальших гідрогеологічних досліджень, характеристики водопроникності порід у розрізі та ін.

Головним та найбільш розповсюдженим видом дослідно-фільтраційних робіт для визначення розрахункових параметрів водоносних горизонтів і комплексів є *відкачки зі свердловин*. За матеріалами відкачок отримують також характеристику граничних умов об'єктів, що вивчаються, умови і параметри взаємозв'язку підземних і поверхневих вод, взаємозв'язки між водоносними горизонтами, дані для виконання прогнозів гідравлічними розрахунками (встановлення залежності між дебітом і зниженням рівня у свердловині, визначення зрізок рівня у взаємодіючих свердловинах та ін.).

В залежності від цільового призначення відкачки поділяються на пробні, дослідні та дослідно-експлуатаційні, а від наявності або відсутності спостережних свердловин - на кущові й одиночні; різновидом кущових є групові відкачки, коли вони виконуються одночасно з декількох свердловин.

Пробні відкачки, найбільш масові, проводяться на всіх стадіях гідрогеологічних досліджень для попередньої оцінки водозбагаченості, якості води та фільтраційних властивостей порід на різних ділянках. Ці відкачки нетривалі (6-48 годин) і проводяться при одному ступеню зниження.

Дослідні відкачки - головний вид фільтраційних робіт при проведенні розвідки родовищ підземних вод. Ці відкачки виконуються з метою:

1) визначення основних гідрогеологічних параметрів водоносних горизонтів (водопровідності, рівне- або п'єзопровідності, водовіддачі, перетікання, приведеного радіуса впливу, сумарного опору руслових відкладів та т. ін.);

2) вивчення граничних умов водоносних горизонтів в плані та в розрізі (взаємозв'язки підземних і поверхневих вод, взаємодія суміжних горизонтів та т. ін.);

3) встановлення оптимальної продуктивності експлуатаційних свердловин і залежностей між дебітом і зниженням рівня в свердловині;

4) визначення величин зрізок рівня в межах ділянки розташування водозабору при сумісній роботі декількох взаємодіючих експлуатаційних свердловин.

Дослідні відкачки підрозділяють на *кущові* й *одиначні*.

Одиначні дослідні відкачки виконуються з метою встановлення залежності дебіту від зниження рівня і на відміну від пробних відкачок здійснюються при двох - трьох ступенях зниження рівня.

Кущові відкачки основний вид дослідно-фільтраційних робіт, як що метою відкачки є визначення гідрогеологічних параметрів, вивчення граничних умов та дослідне визначення величин зрізок рівня. Ці відкачки дозволяють більш надійно й повно вивчити параметри потоку в зоні впливу відкачки, виключити вплив фільтра й призабійної зони центральної свердловини на точність визначення параметрів, а також безпосередньо визначити показник узагальненого опору свердловини (ξ_0), що має велике значення для прогнозу умов роботи проєктуємих водозабірних і дренажних споруд. Різновидом кущових відкачок є групові відкачки, які проводяться одночасно з декількох дослідних свердловин для визначення їх взаємодії з метою вивчення умов взаємозв'язку водоносних горизонтів і визначення основних гідрогеологічних параметрів на тих ділянках, де відкачка з одиночної свердловини не може забезпечити необхідної точності розрахунків у зв'язку з незначними величинами зниження рівня.

Тривалість дослідних відкачок 5 -15 діб, кількість ступенів зниження рівня від 1 до 4.

Дослідно-експлуатаційні відкачки проводяться з однієї або декількох свердловин у складних гідрогеологічних та гідрохімічних умовах, які не можуть бути відображені у вигляді розрахункової схеми. Їх мета - встановлення закономірностей змін рівня підземних вод або їх якості при заданому дебіті у продовж тривалого часу (1-3 місяці і більше). Дані дослідно-експлуатаційних відкачок приймаються за основу при прогнозах умов роботи водозабірних і дренажних споруд.

При проектуванні відкачок необхідно вірно обґрунтувати їх вид, тривалість, методику, обладнання, документацію й обробку даних відкачок.

Методика проєктування відкачок залежить від їх призначення, стадії гідрогеологічних досліджень та конкретних природних умов родовища підземних вод, що вивчається. Методика дослідних робіт включає такі основні питання:

1) вибір виду відкачки (пробна, дослідна одиночна, кущова або групова, дослідно-експлуатаційна);

2) вибір схеми дослідного куща і його місцеположення (кількість дослідних і спостережних свердловин, схема їх розташування, відстань між свердловинами);

3) характер і ступінь збурення (дебіт дослідної свердловини, сталість або несталість дебіту, кількість ступенів дебіту);

4) тривалість відкачки і контроль її проведення; 5) обґрунтування конструктивних особливостей дослідних і спостережних свердловин; 6) вибір насосного обладнання.

Вид відкачки обирають з урахуванням стадії досліджень, їх цілей, особливостей водоносного горизонту, глибини його залягання, наявності водоймищ, зв'язка з іншими водоносними горизонтами та т. ін.

Вибір розташування і схеми дослідного куща необхідно ув'язувати з розташуванням і характером роботи проектних інженерних споруд (водозаборів, каналів, дренажів та т. ін.). Розташування дослідного куща в першу чергу має забезпечити детальне вивчення ділянок проектних інженерних споруд і зони їх впливу, по можливості виключаючи або зводячи до мінімуму вплив на умови проведення дослідів різних ускладнюючих факторів (границь пласта в плані, зон неоднорідності та т. ін.).

Ступінь збурення (дебіт відкачки) визначається необхідністю зниження рівня в дослідній свердловині не менш ніж на 3 м - у безнапірних, не менш ніж на 5 м у напірних водах та не менш ніж на 0,2-0,3 м в найбільш віддалених спостережних свердловинах.

Тривалість відкачок визначається їх призначенням і гідрогеологічними умовами об'єктів, що вивчаються. При проведенні пробних і одиночних дослідних відкачок вона не повинна перевищувати 1 - 3 доби і може бути збільшена при необхідності відновлення фільтраційних властивостей водоносного горизонту (розглинізації).

Тривалість дослідних кущових відкачок значно більша й визначається, крім того, необхідністю досягнення квазістаціонарного режиму в спостережних свердловинах упродовж часу, достатнього для побудови часових, площинних і комбінованих графіків простежування рівня.

Орієнтовно тривалість дослідних кущових відкачок в залежності від складу порід і типа водоносного горизонту може бути прийнята така: в зернистих породах з напірними водами тривалість відкачки - 6- 11 діб; в зернистих породах з безнапірними водами - 15 діб; в тріщинуватих породах з напірними та безнапірними водами - 15 діб; при визначенні взаємодії підземних вод з рікою - 10 -15 діб.

Конструктивні особливості збурюючих та спостережних свердловин по можливості мають виключити вплив різноманітних технічних факторів (недосконалість розкриття пласта, зміни призабійної зони, ємкість і інерційність свердловин та ін.) на закономірності зміни рівня, які виявляються в процесі виконання дослідів.

**Дослідні нагнітання і наливи у свердловини.
Методи наливів у шурфи**

Дослідні нагнітання і наливи в свердловини проводять для вивчення водопроникності обводнених порід в тому випадку, коли проведення відкачки утруднено (глибоке залягання підземних вод, слаба водовіддача та ін.), а також для вивчення фільтраційних властивостей слабо обводнених і не обводнених порід зони аерації.

Під *дослідними наливками* слід розуміти дослідні, під час проведення яких рівень води підтримується в межах товщі гірських порід, що випробовуються. У тому випадку, коли фільтрація води здійснюється при надлишковому напорі над верхньою межею випробуваного інтервалу гірських порід, мова йде про *дослідні нагнітання*.

Дослідні нагнітання і наливи широко використовуються для визначення водопроникності і питомого водопоглинення тріщинуватих скельних порід, виявлення необхідності цементації скельної основи під інженерними спорудами, випробування тріщинуватих порід з метою вибору варіантів основ для проектних споруд, перевірки якості цементації скельних порід та ін.

Дослідні нагнітання є основним методом оцінки водопроникності водоносних тріщинуватих скельних та напівскельних порід. Дослідні наливи застосовуються в пухкозв'язаних і тріщинуватих породах зони вивітрювання, відносна проникність яких характеризується високим питомим водопоглинанням.

В практиці гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень найбільш поширеним і розробленим методом вивчення фільтраційних властивостей ненасичених пухких і зв'язних гірських порід зони аерації є дослідні наливи в шурфи, які забезпечують фільтраційне випробування порід на глибину до 5 м.

Сутність метода полягає у спостереженні за ходом інфільтрації води із шурфів та отриманні характеристик інфільтраційного потоку в умовах постійного рівня води в шурфі в процесі досліду. Метод інфільтрації води із шурфів, який був уперше запропонований О. К. Болдиревим, зараз використовується в різних модифікаціях, найбільшого поширення набули способи Г. М. Каменського, М. С. Нестерова, М. М. Біндемана та М. К. Гіринського.

Всі способи визначення коефіцієнта фільтрації дослідними наливками в шурфи розроблені для випадку, коли інфільтрація проходить в однорідній за своїм складом і структурою товщі порід, а глибина залягання рівня ґрунтових вод від дна шурфу перевищує суму глибини просочування води за час проведення дослідів і висоти капілярного підняття. В процесі дослідів змикання з ґрунтовим потоком води, що інфільтрується, має бути виключено і тому дослідів по наливках води у шурфи здійснюються при глибині залягання рівня ґрунтових вод не менш ніж 4 - 5 м.

Майже всі способи визначення фільтраційних властивостей порід за даними інфільтрації з шурфу, крім способу М. М. Біндемана, ґрунтуються на формулах сталої фільтрації тому, що форма верхньої частини потоку, який інфільтрується із шурфу, через деякий час після початку досліду стає майже незмінною. Але при цьому часто не враховується замулення дна шурфу й ущільнення верхньої фільтруючої частини породи, внаслідок чого стала витрата виявляється лише уявною.

Спосіб А. К. Болдирєва застосовують для визначення коефіцієнта фільтрації пісків і тріщинуватих порід (рис. 5.1).

Коефіцієнт фільтрації k розраховують за формулою:

$$k = \frac{Q}{F}$$

де Q - стала витрата, см³/хв.,

F - площа поперечного перерізу шурфу, см².

Спосіб Болдирєва дає завищене значення коефіцієнта фільтрації, бо не враховує дії капілярних сил і величину бокового розтікання.

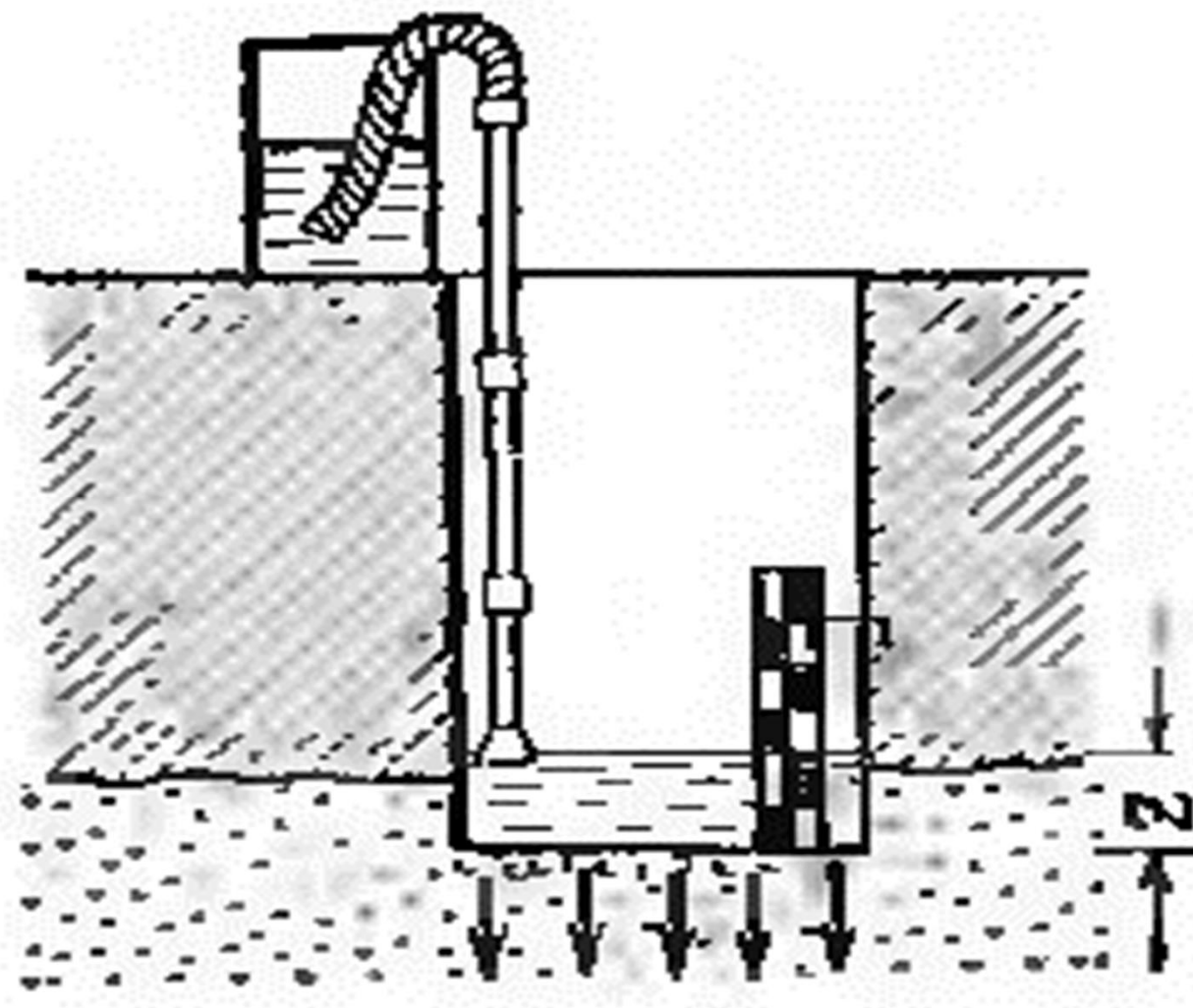


Рис. 5.1. Схема дослідної інфільтрації води з шурфу
за методом А. К. Болдирєва

Спосіб Г. М. Каменського являє собою дещо змінений спосіб Болдирєва і його також застосовують для визначення коефіцієнта фільтрації пісків і тріщинуватих порід.

Коефіцієнт фільтрації k визначається за формулою:

$$k = \frac{Q}{F}$$

де $F = 1000 \text{ см}^2$.

Тоді

$$k = 0,001Q$$

Спосіб М. С. Нестерова застосовують для слабопроникних порід (супісків та суглинків). Він ґрунтується на припущенні, що при інфільтрації води з двох циліндрів, які розташовані концентрично і заповнені водою на однакову висоту, на розтікання витрачається вода лише із зовнішнього циліндра, а потік води із внутрішнього циліндра має напрямок тільки донизу (рис. 5.2). Вважається, що розтікання цього потоку не відбувається і що він має постійний переріз, який дорівнює перерізу внутрішнього циліндра, а лінії течії взаємно рівнобіжні і вертикальні. У цих умовах при сталій витраті води із внутрішнього циліндра й малій висоті стовпа води в ньому, можна прирівняти градієнт інфільтраційного потоку із внутрішнього циліндра до одиниці, а швидкість інфільтрації - до фільтрації.

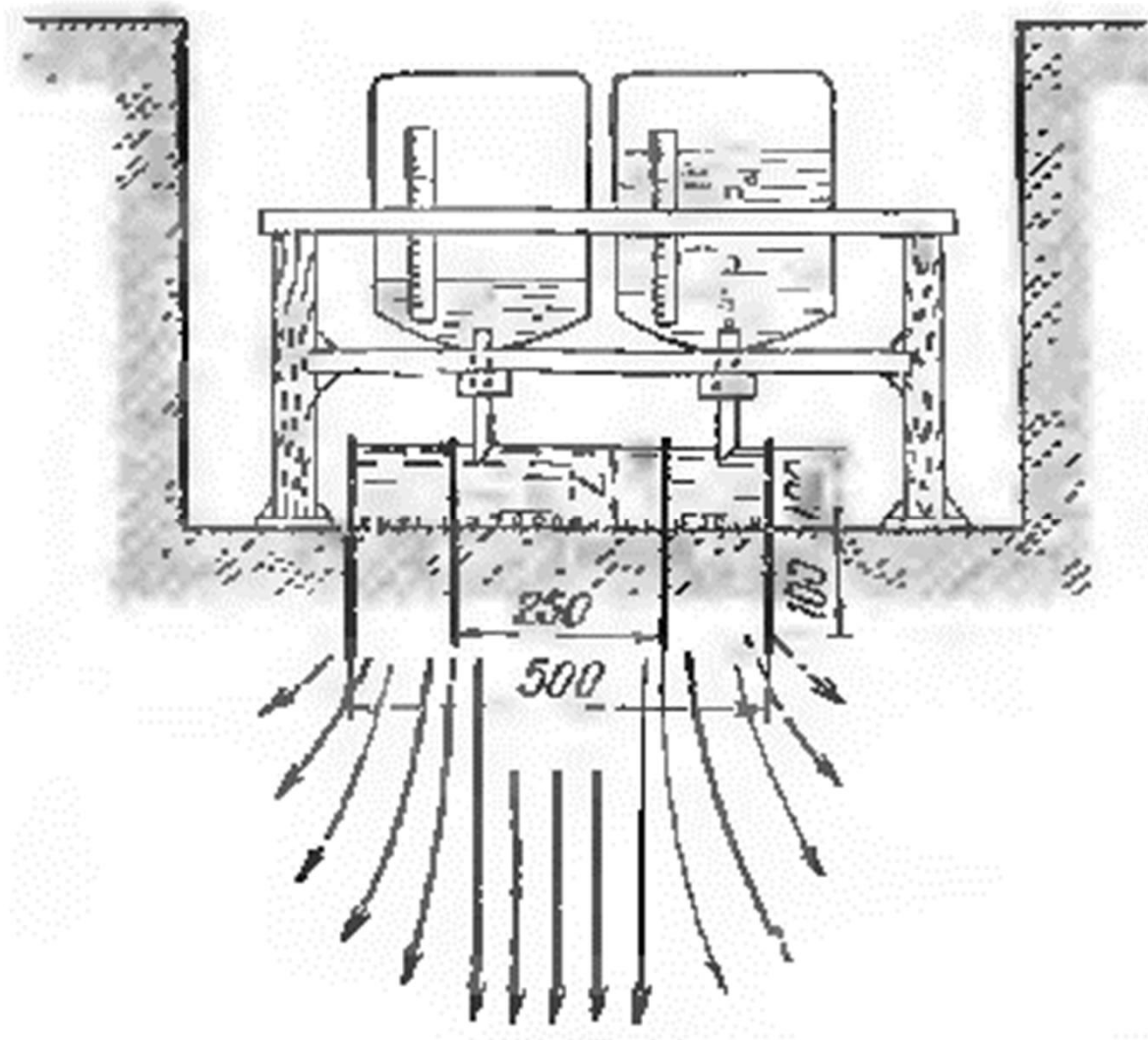


Рис. 5.2. Схема установки для дослідної інфільтрації води з шурфу
за методом М. С. Нестерова

Розрахунок коефіцієнту фільтрації k ведуть за формулою:

$$k = \frac{Q * l}{F(H_k + z + l)}$$

де Q – стала витрата води через внутрішній циліндр, (см³ /хв.);

l – глибина просочування води за час проведення дослідів, (см);

H_k – капілярний тиск, що дорівнює 0,5 максимальної висоти капілярного підняття (для суглинків 0,8-1,0 м, супісків – 0,4-0,6 м, пісків – 0,05-0,3 м);

z – висота шару води у внутрішньому циліндрі, (см).

До недоліків способу М.С. Нестерова відносять приблизне врахування капілярного розтікання і тривалість проведення дослідів.

Спосіб М. К. Гіринського є найбільш досконалим для визначення коефіцієнта фільтрації зв'язних та пухких порід за даними інфільтрації із шурфу. Він ґрунтується на гідромеханічній теорії потоку з вільною поверхнею, якій є симетричним відносно вертикальної вісі і дозволяє враховувати розтікання інфільтраційного потоку, силу капілярного всмоктування та вплив затисненого повітря, що залишилось в порах породи, яка насичується при інфільтрації. Цей спосіб менш тривалий і більш простий у виконанні.

Коефіцієнт фільтрації k визначають за формулою:

$$k = a\xi Q$$

де a – коефіцієнт, що залежить від глибини втискання циліндра в породу і діаметра циліндра;

ξ – коефіцієнт, значення якого залежать від значення $(H_k + z)$ і діаметра кільця;

Q – стала витрата.

Спосіб М. М. Біндемана застосовується для обробки результатів дослідів за способом М.С. Нестерова. Для цього використовують формули несталої фільтрації, що дозволяє суттєво скоротити тривалість дослідів.

Коефіцієнт фільтрації k розраховується за формулою:

$$k = \frac{\beta V}{Ft}$$

де V – загальний об'єм води, який був витрачений за час проведення дослідів, см³;

t – загальний час проведення дослідів, хв.;

β – коефіцієнт, значення якого залежить від співвідношення глибини просочування води за час дослідів до висоти шару води у кільці.

Спосіб М.М. Біндемана має ряд значних переваг у порівнянні з іншими способами визначення коефіцієнта фільтрації в слабопроникних породах. На дослід за цим способом витрачається менше часу, ніж на досліди, що виконуються до встановлення стабілізації витрати води. Коефіцієнт фільтрації визначається в той період, коли замулення дна ще мале. Крім того, враховується весь об'єм води, яка просочилась, що дає більшу точність розрахунків, при цьому автоматично враховується вплив капілярних сил, а також є можливість неодноразово визначати розрахункові параметри за результатами одного досліду, що надає можливість взаємоконтролю результатів.

Разом з тим, спосіб М. М. Біндемана дозволяє одночасно з коефіцієнтом фільтрації визначати величину капілярного тиску H_k та нестачу насичення μ , тобто ті параметри, які необхідні для прогнозу несталої фільтрації.

Тема 5

Вивчення режиму і балансу підземних вод

**Мета та завдання вивчення режиму і балансу
підземних вод**

Режим підземних вод характеризується зміною їх кількості і якості в просторі та часі, а саме: рівня, витрати, швидкості, температури, в'язкості, хімічного, газового та бактеріального складу.

Метою вивчення режиму підземних вод є встановлення об'єктивних законів розвитку явищ, що спливають в процесі формування підземних вод, їх пояснення і використання для обґрунтування різного роду гідрогеологічних прогнозів.

В залежності від характеру визначаючих його явищ і факторів, режим підземних вод може бути:

- *природним* - формується під дією комплексу природних факторів (кліматичних, гідрогеологічних, геологічних, гідрологічних, космогенних та ін.);

- *порушеним* - обумовлено інженерною діяльністю людини (меліорація, гідротехнічне будівництво, дія дренажних споруд та ін.);

- *слабо порушеним* - формується під дією як природних (їх вплив при цьому переважає), так і штучних факторів.

Дослідження режиму підземних вод
поділяють на:

- *регіональні*, що виявляють загальні регіональні закономірності формування режиму під дією природних факторів;

- *локальні*, які спрямовані на вивчення особливостей режиму, що формується під дією місцевих природних факторів та інженерної діяльності людини.

Вивчення *природного режиму підземних вод* виконується з метою вирішення таких завдань:

1) виявлення умов формування підземних вод (оцінка живлення, розвантаження та впливу окремих режимоутворюючих факторів і процесів, визначення елементів водного балансу);

2) вивчення закономірностей змін у часі природного живлення підземних вод;

3) встановлення закономірностей формування водного, сольового і теплового балансів підземних вод та використання їх для прогнозів режиму підземних вод;

4) регіонального вивчення природного режиму підземних вод у якості фону для аналізу і прогнозу порушеного режиму підземних вод на локальних ділянках;

5) оцінки фільтраційних властивостей і граничних умов водоносних горизонтів.

Прогнози природного режиму використовуються при плануванні і здійсненні різних видів будівництва (промислового, цивільного, гідроенергетичного, меліоративного та ін.), водопостачання, сільгоспвиробництва та вирішенні інших завдань.

Вивчення *порушеного й слабопорушеного режиму підземних вод*, їх прогнози та аналіз виконуються для рішення таких практичних завдань:

1) при розвідці родовищ підземних вод, оцінці їх запасів, складанні прогнозів їх режиму при експлуатації й обґрунтуванні заходів по раціональному використанню й охороні підземних вод від виснаження і забруднення;

2) при обґрунтуванні зрошувальних, обводнювальних і осушувальних меліорацій і методів керування режимом підземних вод у районах їх проведення;

3) при вишукуваннях, проектуванні, будівництві й експлуатації різних інженерних споруд, прогнозуванні можливих змін гідрогеологічних, гідрогеохімічних, меліоративних, інженерно-геологічних та інших умов у зв'язку з водопостачанням, зрошенням, осушенням, гідротехнічним, промисловим і цивільним будівництвом та іншими видами інженерної діяльності людини;

4) при розвідці й розробці родовищ твердих корисних копалин, нафти та газу (прогнозування водопритоків, впливу водовідливу і стійкості виробок, обґрунтування найбільш раціональних шляхів і методів експлуатації родовищ).

Баланс підземних вод - це співвідношення між їх надходженням (приходна частина) та витратою (витратна частина) у кількісному виразі (в мм шару води) на досліджуваній площі за визначений відрізок часу (період).

Баланс підземних вод обумовлений впливом як природних (атмосферні опади, випаровування, транспірація рослинами, конденсація, поверхневий та підземний стоки) так і штучних факторів (меліорація, втрати води, підпір, дренаж та ін.).

Мета вивчення балансу підземних вод - виявлення і оцінка провідних факторів формування їх режиму та оцінка природних і експлуатаційних ресурсів підземних вод.

Баланс підземних вод вивчається як для великих районів і цілих басейнів річок (в межах ключових балансових ділянок і репрезентативних басейнів), так і для окремих ділянок території (на водно-балансових майданчиках).

**Методика проведення спостережень за режимом
підземних вод. Методи вивчення балансу
підземних вод**

Вивчення режиму підземних вод здійснюється шляхом стаціонарних гідрогеологічних спостережень за змінами головних елементів режиму (рівнів, витрат, температури, хімічного, газового та бактеріологічного складу) на спеціально обладнаній *мережі спостережних пунктів* (найчастіше це свердловини і джерела, рідше - шурфи і колодязі).

Вивчення *регіональних закономірностей режиму підземних вод* здійснюється на базі державної опорної мережі гідрогеологічних спостережних пунктів спеціальними комплексними гідрогеологічними й інженерно-геологічними партіями.

Локальні закономірності режиму підземних вод (на масивах зрошення й осушення, на діючих водозаборах, у районах експлуатації родовищ мінеральних вод, нафти і газу, твердих корисних копалин та ін.) вивчаються на відомчій мережі за рахунок коштів відомств та організацій.

Вивчення закономірностей *природного режиму підземних вод* має охоплювати основні водоносні горизонти і виконуватись в усіх районах, де ці горизонти мають інтерес для народного господарства в нинішні часи або в перспективі. В результаті таких досліджень має бути вивчено: хід сезонних і багаторічних коливань рівня і інших елементів режиму в різних гідрогеологічних умовах, основні фактори режиму, амплітуди сезонних і багаторічних коливань рівня та ін.

Розміщення опорної спостережної мережі здійснюється на основі районування досліджуваної території за умовами формування режиму підземних вод з використанням великомасштабної гідрогеологічної карти й урахуванням ступеня вивченості кожного з районів.

В межах кожного виділеного гідрогеологічного району розміщується спостережна мережа у вигляді *створів*, орієнтованих від вододілів до дрен, таким чином, щоб охопити спостереженнями всі характерні для цього району комплекси водовміщуючих порід і геоморфологічні елементи (ділянки схилів, терас і заплав, міжрічкові ділянки, площі з різною потужністю зони аерації та ін.).

Вивчення *порушеного режиму підземних вод* має велике значення для вирішення багатьох практичних завдань, що пов'язані з використанням підземних вод або їх регулюванням. Особливе значення мають спостереження за впливом штучних факторів та виявлення кількісних зв'язків між окремими елементами режиму підземних вод (рівнем, температурою, хімічним і бактеріологічним складом) і штучними факторами, що є підґрунтям для виконання прогнозів і обґрунтування заходів по раціональному використанню і регулюванню підземних вод.

Розміщення спостережної мережі і спостереження, що виконуються, мають забезпечити вивчення особливостей порушеного режиму підземних вод, кількісну оцінку впливу штучних факторів (зрошення, осушення, дренажу та ін.) на окремі елементи їх режиму (рівень, температуру, якість), уточнення природних умов об'єктів, що вивчаються, їх розрахункових параметрів і схем, виконання інженерних прогнозів та ін.

Схема розміщення спостережних свердловин встановлюється з урахуванням розповсюдження досліджуваних водоносних горизонтів, їх гідравлічного взаємозв'язку, граничних і гідрогеохімічних умов, літології водоносних порід, особливостей впливу інженерних споруд та характеру отриманих завдань.

На ділянках водозаборів розміщення спостережних свердловин носить переважно площинний характер.

У районах промислових об'єктів може бути площинним або приуроченим до головного профілю, орієнтованому за потоком підземних вод, з боковими поперечниками на окремих ділянках, де знаходяться інтенсивні джерела забруднення підземних вод.

На територіях населених пунктів (міст) спостережні свердловини розташовуються на декількох регіональних профілях орієнтованих за напрямком і в хрест потоку - ці профілі проходять через у місто та його передмістя, з бічними короткими поперечниками, повздовжніми профілями або площинними системами на ділянках головних порушень і джерел забруднення.

В *районах зрошення або осушення* спостережні свердловини розташовуються у вигляді створів (у випадку одномірного потоку) або “конверту” (у випадку двомірного потоку).

В *районах розробки родовищ твердих корисних копалин* спостережна мережа обладнується у вигляді двох створів, які перетинаються, промені яких орієнтовані від центру розроблюваного рудного тіла (ділянки) до найближчих границь водоносних пластів (горизонтів), що обводнюють родовище.

Баланс підземних вод вивчається як для окремих ділянок території на спеціальних водно-балансових майданчиках, так і для великих районів і цілих басейнів річок у межах ключових балансових ділянок і репрезентативних басейнів.

У гідрогеологічній практиці водний баланс вивчається 2 групами методів:

1) гідродинамічного аналізу режиму підземних вод (з використанням аналітичних і кінцево-різницевих рішень диференціальних рівнянь);

2) експериментальними (водно-балансовий і лізіметричний).

Метод гідродинамічного аналізу режиму підземних вод

ґрунтується на застосуванні теорії несталого руху підземних вод до розрахунку головних елементів їх балансу за даними спостережень за режимом підземних вод. Метод всебічно враховує гідрогеологічні умови, дозволяє кількісно оцінювати інфільтрацію опадів, зрошувальних вод, що досягають рівня підземних вод, витрату останніх на сумарне випаровування і підземний стік, а також оцінювати необхідні гідрогеологічні параметри. Всі ці дані, що отримуються на спеціальних створах спостережних свердловин, які закладаються на типових балансових ділянках (елементах потоку), використовуються при складанні прогнозів зміни режиму підземних вод під впливом господарської діяльності людини.

В узагальненому вигляді баланс підземних вод для елемента потоку площею F за час Δt визначається таким рівнянням:

$$\mu \Delta H = \frac{Q_1 - Q_2}{F} \Delta t \pm W + W_{gl} \Delta t$$

де μ – водовіддача або нестача насичення порід; ΔH - коливання рівня підземних вод; Q_1 , Q_2 – відповідно притік та відтік підземних вод в елементі потоку; W – величина живлення підземних вод (може бути додатною при інфільтрації атмосферних і поливних вод та від’ємною - за рахунок випаровування); W_{gl} – інтенсивність перетікання через підшву за рахунок водообміну з нижчезалягаючим водоносним горизонтом.

Всі елементи водного балансу (Q_1 , Q_2 , W і W_{gl}), що входять у рівняння, визначаються за допомогою даних про положення рівня води у свердловинах за відповідними формулами динаміки підземних вод (аналітичні або кінцево-різницеві рішення).

Експериментальні методи дозволяють визначати елементи водного балансу на типових за гідрогеологічними умовами балансових ділянках, з наступним їх перенесенням на всю площу, що вивчається.

Під час використання *водно-балансового методу* всі елементи водного балансу, що входять в балансове рівняння, визначаються експериментально за допомогою різноманітних приладів і дослідних установок, незалежно один від одного.

Тема 6

Гідрогеологічні дослідження з метою водопостачання

**Зміст, стадії та завдання гідрогеологічних
досліджень джерел водопостачання. Водозабірні
споруди, їх будова та основні типи**

Підземні води використовуються з метою господарсько-питного та виробничого водопостачання, зрошення та обводнення, енергетичних цілей та теплофікації, лікувальних цілей, у якості столових мінеральних вод та як сировина для вилучення цінних компонентів.

Підземні води мають деякі переваги перед поверхневими: майже всюди розповсюджені, мають велику стабільність режиму та високу якість, менше забруднюються радіоактивними, хімічними та бактеріальними речовинами.

Підземні води розглядаються як складова і важлива частина *загальних водних ресурсів*, як елемент природного середовища та найважливіша *корисна копалина*, пошук, розвідка та використання якої регламентуються відповідними положеннями.

Вибір джерела водопостачання та проект будівництва водозабору обґрунтовується результатами спеціальних гідрогеологічних та інших видів досліджень, які на підземні води проводяться спеціалізованими гідрогеологічними організаціями. Об'єм та характер таких досліджень визначається складністю природних умов, розміром та характером водоспоживання, стадією проектування та ступенем вивченості гідрогеологічних умов.

Гідрогеологічні дослідження джерел водопостачання проводяться за такими стадіями та підстадіями:

I. Регіональне гідрогеологічне вивчення території України (головним чином, підстадія I-3 – спеціалізовані гідрогеологічні роботи масштабу 1:50000 (1:25000));

II. Пошук та пошукова оцінка родовищ підземних вод;

III. Розвідка родовищ підземних вод.

В залежності від складності гідрогеологічних умов, ступеня їх вивченості та потреб у воді окремі стадії можуть бути поєднані, або повністю виключені.

Підстадія І-3. Спеціалізовані гідрогеологічні роботи масштабу 1:50000 (1:25000) проводяться на площах з особливо складними гідрогеологічними та еколого-гідрогеологічними умовами з метою спеціалізованого гідрогеологічного картування відповідного масштабу або вирішення спеціальних гідрогеологічних питань.

Стадія II. Пошук та пошукова оцінка родовищ підземних вод.

Підстадія II-1. Пошукові роботи.

Пошукові роботи на підземні води проводяться з метою виявлення потенційних родовищ заявлених видів підземних вод, виділення водоносних горизонтів (комплексів) з визначенням площ їх поширення та ділянок надр, перспективних для проведення подальших пошуково-оцінювальних та розвідувальних робіт з підрахунком попередньо розвіданих експлуатаційних запасів підземних вод категорії С2 та оцінкою прогнозних ресурсів.

Підстадія II - 2. Пошуково-оцінювальні роботи.

Пошуково-оцінювальні роботи проводяться на виявлених потенційних родовищах підземних вод і перспективних ділянках надр з метою відбракування ділянок, не придатних для промислового освоєння, та геолого-економічної оцінки перспективних родовищ підземних вод, підрахунку експлуатаційних запасів за категоріями С1 та С2 і підготовки цих родовищ до проведення розвідувальних робіт.

Стадія III. Розвідка родовищ підземних вод.

Розвідка проводиться тільки на тих родовищах (ділянках) підземних вод, які отримали позитивну геолого-економічну оцінку за даними попередніх робіт геологорозвідувального процесу й визнані першочерговими для промислового освоєння.

Метою розвідувальних робіт є підготовка родовищ (ділянок) підземних вод до промислового освоєння та визначення вихідних даних для опрацювання проектів будівництва об'єктів з видобутку та використання підземних вод, що створюються або реконструюються на базі розвіданих запасів підземних вод, включаючи оцінку можливого впливу водозабірних споруд на екологічний стан довкілля.

Водозабір або *водозабірна споруда* - це гідротехнічна споруда, що здійснює забір води з джерела живлення з метою водопостачання. Він має забезпечувати пропуск води у водовід у заданій кількості, належної якості та у відповідності з графіком водоспоживання.

Експлуатація водозаборів здійснюється за допомогою каптажних пристроїв [фр. «captage», від лат. «capto» – ловлю, хапаю]. В залежності від умов та призначення, водозабори поділяються на вертикальні, горизонтальні та каптажі природних виходів-джерел.

Вертикальні водозабори споруджуються при наявності відносно глибоко залягаючих водоносних горизонтів, як безнапірних, так і напірних вод. У конструктивному відношенні вони поділяються на бурові свердловини та шахтні колодязі.

Бурові свердловини найбільш універсальний та технічно досконалий тип водозаборів (Рис. 9.1). Вони мають достатньо високу продуктивність та найбільш повно відповідають санітарним вимогам.

Шахтні колодязі (Рис. 9.2) закладаються як у ґрунтових, так і в артезіанських водоносних пластах до глибини 100 м. Вони споруджуються, головним чином, для задоволення незначних потреб водоспоживачів. Для більш повного захвату підземних вод застосовуються променеві водозабори - комбінація шахтного колодязя з горизонтальними буровими свердловинами, що закладені в різні боки в середині пласту.

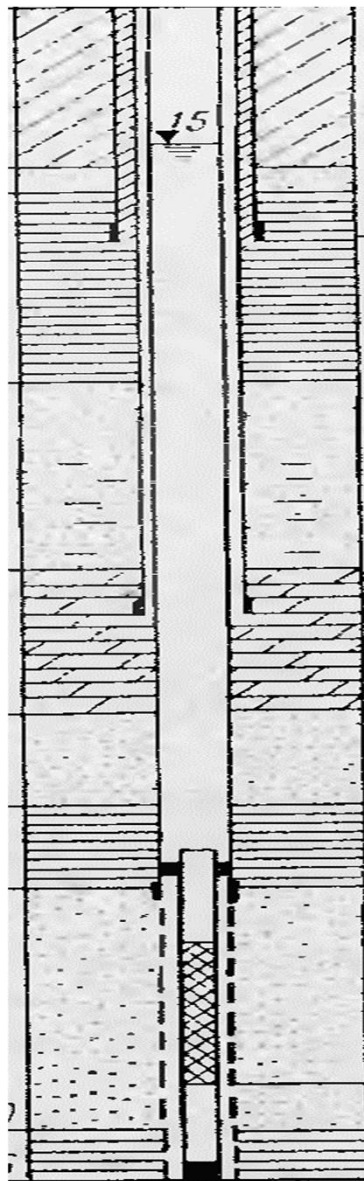


Рис. 9.1. Буровая скважина

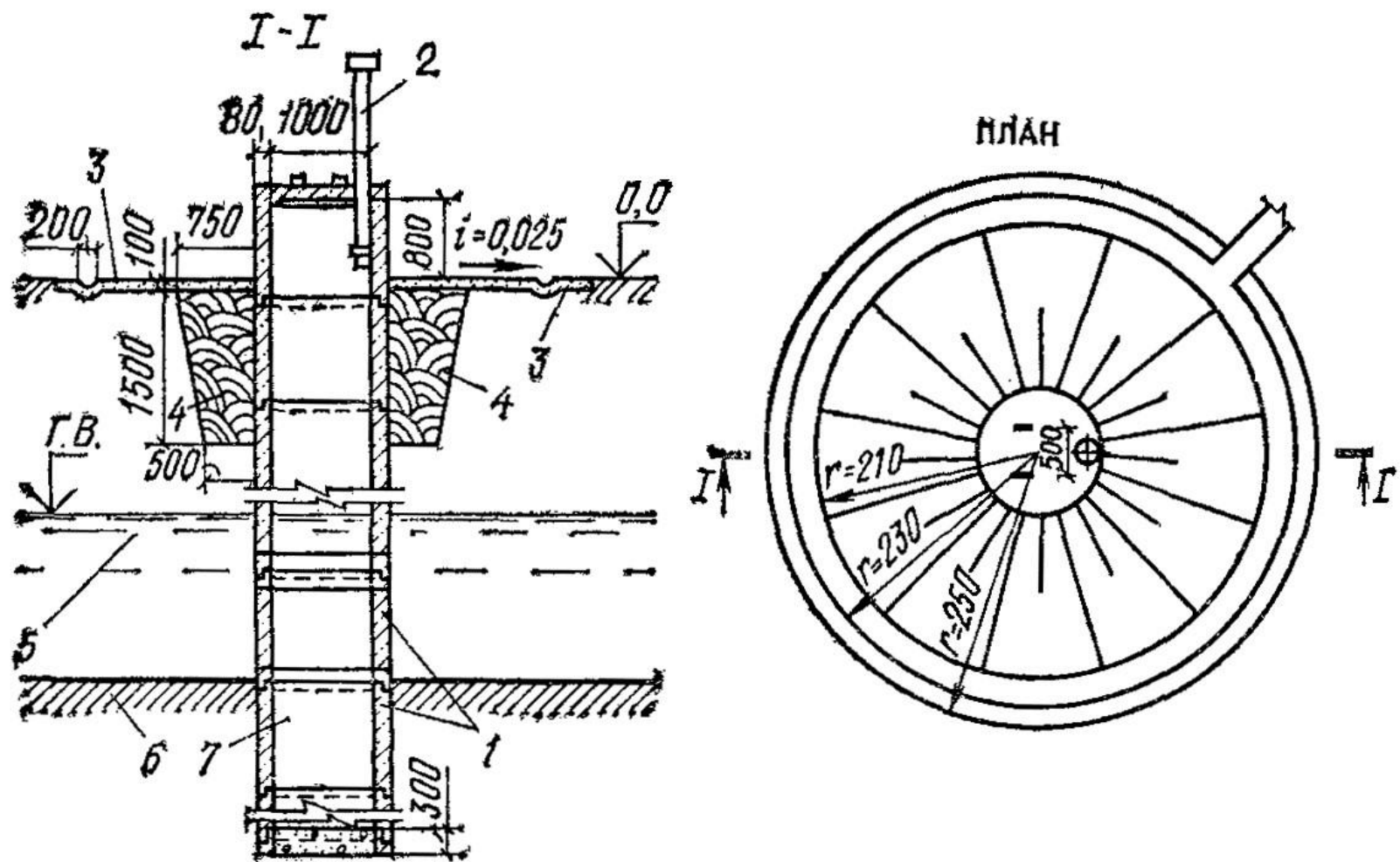


Рис. 9.2. Шахтный колодезь

Горизонтальні водозабори поділяються на траншейні (Рис. 9.3), галерейні (галереї та штольні) та кяризи (Рис. 9.4). Вибір типу горизонтального водозабору визначається глибиною залягання підземних вод та характером водоспоживання.

Для постійного водопостачання відносно великих споживачів застосовуються водозбірні галереї та штольні, які споруджуються при великій глибині залягання підземних вод.

Траншейні споруди використовуються для відносно невеликого водоспоживання при малій глибині залягання підземних вод.

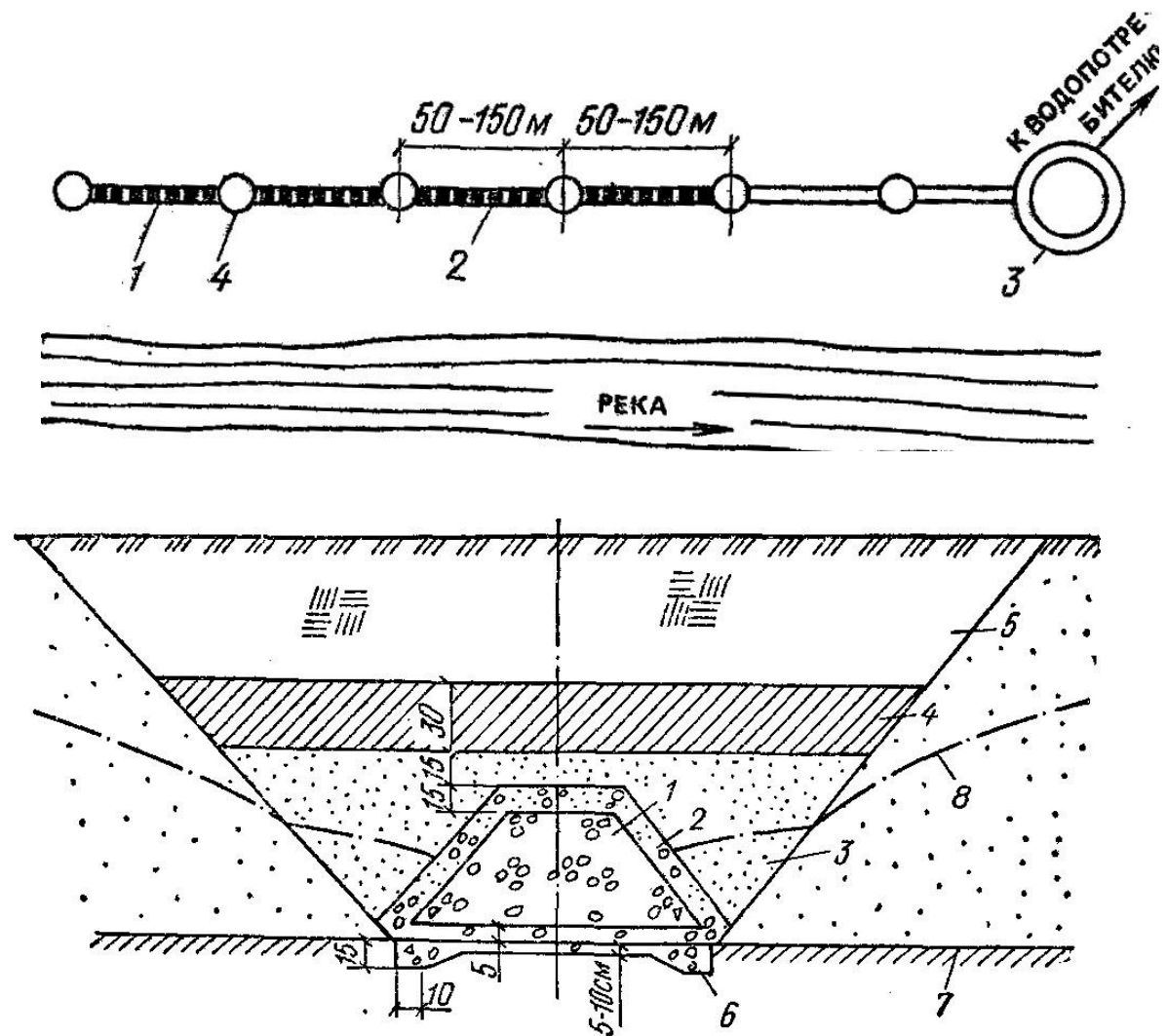


Рис. 9.3. Горизонтальный траншейный водозабір

Кяризи це примітивно влаштовані водозабори, які використовуються для сільськогосподарського водопостачання та зрошення невеликих земельних ділянок у напівпустельних районах з невитриманим заляганням водоносних горизонтів.

Кяризи являють собою системи збірних (захватних) галерей (штолень), які обладнуються вздовж гідроізогіпс, однієї або декількох відвідних штолень, розташованих приблизно впоперек гідроізогіпс, та низки шахт, через які вибирається ґрунт. Зі збірних штолень вода самопливом надходить у відкритий канал. Найбільше розповсюдження кяризи набули в Туркменістані, Азербайджані та Ірані.

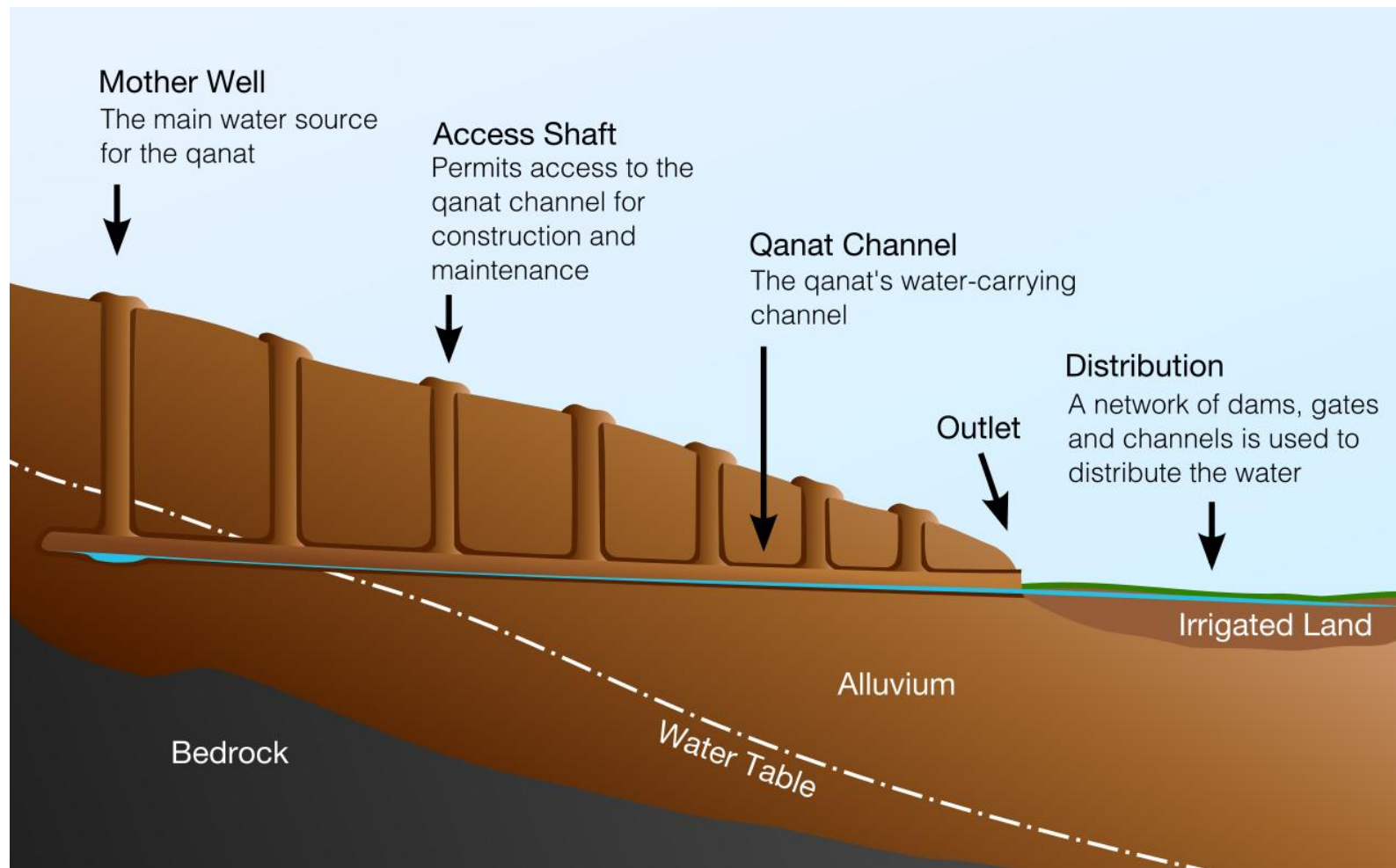


Рис. 9.4. Кяриз

**Експлуатаційні запаси підземних вод та їх
категорії за ступенем вивченості.
Методи визначення експлуатаційних запасів
підземних вод**

Експлуатаційні запаси - це кількість підземних вод, яка може бути отримана на родовищі за допомогою раціональних у техніко-економічному відношенні водозабірних споруд при заданому режимі експлуатації та якості води, що задовольняє потребам цільового використання її в народному господарстві протягом розрахункового терміну водоспоживання (експлуатації) 25-30 років.

Експлуатаційні запаси оцінюються за результатами виконаних на родовищі геологорозвідувальних робіт і за даними експлуатації підземних вод.

Під час оцінки експлуатаційних запасів у повній мірі мають бути вивчені якість, кількість та умови експлуатації підземних вод, а також їх можливі зміни в часі.

Залежно від ступеня вивченості та достовірності визначення цих показників експлуатаційні запаси поділяються на розвідані – це категорії A , B і C_1 та попередньо оцінені – це категорія C_2 .

Прогнозні ресурси за ступенем обґрунтованості належать до категорії P .

Запаси категорії А підраховуються на детально розвіданих або розроблюваних родовищах (ділянках) стосовно схеми нового або діючого водозабору, за сумарним фактичним дебітом свердловин, який було встановлено під час одиночних та кущових відкачок, або у процесі експлуатації.

У складних гідрогеологічних та гідрохімічних умовах для запасів цієї категорії виконують дослідно-експлуатаційні відкачки.

Запаси категорії В підраховуються на детально розвіданих або розроблюваних родовищах стосовно схеми нового або діючого водозабору, за дебітами різночасових дослідних відкачок зі свердловин з урахуванням їх взаємодії; за сумарним розрахунковим дебітом свердловин, досліджених для обґрунтування запасів категорії А, якщо зниження рівнів більше фактичних; за дебітами проектних свердловин, що розміщують на родовищі у відповідності з прийнятою схемою водозабору.

Запаси категорії C_1 підраховують, виходячи із загальних гідрогеологічних умов водозабірної площі, даних пробних відкачок зі свердловин та загальних природних запасів води, які можуть бути джерелами відновлення експлуатаційних запасів.

Запаси категорії C_2 підраховуються за розрахунковою витратою водозаборів на основі даних випробування одиночних свердловин і результатів інших гідрогеологічних досліджень; за екстраполяцією до запасів більш високих категорій; за аналогією гідрогеологічних умов на більш вивчених площах; за мінімальним дебітом джерел, який встановлюється одиночними замірами.

Прогнозні ресурси категорії Р – під час їх розрахунку враховують можливість виявлення нових родовищ підземних вод, наявність та склад яких ґрунтується на загальних гідрогеологічних схемах та передумовах; на гідрогеологічному картуванні, гідрологічних, воднобалансових та геофізичних дослідженнях.

Запаси категорій *A* та *B* встановлюються в результаті робіт виконаних на стадії розвідка родовищ підземних вод; запаси категорій *C*₁ – на підстадії пошуково-оцінювальні роботи та в окремих випадках стадії розвідка родовищ підземних вод; запаси категорій *C*₂ в результаті робіт виконаних на підстадії пошукові роботи та в окремих випадках на підстадії пошуково-оцінювальні роботи й на підстадії спеціалізовані гідрогеологічні роботи масштабу 1:50000 (1:25000); прогнозні ресурси *P* - на підстадії спеціалізовані гідрогеологічні роботи масштабу 1:50000 (1:25000) й на підстадії пошукові роботи та в окремих випадках на підстадії пошуково-оцінювальні роботи.

Родовища підземних вод вважаються підготовленими до експлуатації, коли запаси затверджені Державною комісією із запасів (ДКЗ) і в них дотримуються такі співвідношення категорій експлуатаційних запасів: $A + B$ мають становити не менше 70-80 %, у тому числі за категорією A - не менше 20-40%, лише для родовищ з дуже складними гідрогеологічними умовами припускається проектування водозаборів на базі запасів категорій $B + C_1$ за умовою, що запаси категорії B становлять не менше 70 %.

Оцінка експлуатаційних запасів підземних вод полягає в отриманні доказів можливості експлуатації підземних вод при дебіті водозабору та якості води, що задовольняє потребам споживача протягом розрахункового строку водоспоживання (експлуатації) 25-30 років.

Методи гідрогеологічних досліджень з метою водопостачання значною мірою залежать від того, яким методом буде здійснено оцінку експлуатаційних запасів підземних вод об'єкту, що вивчається. Метод оцінки експлуатаційних запасів визначається, виходячи з гідрогеологічних особливостей об'єкта.

Всі методи оцінки експлуатаційних запасів
підземних вод поділяються на:

- гідродинамічні;
- гідравлічні;
- балансові;
- метод гідрогеологічних аналогів.

Гідродинамічні методи ґрунтуються на використанні для розрахунків аналітичних формул, отриманих шляхом вирішення диференціальних рівнянь фільтрації в заданих початкових і граничних умовах. До них належать й методи математичного моделювання, які застосовують у складних гідрогеологічних умовах.

Для застосування гідродинамічних методів необхідно попереднє вивчення та оцінка гідрогеологічних параметрів, меж та граничних умов.

Позитивні риси використання гідродинамічних методів під час проведення оцінки експлуатаційних запасів - вони дозволяють враховувати всю складність та різноманіття умов формування експлуатаційних запасів; урахувати вплив меж і граничних умов, а також вплив режиму роботи водозабірної споруди.

Негативні риси використання гідродинамічних методів під час проведення оцінки експлуатаційних запасів - вони принципово застосовуються лише для простих гідрогеологічних умов (пласт однорідний) із чітко встановленими межами і граничними умовами.

Гідравлічні методи ґрунтуються на використанні для розрахунків емпіричних залежностей між дебітами та зниженнями рівнів у свердловинах або між зниженнями рівнів та часом.

Такі емпіричні залежності встановлюються за даними дослідних відкачок, причому в цьому випадку відкачки проводяться при двох або трьох ступенях зниженнях.

Самостійно гідравлічні методи не застосовують, а лише в комплексі з гідродинамічними та балансовими.

Позитивні риси використання гідравлічних методів під час проведення оцінки експлуатаційних запасів - у розрахунках беруть участь тільки величини дебітів, знижень та часу, які надійно встановлюються в результаті проведення дослідно-фільтраційних робіт.

Негативні риси використання гідравлічних методів під час проведення оцінки експлуатаційних запасів - відсутність в емпіричних залежностях будь-яких показників забезпеченості розрахункових дебітів джерелами їх формування.

Балансові методи передбачають оцінку експлуатаційних запасів підземних вод, виходячи з балансу води в зоні роботи водозабірної споруди. Фактично завдання зводиться до кількісної оцінки джерел формування експлуатаційних запасів та полягає у визначенні об'єму води, який може бути відібраний водозабором протягом того чи іншого строку експлуатації за рахунок виробки природних запасів, часткового або повного перехвату водозабором природного потоку.

Ці методи допоміжні і застосовуються для оцінки експлуатаційних запасів низьких категорій (C_2 , іноді C_1), але у той же час їх обов'язково використовують у поєднанні з гідравлічними або гідродинамічними при виконанні оцінки забезпеченості експлуатаційних запасів більш високих категорій (A , B , C_1).

Метод гідрогеологічних аналогів ґрунтується на екстраполяції даних про експлуатаційні запаси або параметрів їх розрахунків з вивчених (розвіданих або експлуатаційних) ділянок на нові, ще не вивчені ділянки.

У всіх випадках, коли природні гідрогеологічні умови без особливих втрат можуть бути представлені у вигляді розрахункової фільтраційної схеми, можуть і повинні застосовуватися гідродинамічні методи, у протилежному випадку (складні та особливо складні гідрогеологічні умови) мають застосовуватись гідравлічні методи.

Балансові методи та метод гідрогеологічних аналогів завжди мають застосовуватись для оцінки точності результатів, отриманих гідродинамічними та гідравлічними методами.

**Поняття про родовище підземних вод.
Класифікація родовищ підземних вод**

Під *родовищем підземних вод* розуміють ділянки верхньої частини земної кори, у межах яких під впливом природних і штучних факторів утворюються умови для відбору підземних вод, які у кількісному та якісному відношенні забезпечують економічне доцільне їх використання у народному господарстві.

Родовища підземних вод можуть бути природними - їх формування відбувається під впливом природних факторів, та штучними, коли накопичення підземних вод відбувається або за рахунок штучного переводу частини поверхневого стоку у підземний, або за рахунок фільтраційних втрат із систем водопостачання, водосховищ, каналів та ін.

Родовища підземних вод (прісних, мінеральних, промислових та термальних) мають багато спільного з родовищами будь-яких інших корисних копалин: (конттури в плані і розрізі - тобто межа, визначені об'єми скупчень корисної копалини, специфічні закономірності їх формування і розповсюдження, спільність понять запасів корисних копалин та ін.).

Для родовищ мінеральних, промислових та термальних вод межі родовища легко встановлюються на підґрунті урахування кондиційних вимог до якості (за величиною вмісту промислових або біологічно-активних компонентів або за температурою); для прісних вод - це питання дискусійне, але прийнято вважати, що конттури родовищ підземних вод співпадають з межами області фільтрації.

У межах родовища підземних вод може виділятися одна або декілька експлуатаційних ділянок, тобто ділянок родовища, які забезпечують раціональні в техніко-економічному відношенні умови експлуатації водозабірних споруд, що розміщуються в їх межах.

Родовища підземних вод мають специфічні особливості, які відрізняють їх від інших родовищ корисних копалин, що обумовлено такими особливостями підземних вод як рухомість, здатність до відновлення запасів, а також видами їх народногосподарського використання:

1) Підземні води швидко сприймають вплив зовнішнього середовища через межі області фільтрації, що виявляється в зміні рівня підземних вод, якості й величини їх запасів та в забезпеченні умов відтворення спрацьованих запасів.

2) Відновлюваність запасів підземних вод (особливо прісних) за рахунок природних ресурсів, при цьому природні ресурси при експлуатації не тільки не зменшуються, але на багатьох площах навіть збільшуються за рахунок залучення поверхневих вод, скорочення величини випаровування підземних вод та перетоків із суміжних у розрізі водоносних горизонтів.

3) Залежність експлуатаційних запасів родовищ підземних вод від фільтраційних (водопровідність) та ємнісних (водовіддача) властивостей водовміщуючих відкладів.

4) Мінливість меж родовищ підземних вод у просторі та часі під впливом природних і штучних факторів.

5) Взаємодія водозаборів, розташованих на різних експлуатаційних ділянках одного й того ж родовища та вплив цієї взаємодії на кількісні і якісні показники експлуатаційних запасів.

6) Багатоцільове використання підземних вод як корисної копалини та різноманіття вимог до їх якості.

7) Незамінність води як корисної копалини.

За геолого-гідрогеологічними умовами, які визначають методику проведення геологорозвідувальних робіт та підрахунок експлуатаційних запасів, родовища підземних вод можуть бути поділені на 7 головних типів:

- 1) родовища річкових долин;
- 2) родовища артезіанських басейнів;
- 3) родовища конусів виносу передгірських шлейфів та міжгірських западин;
- 4) родовища обмежених за площею структур або масивів тріщинних і тріщино-карстових порід та зон тектонічних порушень;
- 5) родовища піщаних масивів пустель та напівпустель;
- 6) родовища водно-льодовикових відкладів;
- 7) родовища області розвитку багаторічно мерзлих порід.

Переважна більшість розвіданих та експлуатованих на теперішній час родовищ відноситься до перших 4 типів, причому на долю родовищ річкових долин та родовищ артезіанських басейнів припадає приблизно 80 % від загальної кількості розвіданих родовищ.

Виділені типи родовищ підземних вод розрізняються за геолого-гідрогеологічними умовами, які визначають методику проведення геологорозвідувальних робіт та оцінку їх експлуатаційних запасів.

**Особливості геологорозвідувальних робіт на
родовища підземних вод з метою
водопостачання**

1) Під час вивчення *родовищ річкових долин* вивчають гідрогеологічні умови долини та гідрологічний режим річки.

Пошукові та розвідувальні свердловини розміщують по поперечниках, які перетинають долину та закінчуються на корінному березі - по 4-5 свердловин на поперечнику (поблизу русла, у тилівій частині терас, у місті їх причленування до берега та на корінному березі). Таке розміщення дозволяє прослідкувати зміну літологічного складу, товщини, фільтраційних властивостей водовміщуючих порід та якості підземних вод. Відстань між поперечниками приймають від 3 - 4 км - на підстадії пошукові роботи та до 0,5 – 1 км - на підстадії пошуково-оцінювальні роботи.

2) Під час вивчення *родовищ артезіанських басейнів* важливе значення мають такі види робіт, які виконують на підстаді пошукових робіт: збір та узагальнення матеріалів, отриманих за підсумками геологічного вивчення надр у попередні роки, вивчення та аналіз досвіду експлуатації діючих водозаборів, гідрогеохімічні та інші дослідження, що завершуються регіональною оцінкою експлуатаційних запасів підземних вод та вибором родовищ і ділянок, що є перспективними для проведення подальших пошуково-оцінювальних та розвідувальних робіт.

Пошукові та розвідувальні свердловини розміщують по профілях, що взаємно перетинаються, для отримання характеристики змін фільтраційних властивостей водоносних горизонтів та якості підземних вод по площі.

Для оцінки умов взаємозв'язку водоносних горизонтів та параметрів розділяючих їх слабопроникних пластів при встановлених передумовах перетікання на підстадії пошуково-оцінювальних робіт проводиться потужна кущова відкачка із закладанням спостережних свердловин на продуктивний і суміжні водоносні горизонти та встановлення спеціальних датчиків порового тиску в слабопроникних пластах.

3) Під час вивчення *родовищ конусів виносу* для вибору перспективної ділянки пошукові свердловини розташовують по повздовжньому профілю, що проходить від передгір'я до периферії конусу, а при необхідності - по поперечниках, що доходять до міжконусових знижень. Одна свердловина повинна повністю розкрити потужність водовміщуючих порід, а при великій їх потужності виконуються поінтервальні відкачки.

Для оцінки джерельного стоку проводять гідрометричні роботи, а якщо його величина перевищує заявлену потребу у воді, організують режимні спостереження за витратою джерел та діючих дренажів.

4) Пошук родовищ підземних вод, які приурочені до *обмежених за площею структур та масивів тріщинних та тріщино-карстових порід* проводяться за даними зйомочних робіт масштабу 1:25000 - 1:50000, площадних геофізичних досліджень, буріння та випробування окремих свердловин, що дозволяє визначати площі, ділянки або зони підвищеної водопровідності та водозбагаченості.

На підстаді пошуково-оцінювальних робіт, для виявлення меж водовміщуючих структур, закономірностей їх зміни, фільтраційних властивостей порід та якості води по площі та в розрізі, а також загальної кількісної оцінки експлуатаційних запасів підземних вод виконується комплекс бурових, дослідно-фільтраційних, геофізичних, стаціонарних гідрогеологічних і гідрологічних спостережень та спеціальних балансово-гідрометричних робіт. Поперечники розвідувальних свердловин розбурюються через усе родовище. Виконуються спеціальні водно-балансові дослідження та гідрометричні роботи з обов'язковою організацією постів на вхідному та замикаючому родовище створах.

5) Дослідження *родовищ піщаних масивів пустель та напівпустель* визначаються конкретними умовами формування лінз прісних вод та потребою у воді. Найважливіше встановити контури лінз прісних вод, умови їх живлення, витрати та взаємодії з поверхневими та підстилаючими солоними водами. Для цього на підставі пошукових робіт виконують гідрогеологічну зйомку, площадні геофізичні дослідження, геоботанічні спостереження та пошукове буріння. На підставі пошуково-оцінювальних робіт, під час розвідки великих лінз здійснюється буріння розвідувальних свердловин по поперечниках, проводяться пробні та дослідні відкачки, геофізичні спостереження у свердловинах, режимні спостереження, вивчаються процеси підтягування солоних вод та ін.

6) Під час вивчення *родовищ водно-льодовикових відкладів* виникає необхідність буріння значної кількості пошукових і картувальних свердловин, що пов'язано з різкою мінливістю літологічного складу та потужностей водовміщуючих порід.

На підстаді пошуково-оцінювальних робіт доцільне попереднє буріння картувальних свердловин малого діаметру в місцях передбаченого буріння гідрогеологічних свердловин з метою проведення кушових та рідше, одиночних відкачок.

На стадії розвідки родовища підземних вод доцільне буріння картувальних свердловин для визначення точок закладання розвідувальних та розвідувально-експлуатаційних свердловин.

Тема 7

Гідрогеологічні дослідження з метою меліорації земель

**Задачі, види та стадії гідрогеологічних
досліджень з метою меліорації земель**

Меліорація (від лат. «melioratio» – покращення) - це сукупність організаційно-господарських та технічних заходів, спрямованих на докорінне поліпшення земель.

Найбільше значення меліорація має для сільського господарства, додаючи велику стійкість цій галузі й забезпечуючи більш стабільні валові збори сільськогосподарських культур; дозволяє повніше використовувати земельний фонд.

Найбільш розповсюджена меліорація земель з несприятливим водним режимом. у посушливих районах, де опадів мало, а випаровуваність висока, запаси ґрунтової вологи поповнюються водою, що штучно подається на поля, тобто застосовують зрошення, створюючи відкриті та закриті зрошувальні системи.

Меліорація боліт та надлишково зволжених земель спрямована на посилення аерації ґрунту, поліпшення її температурного режиму та стимуляції аеробних процесів у розкладення органічної речовини, що досягається видаленням надлишку води відкритими каналами і дренами з ґрунтового шару у водотоки або водойми, тобто осушенням.

Існують також меліорації земель з несприятливими фізичними та хімічними властивостями, земель, що піддаються впливу шкідливої механічної дії води або вітру та ін.

I. *Зрошення* - це комплекс господарських, інженерних та організаційних заходів, спрямованих на доставку та рівномірний розподіл води в сільгоспугіддях, які в природних умовах відчують її нестачу.

На основі зрошення ґрунтуються гідротехнічні прийоми формування подачі води та перетворення її на ґрунтову вологу.

Розміщення зрошувальних меліорацій залежить від зволоженості, забезпеченості рослин вологою, виду культур, що вирощуються, та типів ґрунту.

Зрошення земель здійснюють за допомогою *зрошувальної системи* – комплексу пов'язаних між собою споруд, будівель та приладів, призначених для забору води з джерела води, транспортування її до зрошуваного масиву, розподілення по поливних ділянках, поливу земель, а також відведення зі зрошуваного масиву дренажних, скидових та ґрунтових вод.

II. *Осушення* - це комплекс гідротехнічних та агротехнічних господарських заходів, спрямованих на попередження або ліквідацію несприятливого впливу води на господарську діяльність людини. Осушення ґрунтується на гідротехнічних прийомах нормованого вилучання води із шару ґрунту, у якому знаходиться коренева система рослин, що дає можливість освоювати нові землі та підвищувати їх сільськогосподарську продуктивність.

Об'єктами осушення є болота, заболочені та мінеральні надлишково зволожені землі.

Методи та способи осушення визначаються типом водного живлення та сільськогосподарського використання територій.

Осушення земель здійсниться за допомогою *осушувальної системи* - комплексу інженерних споруд та пристроїв для поліпшення водного режиму перезволожених земель.

Задачі гідрогеологічних досліджень є спільними для різних видів меліорації земель:

1) загальна гідрогеолого-меліоративна оцінка території та перспективне планування зрошувальних та осушувальних меліорацій;

2) вибір об'єктів для першочергового сільськогосподарського освоєння;

3) вивчення геолого-гідрогеологічних умов територій, призначених для меліоративного освоєння, як необхідного підґрунтя для обґрунтування проектування систем зрошення або осушення;

4) вивчення природного режиму підземних вод та прогноз його можливих змін, як основи для розробки найбільш оптимальної системи заходів з управління водним режимом у межах масиву зрошення або осушення;

5) гідрогеологічне обґрунтування умов роботи та проектування дренажних споруд;

6) пошук та оцінка можливих джерел води для зрошення, або в якості водоприймача для осушення, а також умов транспортування зрошувальної води на масив зрошення, або навпаки;

7) оцінка умов та ефективності роботи систем зрошення або осушення та дренажу, а також обґрунтування заходів, що забезпечують оптимальні умови їх роботи.

Головні стадії гідрогеологічних досліджень є загальними для різних видів меліорації земель.

1. Передпроектні (регіональні) гідрогеологічні дослідження. На першому етапі з метою попередньої оцінки територій, що вивчаються, та розробки програми її меліоративного освоєння (схеми) узагальнюються та аналізуються матеріали попередніх регіональних досліджень. В результаті складають схематичні дрібномасштабні карти або схеми гідрогеолого-меліоративного районування територій у межах регіонів, що плануються для меліоративного освоєння. Підґрунтям для цього є гідрогеологічні та інженерно-геологічні карти масштабу 1:2500000 - 1:1000000, або 1:500000 - 1:200000.

На другому етапі здійснюють дослідження з метою техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) доцільності меліоративного освоєння територій та відбору об'єктів для проєктування меліоративного будівництва. Для вирішення задач ТЕО проводиться комплексна гідрогеологічна та інженерно-геологічна зйомка масштабу 1:200000 на основі геологічної та геоморфологічної карт масштабу 1:200000 - 1:100000.

В результаті передпроєктних досліджень складаються регіональні схеми комплексного використання водних та земельних ресурсів, встановлюються об'єкти першочергового господарського освоєння, обґрунтовуються способи меліорацій та завдання подальших досліджень.

2. Гідрогеологічні дослідження для обґрунтування проєктів зрошення або осушення.

Проєктування меліоративного будівництва здійснюється у дві стадії: проєкт і робоча документація, або в 1 стадію – робочий проєкт, при нескладних природних умовах та порівняно незначної площі зрошення або осушення (менше 1500 га).

1 стадія – проєкт.

Для обґрунтування проєкту зрошувальної або осушувальної систем гідрогеологічні дослідження проводять в межах масивів, зрошення або осушення яких визнано доцільним та економічно ефективним на попередньому етапі досліджень.

Задачами гідрогеологічних досліджень є:

1) вивчення гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов території та її меліоративна оцінка для вибору й обґрунтування складу та способів проведення меліоративних заходів;

2) отримання необхідних розрахункових значень параметрів для зон аерації та насичення;

3) вивчення режиму та балансу підземних вод та отримання вихідних даних для прогнозу режиму ґрунтових вод та водно-сольового балансу та ін.

У результаті гідрогеологічних досліджень:

- 1) складається гідрогеологічне обґрунтування умов роботи всіх елементів системи зрошення або осушення;
- 2) здійснюються та уточнюються прогнози режиму ґрунтових вод, водно-сольового балансу території, розвитку інженерно-геологічних процесів;
- 3) уточнюються умови будівництва різноманітних споруд;
- 4) визначаються техніко-економічні показники системи зрошення або осушення, що проєктується.

2 стадія – робоча документація.

Гідрогеологічні дослідження виконуються для конкретизації окремих питань, пов'язаних з уточненням розміщення та конструктивних особливостей окремих споруд системи зрошення або осушення, та питань, що виникають у процесі проєктування.

3. Гідрогеологічні дослідження в період будівництва та експлуатації систем зрошення або осушення.

Завдання досліджень полягають:

1) у забезпеченні кваліфікованого гідрогеологічного нагляду за будівництвом та експлуатацією систем зрошення та осушення;

2) в уточненні гідрогеологічних та інженерно-геологічних особливостей масиву зрошення або осушення та внесення відповідних корективів у проекти окремих споруд;

3) в уточненні прогнозів режиму підземних вод та умов роботи окремих споруд (водозабірних, транспортуючих, дренажних та ін.);

4) в обґрунтуванні найбільш раціональних режимів експлуатації окремих споруд і системи зрошення або осушення в цілому.

Особливості складу та методики проведення гідрогеологічних досліджень з метою зрошення

Головними видами спеціалізованого вивчення та оцінки *зрошуваних територій* є зйомочні роботи та стаціонарні спостереження.

1. Особливості зйомочних робіт для потреб зрошення :

1) у процесі досліджень досконально вивчають динаміку рівня і мінералізації ґрунтових вод, динаміку вологості та складу солей у товщі порід зони аерації, зміну інфільтрації та випаровування, гідрометеорологічні показники з метою прогнозу змінення під впливом зрошення водо-сольового балансу, що склався в природних умовах;

2) з метою повного і правильного виявлення гідродинаміки підземних вод проводиться вивчення гідродинамічних умов та особливостей потоків підземних вод у межах їх природних басейнів незалежно від контурів зрошуваних територій, при цьому в якості нижньої межі потоків, що вивчаються, приймають перший від поверхні регіональний водотрив.

3) у тому випадку, якщо нижчезалягаючий відносно регіонального водотриву напірний горизонт має гідравлічний зв'язок з потоком ґрунтових вод, що вивчається, встановлюють кількісну оцінку цього взаємозв'язку з метою обґрунтування можливості застосування вертикального дренажу або використання напірних підземних вод для зрошення;

4) у процесі зйомочних робіт досконало вивчають та картують геологічну будову та водно-фізичні (головним чином, фільтраційні) властивості товщі порід до першого регіонального водотриву (приблизно до 20-50 м) детально вивчаючи склад та властивості порід зони аерації (фільтраційні, водно-фізичні, фізико-механічні та ін.).

Для потреб зрошення проводять комплексні гідрогеологічні та інженерно-геологічні зйомки.

При середньомасштабних зйомках масштабу 1:200000 використовують непрямі методи (аерофотозйомку, геофізичні дослідження, геоморфологічні та геоботанічні спостереження та ін.), що забезпечує швидке отримання інформації, у той же час, вона має невисоку надійність та достовірність.

При великомасштабних зйомках (1:50000) використовують прямі методи (аеровізуальні та візуальні, гідрогеологічні та інженерно-геологічні спостереження, гірничо-бурові, гідрологічні, дослідно-фільтраційні, лабораторні, режимні та інші роботи), що забезпечують отримання більш достовірної та надійної інформації.

Зйомка проводиться в 2 етапи.

На *першому* етапі проводять маршрутні спостереження у поєднанні з площинними, ландшафтно-індикаторними, геофізичними та іншими методами.

У межах кожного морфогенетичного типу рельєфу в хрест його простягання закладається 2-3 опорних геофізичні профілі з проходкою на них 2-3 свердловин глибиною до регіонального водотриву та однією свердловиною з повним розкриттям геолого-літологічного розрізу.

В результаті камеральної обробки результатів першого етапу досліджень складаються розрізи, схеми та карти з виділенням типових за гідрогеологічними та інженерно-геологічними умовами показниками районів, намічається склад та порядок проведення подальших досліджень у кожному районі.

На *другому* етапі виконуються роботи у межах виділених типових ділянок та деталізація досліджень за напрямками опорних профілів, що забезпечує наступну екстраполяцію отриманих результатів на всю територію, що вивчається.

Особливості *стаціонарних спостережень за режимом та балансом підземних вод* для потреб зрошення.

Режимні спостереження виконуються з метою виявлення ролі різноманітних природних та штучних факторів у формуванні режиму підземних вод.

Для цього створюється спостережна мережа 3 видів:

- 1) опорна регіональна мережа, що знаходиться у веденні гідрогеологічних станцій;
- 2) внутрішньогосподарська спостережна мережа управлінь зрошувальних систем;
- 3) тимчасова спостережна мережа різних відомств.

**Вимоги до гідрогеологічних досліджень, що
виконуються з метою зрошення.
Типи гідрогеологічних умов зрошуваних
територій**

У склад робіт із вивчення *режиму підземних вод* входять:

1) спостереження за сезонними, річними та багаторічними змінами рівня, температури та хімічного складу підземних вод;

2) спостереження за дебітом фонтануючих свердловин, джерел, кяризів та підземних вод, що виклинюються;

3) вивчення елементів балансу підземних вод, інфільтрації, атмосферних опадів, річкових вод, фільтраційних вод каналів, зрошувальних вод, підземного притоку та відтоку, витрат ґрунтових вод на випаровування та транспірацію рослинністю, виклинювання у природні та штучні дрени та ін.;

4) вивчення елементів сольового балансу ґрунтових вод.

Для вирішення цих задач на зрошувальних землях створюється мережа спостережних пунктів, яка складається з:

1) одиночних свердловин, що розкривають водоносні горизонти, які вивчаються;

2) кущі спостережних свердловин (з поверхово-розташованими фільтрами) для спостережень за змінами напорів та хімічного складу підземних вод на заданих глибинах, а також для вивчення взаємозв'язку водоносних горизонтів;

3) водомірних постів на джерелах, зрошувальних та дренажних каналах, річках, водосховищах та ін.

Баланс ґрунтових вод, а також їх сольовий баланс вивчають на спеціально обраних ділянках, типових за гідрогеологічними умовами (ділянки – “ключі”). При вивченні балансу ґрунтових вод шляхом аналізу рівнянь несталого руху ґрунтових вод у кінцевих різницях використовують відповідним чином розміщені одиночні спостережні свердловини або їх “кущі”.

Зміст, склад та методика гідрогеологічних досліджень для потреб зрошення в значній мірі визначається вимогами, що встановлюються до гідрогеологічного обґрунтування проєктів меліоративного будівництва і до вихідної інформації, отриманої в результаті досліджень.

1. При проведенні комплексної зйомки для потреб меліорації особливо досконалому вивченню підлягають:

а) морфогенетичні типи рельєфу, їх окремі елементи, нахили, мікрорельєф та їх зв'язок з тектонікою;

б) головні геолого-генетичні комплекси порід, їх склад, товщина, розповсюдження та умови залягання;

в) водоносні горизонти та комплекси, що залягають вище регіонального водотриву та пов'язані з ними горизонти, що залягають нижче;

г) умови живлення, розповсюдження та залягання ґрунтових вод і верховодки, їх зв'язок з поверхневими та підземними напірними водами, глибина залягання;

д) зміна хімічного складу та мінералізації підземних вод за площею та у розрізі, характеру та ступеня засоленості порід зони аерації;

е) головні гідрогеологічні параметри водоносних горизонтів і комплексів, що залягають вище регіонального водотриву, умови їх взаємозв'язку з поверхневими та напірними водами, що залягають нижче, параметри порід зони аерації;

ж) інженерно-геологічні фактори, процеси та явища, що визначають умови меліоративного будівництва;

з) режим поверхневих і підземних вод та його зміни у часі (протягом не менше ніж 1 рік).

2. Гідрогеологічні дослідження з вивчення режиму, водного та сольового балансів підземних вод мають забезпечувати необхідну інформацію для обґрунтування режиму зрошення, дренажу та інших прогнозів.

3. Достовірність визначення фільтраційних параметрів має забезпечувати можливість виконання прогнозів режиму рівня ґрунтових вод з імовірністю 0,7-0,8.

4. Гідрохімічні параметри (коефіцієнти дифузії та розчинення солей, швидкість фільтрації, активна пористість, вміст солей та ін.) мають бути вивчені в межах всіх типових ділянок.

5. При вивченні параметрів водно-сольового режиму має бути охоплена товща порід потужністю не менше ніж 3 м, а при можливості і вся зона аерації.

6. Прогнози режиму рівнів та хімічного складу ґрунтових вод мають виконуватися для всієї території, охопленої впливом меліоративних заходів, причому кількісними методами з наведенням їх імовірності.

7. На ділянках можливого застосування вертикального дренажу мають бути:

а) детально вивчені літологічні особливості всієї товщі відкладів до регіонального водотриву;

б) визначені гідрогеологічні та гідрохімічні параметри покривних відкладів та водоносних пластів, у яких буде діяти дренаж;

в) визначений та кількісно оцінений гідравлічний зв'язок ґрунтових вод з поверхневими та напірними водами;

г) достовірно встановлена розрахункова схема дії дренажу;

д) обґрунтований прогноз умов роботи дренажу методами, що забезпечують врахування головних факторів, які визначають ефективність роботи вертикального дренажу.

В залежності від природної дренажності земель, граничних умов у плані й розрізі та наявності напірного живлення ґрунтових вод (за Д. М. Кацем) виділяють 17 типів зрошуваних районів держав СНД.

Кожний з виділених типових районів зрошення потребує певної специфіки проведення гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень, обумовлених його природними особливостями (геологічною будовою, ступенем дренажності, літологічними особливостями та фільтраційними властивостями водоносних відкладів і порід зони аерації, наявністю глибинного живлення ґрунтових вод та ін.).

Більшість зрошуваних масивів України розташовано в межах Причорноморської западини, для якої характерні 9а та 9б, 14а, 15а та 15б і 17 типи гідрогеологічних умов зрошення.

За складністю гідрогеологічних умов зрошувальні райони об'єднані в 3 групи:

1 група. Райони із порівняно простими гідрогеологічними умовами. Вони характеризуються інтенсивною природною дренаваністю земель і стійким глибоким заляганням ґрунтових вод, живлення яких повністю балансується підземним стоком. Ґрунтові води в ґрунтоутворенні участі не беруть. Необхідні заходи по боротьбі з фільтрацією води із каналів, особливо в умовах 1 та 4 типів районів. Режим ґрунтових вод у більшості районів цієї групи не потребує регулювання.

2 група. Райони з гідрогеологічними умовами середньої складності. Вони характеризуються, головним чином, задовільною природною дренажістністю та розповсюдженням прісних вод, рівень яких до зрошення залягає на різній глибині, а при зрошенні підіймається до глибини від 0,5 - 1м до 4-5 м. Для районів 8 та 9 характерний розвиток єдиних водоносних комплексів ґрунтових та напірних вод з неглибоким заляганням їх рівня в зонах виклинювання. Ґрунтові води можуть викликати заболочення ґрунтів, рідше слабке їх засолення. Регулювання режиму ґрунтових вод необхідно в більшості випадків для боротьби з заболоченням ґрунтів та їх слабким засоленням і може бути досягнуто застосуванням дренажу та інших заходів.

3 група. Райони зі складними гідрогеологічними умовами. Вони вирізняються слабкою та дуже слабкою природною дренажістю або безстічністю, тому ґрунтові води, головним чином, мають меншу мінералізацію.

У районах 9б, 15, 16 та частково 17 має місце глибинне живлення ґрунтових вод та неглибоке положення їх рівня (майже до виклинювання). В інших районах глибина залягання рівня ґрунтових вод різна, але після зрошення їх рівень знаходиться на глибині звичайно, менше 2-4 м, що неминуче призводить до засолення ґрунтів, якщо не застосовувати запобіжні заходи. Для всіх районів з метою регулювання режиму підземних вод доцільним є дренаж, що виключає засолення та заболочування ґрунтів при зрошуванні.

**Зміст, склад та методика проведення
гідрогеологічних досліджень з метою осушення.
Загальні вимоги, щодо гідрогеологічних
досліджень, що виконуються з метою осушення.
Типи гідрогеологічних умов осушуваних
територій**

Головними видами вивчення та оцінки осушуваних територій, так само як і для зрушуваних, є зйомочні роботи та стаціонарні спостереження.

Особливістю проведення зйомочних робіт заболочених районів через їх важку доступність та погану прохідність є широке використання непрямих методів досліджень (аерометодів, ландшафтно-індикаційних та ін.), які значно скорочують строки та вартість зйомки. Інформація, що отримується непрямыми методами перевіряється і доповнюється прямими наземними методами - опорними маршрутами та дослідженнями на ключових ділянках.

Дослідження на ключових ділянках дозволяє отримувати інформацію, за допомогою якої встановлюється ландшафтно-індикаційні залежності, дешифрувальні ознаки та індикатори гідрогеологічних умов, що є основою для дешифрування результатів непрямих досліджень та екстраполяції інформації ключових ділянок на всю площу типового району. Розміри ключових ділянок, їх положення та кількість залежать від однорідності ландшафту, складності геолого-гідрогеологічних умов, масштабу зйомки та інших факторів. Наприклад, при складних умовах приймають 1 ключову ділянку на 300-400 км при масштабі зйомки 1:200000.

Дослідження на ключових ділянках містять вивчення геологічної будови та гідрогеологічних умов, фізико-механічних і водно-фізичних властивостей порід зони аерації та головних водних горизонтів, фізико-геологічних процесів та явищ, виявлення кореляційних зв'язків між окремими компонентами гідрогеологічних й інженерно-геологічних умов та зовнішніми компонентами ландшафту (рельєфом, рослинністю, гідрографією та ін.).

Дослідження на ключових ділянках проводяться за розвідувальними опорними поперечниками, що перетинають всі елементи рельєфу, при цьому виконуються маршрутні спостереження, бурові та геофізичні дослідження.

На кожній з ключових ділянок у залежності від геолого-гідрогеологічних особливостей закладається 5 та більше свердловин глибиною 10-25 м. При необхідності вивчення глибоких горизонтів деякі з них бурять до 150-300 м.

У результаті дешифрування аерофотоматеріалів виділяються та оконтурюють великі болотні масиви, проводиться їх типізація за ландшафтними ознаками, намічаються наземні спостереження найбільш розповсюджених типів боліт та систем болотних масивів. Після наземного вивчення ключових ділянок та типових боліт результати досліджень екстраполюються на всю досліджувану площу.

Спостереження за режимом підземних вод здійснюються по регіональній спостережуваній мережі (вивчення природного режиму та впливу меліорації в регіональному плані; мінімальна тривалість спостережень 3 роки), по спеціальній гідромеліоративній мережі (вивчення порушеного режиму підземних вод у межах масиву осушення, постійні спостереження та на суміжних територіях на протязі 5-12 років) та по спеціальній тимчасовій гідрогеологічній мережі (визначення гідрогеологічних параметрів за даними стаціонарних спостережень).

В якості об'єктів для режимних спостережень обираються найбільш типові в геолого-гідрогеологічному відношенні райони та ділянки, що забезпечують можливість екстраполяції результатів вивчення за методом аналогії на інші території.

Регіональна спостережна мережа складається щонайменше з 1 свердловини, рідко з 10 та більше свердловин, з обладнанням 1-2 водомірних постів у районах водотоків. На болоті кущі свердловин влаштовуються у бортів, всередині болота, поблизу водотоків або водоймища.

Спеціальна гідромеліоративна мережа влаштовується у вигляді створів, розташованих дотично до регулюючих частин осушувальної системи (каналам, дренам, збирачам). Створ складається щонайменше з 3-5 спостережних свердловин, частота вимірів дебітів та рівнів - 1 раз у 3-10 днів, гідрохімічні та термометричні дослідження проводяться 2-3 на рік.

Водний баланс осушуваних земель визначається експериментально, використовуючи гідродинамічний метод, як допоміжний для визначення різниці між притоком та відтоком ґрунтових вод. Водний баланс складається роздільно для ґрунтових вод, зони аерації, поверхневих вод та загальний для всієї території.

Балансові дослідження проводяться на найбільш перспективних для осушення, або вже осушених масивах. Межі балансових ділянок встановлюють за вододільними лініями, контурами штучних споруд (дрен, каналів тощо) та гідрографічною мережею. Площа таких ділянок рідко перевищує 20-100 га.

У цілому вимоги до гідрогеологічних досліджень з метою осушення ідентичні до вимог, що висуваються до гідрогеологічних досліджень з метою зрошення.

В процесі проведення зйомочних та інших робіт на масивах, де передбачається осушення, особлива увага має приділятися:

1) до встановлення головних джерел водного живлення перезволожених земель;

2) до встановлення типів боліт за умовами їх водного живлення та площ їх розповсюдження;

3) до виявлення фільтраційних властивостей перезволожених ґрунтів, торф'яників та пов'язаних з ними водоносних горизонтів;

4) до отримання достовірних значень параметрів, необхідних для проектування дренажних споруд та інших елементів системи осушення.

В залежності від геологічної будови, обводненості покривних відкладів та ступеня участі напірних вод у їх обводненні, гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов, райони осушення поділяються на 3 категорії: прості, середньої складності та складні.

Гідрогеологічні умови перезволожених земель можна звести до 16 головних типів. Ця класифікація не є універсальною, тому що в межах одного масиву можуть бути ділянки з 2-3 виділеними типами умов, у розповсюдженні яких можуть бути наявними або відсутніми деякі закономірності. Однак без застосування цієї класифікації неможливо обрати розрахункову схему, методику вивчення режиму та прогнозу ґрунтових вод.

Ступінь участі підземних вод у водному живленні незволожених земель зростає від 1 типу до останнього: у 1-5 типах у перезволожені земель бере участь переважно верховодка, 6-11 типах - притікаючи з боку ґрунтові води, у 12-16 та 7 видах - напірні води. Режим ґрунтових вод у останніх типах - схеми 7, 12-16, залежить від положення п'єзометричної поверхні напірних вод та менше схильні до впливу метеорологічних факторів.

Тема 8

**Гідрогеологічні дослідження при пошуку
та розвідці мінеральних (лікувальних),
промислових і термальних підземних вод**

**Загальна схема й основні положення методики
гідрогеологічних досліджень мінеральних
(лікувальних), термальних та промислових
підземних вод**

До *мінеральних (лікувальних) вод* (за А.М. Овчинниковим, 1970) належать природні води, що можуть впливати на організм людини з лікувальним ефектом, обумовленим підвищеним вмістом корисних, біологічно активних компонентів іонно-сольового та газового складу, або загальним іонно-сольовим складом води, а також органічною речовиною.

Для віднесення мінеральних вод до того чи іншого їх типу за мінералізацією, вмістом біологічно-активних компонентів та інших показників використовуються критерії оцінки, які регламентовані відповідним ДСТУ.

Серед мінеральних вод виділяють такі головні типи: залізовміщуючі (Келичинські води, Закарпаття), миш'яковміщуючі (курорт Зуби, Грузія), сірководневі (сульфідні) (Сочі, Мацеста), вуглекислі (Кисловодський нарзан, Єсентуки, Боржомі), радонові (Цхалтубо), йодні (Нальчик), борні, бромні, кременисті (Березівська), вміщуючи органічні речовини (типу "Нафтуся", Трускавець).

Мінеральні (лікувальні) води поділяються на води для внутрішнього (питні) та зовнішнього (для ванн) застосування. У відповідності з ДСТУ виділяють 2 великі групи питних вод: лікувально-столові з мінералізацією від 1 до 10 г/дм³ та лікувальні, що приймаються за призначенням лікаря, з мінералізацією від 10 до 15 г/дм³.

Під *термальними водами* розуміють води з температурою більше 20°C.

Існує декілька класифікацій підземних вод за їх температурою. Найповнішою з них є класифікація М.І. Толстихіна (1970), яка включає:

- 1) негативно температурні – *кріонегу* (від -36 до 0 °C);
- 2) позитивно температурні – *негу* (до + 20 °C) та терми – теплі та гарячі (від + 20 °C до +100 °C);
- 3) надгарячі (перегріті) води – *супертерми* (від + 100 °C до 700 °C);
- 4) гарячі пари (газ та пара) – *вапортерми* (більше 700 °C).

За використанням виділяють такі групи термальних вод:

- 1) з температурою від $+ 50^{\circ}\text{C}$ до $+ 70^{\circ}\text{C}$ – для гарячого водопостачання (парники, теплиці, ферми),
- 2) з температурою від $+ 70^{\circ}\text{C}$ до $+ 100^{\circ}\text{C}$ – для опалення, гарячого водопостачання, вироблення електроенергії;
- 3) з температурою більше $+ 100^{\circ}\text{C}$ – для вироблення електроенергії та теплопостачання.

Під час вирішення питання про використання термальних вод завжди враховується їх хімічний склад та експлуатаційні запаси.

Багато термальних вод використовуються також й із бальнеологічною метою, як мінеральні термальні води (наприклад, азотна термальна мінеральна вода Ходжа-Обігарм, Гісарський хребет Тянь-Шаню – це єдиний у СНД та другий у світі пароеманотерій (курорт на висоті 1800 м, де вода закипає при температурі + 95°C).

Промисловими називають підземні води, що містять у розчині корисні компоненти або їх сполуки (поварену сіль, *I*, *Br*, *B*, *Li*, *K* та ін.) у концентраціях, що забезпечують у конкретних гідрогеологічних умовах, на даному рівні розвитку технології, економічно доцільний їх видобуток та переробку.

Віднесення природних підземних вод до промислових проводиться за сукупністю ознак, вирішальне значення серед яких мають: рівень концентрації рідкісних елементів у підземних водах, експлуатаційні запаси підземних вод, технологічні можливості як у відношенні видобування окремих елементів з води, так і їх комплексного використання; умови експлуатації водозаборів (глибина свердловини та динамічний рівень підземних вод), умови скидання вироблених вод та фактори техніко-економічного та загальноекономічного характеру (наприклад, шляхи сполучення тощо).

За умовами формування, залягання та розповсюдження мінеральні (лікувальні), термальні та промислові води мають багато спільного. Зокрема, вони, як правило, розкриваються в глибоких структурних горизонтах; мають підвищену мінералізацію; специфічний хімічний склад, характеризуються незначною залежністю режиму від кліматичних факторів, складними гідро-геохімічними особливостями, пружним режимом при експлуатації тощо.

Усе вищесказане надає підґрунтя для єдиної схеми вивчення мінеральних, термальних та промислових вод.

Родовища мінеральних вод класифікуються за різноманітними ознаками. Для розвідки найбільший інтерес має типізація родовищ за їх геолого-структурними та гідрогеологічними умовами. Виділяють 6 типів родовищ мінеральних вод:

1) Родовища в артезіанських басейнах платформ характеризуються широким розповсюдженням, глибоким та спокійним заляганням мінеральних вод у відносно однорідних тріщинних та порових колекторах, витриманістю гідро-геохімічних показників, невеликими надлишковими напорами та значними природними запасами.

2) Родовища передгірських та міжгірських артезіанських басейнів та схилів (пластові) характеризуються обмеженим розповсюдженням мінеральних вод, високою газонасиченістю, високими надлишковими напорами, сталістю хімічного складу вод при невеликих водовідборах та можливістю підтока води іншого складу по зонах тектонічних порушень та через літолого-фаціальні вікна, при розкритті можливі сильні водяні та газОВО-водяні викиди.

3) Родовища артезіанських басейнів та схилів, пов'язані із зонами розвантаження глибинних мінеральних вод у вищезалягаючі напірні водоносні горизонти, характеризуються високою газонасиченістю та температурою вод, обмеженим розповсюдженням серед пластових напірних вод (у вигляді куполів мінеральних вод над тектонічними порушеннями або фаціальними вікнами), мінливістю меж та об'єму купола в часі та при відкачках, складністю простежування куполів мінеральних вод.

4) Родовища тріщинно-жильних водонапірних систем, що приурочені до магматогенно-метаморфічних порід, характеризуються малими перерізами водоносних зон (пов'язаних з тектонічними порушеннями, рідше - з карстом) та як наслідок - скупченістю потоків мінеральних вод, стабільністю гідродинамічного режиму та сталим у часі складом мінеральних вод.

5) Родовища, що приурочені до зон розвантаження напірних потоків у басейни ґрунтових вод характеризуються обмеженим розповсюдженням куполів мінеральних вод у ґрунтових потоках, залежністю розмірів та форми куполів від гідродинамічної рівноваги взаємодіючих потоків. Ці родовища, як правило, розповсюджені в масивах магматогенно-метаморфічних порід, де до верхньої тріщинуватої зони приурочені прісні ґрунтові потоки, у які по тектонічним порушенням розвантажуються мінеральні води.

6) Родовища ґрунтових мінеральних вод, пов'язані із зонами вивітрювання магматогенних, метаморфічних або закарстованими породами з ділянками локалізації в породах тих або інших біологічно-активних компонентів, які вилуговуються ґрунтовими водами. Для них характерні невеликі площі розвитку кондиційних мінеральних вод, відносно обмежені експлуатаційні запаси та значна несталість складу води в часі.

За ступенем складності геолого-гідрогеологічних умов, що визначають принципи розвідки, отримання та обґрунтування вірогідності вихідної інформації для підрахунку експлуатаційних запасів, родовища *мінеральних вод* (як і прісних вод) поділяють на 3 групи: з простими, складними та дуже складними гідрогеологічними умовами.

Перші 2 типи родовищ мінеральних вод відносяться до групи з простими гідрогеологічними умовами. Для них виділення перспективних для розвідки площ можливе на підґрунті аналізу регіональних гідрогеологічних матеріалів, а також рекомендується розвідка бурінням та випробуванням одиночних свердловин (рідко - кущів). Оцінка експлуатаційних запасів доцільна гідродинамічним та гідравлічними методами (при значній тектонічній порушеності порід та газонасиченості вод), або шляхом їх сумісного застосування (комбінований метод).

Родовища з 3 по 6 тип відносять до 2 та 3 групи складності. Для них при виділенні ділянок під розвідку окрім аналізу регіональних матеріалів часто потрібне проведення пошукових і термометричних та інших досліджень, буріння пошукових та пошуково-зондувальних свердловин та їх масове глибинне випробування, а також проведення спеціальних розвідувальних робіт. Ці родовища розвідуються бурінням свердловин по створах та спеціальними площинними зйомочними роботами.

Оцінка їх експлуатаційних запасів здійснюється переважно гідравлічним методом, а також перспективним є метод моделювання.

Промислові підземні води. Для розвідки та геолого-промислової оцінки за особливостями характеру залягання, розповсюдження та гідродинамічними умовами родовища промислових вод поділені на 2 головних типи:

1) Родовища, розташовані у великих та середніх артезіанських басейнах платформних областей, крайових та передгірських прогинах, що характеризуюся відносно спокійним регіональним розповсюдженням витриманих продуктивних горизонтів;

2) Родовища, приурочені до водонапірних систем гірсько-складчатих областей, що характеризуються наявністю складно дислокованих структур з порушеннями тектонічного характеру, що розділяють продуктивні водоносні горизонти однойменних стратиграфічних комплексів.

Належність родовищ промислових вод до того або іншого типу визначає особливості проведення гідрогеологічних досліджень. У той же час, для родовищ промислових вод характерні й загальні риси, що визначають особливості пошукових робіт:

- 1) розташування в глибоких частинах артезіанських басейнів (200 та більше м);
- 2) широке розповсюдження продуктивних відкладів, їх відносна витриманість та висока водозбагаченість;
- 3) значні розміри родовищ та їх експлуатаційних запасів;
- 4) пружно-водонапірний режим при експлуатації;
- 5) обмеженість ділянок, у межах яких можлива раціональна експлуатація.

Під час вивчення родовищ промислових вод перш за все виявляють:

- 1) розміри;
- 2) положення в межах водонапірної системи;
- 3) глибину залягання та потужність водоносної зони;
- 4) гідрогеологічні та гідродинамічні особливості.

Оцінка експлуатаційних запасів родовищ промислових вод 1 типу, як правило виконується гідродинамічним методом, а при високому ступені вивченості – моделюванням.

Для родовищ 2 типу доцільне комплексне застосування гідродинамічного та гідравлічного методів, при високому ступені вивченості – гідродинамічного метода та моделювання, а на окремих ділянках – моделювання.

При проведенні пошуково-розвідувальних робіт необхідно брати до уваги можливість експлуатації родовищ промислових вод в умовах застосування способу підтримання пластового тиску (ППТ), що визначається такими передумовами: 1) відсутністю в наш час водопідйомного обладнання, що забезпечує експлуатацію свердловин при зниженні рівня більше 300 м від поверхні землі та дебітах свердловин 500-1000 м³/добу та більше; 2) великими труднощами в організації скидання відпрацьованих вод поверхневим шляхом. У таких умовах експлуатація родовищ проводиться із зворотною закачкою відпрацьованих вод у продуктивні пласти та підтриманням у них необхідного пластового тиску, що створює сприятливі умови експлуатації свердловин, забезпечує утилізацію відпрацьованих вод, дає можливість суттєвого збільшення експлуатаційних запасів промислових вод та більш повного спрацювання їх природних запасів.

Термальні води. Для виконання пошуково-розвідувальних робіт та оцінки експлуатаційних запасів, родовища термальних вод поділяються на 3 типи: 1) родовища артезіанських басейнів платформного типу; 2) родовища артезіанських басейнів гірсько-складчастих областей; 3) родовища тріщинно-жильного типу гірсько-складчастих областей. На території держав СНД на перші 2 типа припадає більше 90 % родовищ.

Родовища термальних вод перших 2 типів аналогічні відповідним типам родовищ промислових вод. Для оцінки експлуатаційних запасів цих родовищ використовується гідродинамічний метод; у той же час для родовищ 2 типу часто найбільш прийнятним є гідравлічний або комбінований метод, що й визначає специфіку проведення пошуково-розвідувальних робіт.

Серед родовищ термальних вод 3 типу виділяють:

1) родовища перегрітих вод (парогідротерми) у районах сучасного та недавнього вулканізму (з температурою від 150°C до 200-300 °C);

2) родовища термальних вод (з температурою до 100 °C) як у районах сучасного та недавнього вулканізму, так і поза областями молоді вулканічної діяльності в складчастих районах, що піддавались впливу неотектонічної діяльності. Ці родовища приурочені, головним чином, до інтрузивних, метаморфічних та вулканогенно-осадових комплексів порід, розбитих системою тектонічних порушень, вирізняються дуже складною будовою, сильною фільтраційною та геотермальною неоднорідністю, локальним розповсюдженням та невеликими розмірами.

Родовища термальних вод районів сучасного та недавнього вулканізму характеризуються невеликою глибиною залягання, високою температурою та невеликою мінералізацією підземних вод, наявністю чисельних термоаномалій, тріщинуватістю колекторів, проявами парогідротерм (гейзери). Експлуатаційні запаси оцінюються, головним чином, гідравлічним методом. Для оцінки парогідротерм виконується прогноз всіх компонентів, що їх характеризують (температура, витрата пару та його тиск, рівень води).

Родовища термальних вод вивержених та омолоджених гірсько-складчастих систем відрізняються виходами термальних вод по лініях тектонічних порушень, незначними природними запасами підземних вод, впливом на їх режим та умови руху вищезалягаючих підземних вод.

Експлуатаційні запаси, як правило, оцінюються гідравлічним методом.

Тема 10

Ґрунти зі специфічними властивостями. Інженерно-геологічні процеси

Оскільки при порушенні структурних зв'язків ґрунту його властивості змінюються, необхідно вивчати стан ґрунту при непорушеній структурі.

В лабораторних умовах за зразками ґрунту непорушеної структури (монолітів) визначають три основні фізичні характеристики:

- *щільність (об'ємну масу) ґрунту ρ природної (непорушеної) структури* – відношення маси зразка ґрунту до його об'єму;
- *щільність (об'ємну масу) твердих частинок ґрунту ρ_s* – відношення маси твердих частинок до їх об'єму;
- *природну вагову вологість ґрунту W* – відношення маси води, що міститься у ґрунті до маси твердих частинок.

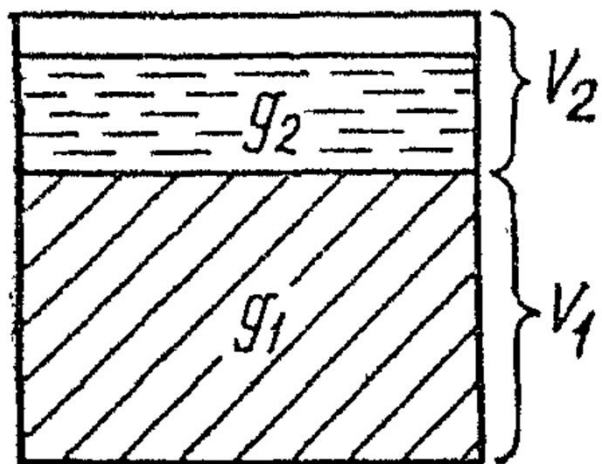


Рис. 6.1. Схема складових частин (компонентів) зразка ґрунту:
 V_1 – об’єм твердих частинок; V_2 – об’єм пор; g_1 – маса твердих частинок;
 g_2 – маса води

$$\rho = \frac{g_1 + g_2}{V_1 + V_2} \quad (6.1)$$

$$\rho_s = \frac{g_1}{V_1} \quad (6.2)$$

$$W = \frac{g_2}{g_1} \quad (6.3)$$

Гранулометричний (механічний) склад – кількісне співвідношення твердих часток різного розміру у дисперсних ґрунтах.

За результатами гранулометричного аналізу ґрунту будують сумарну криву гранулометричного складу (рис. 6.2).

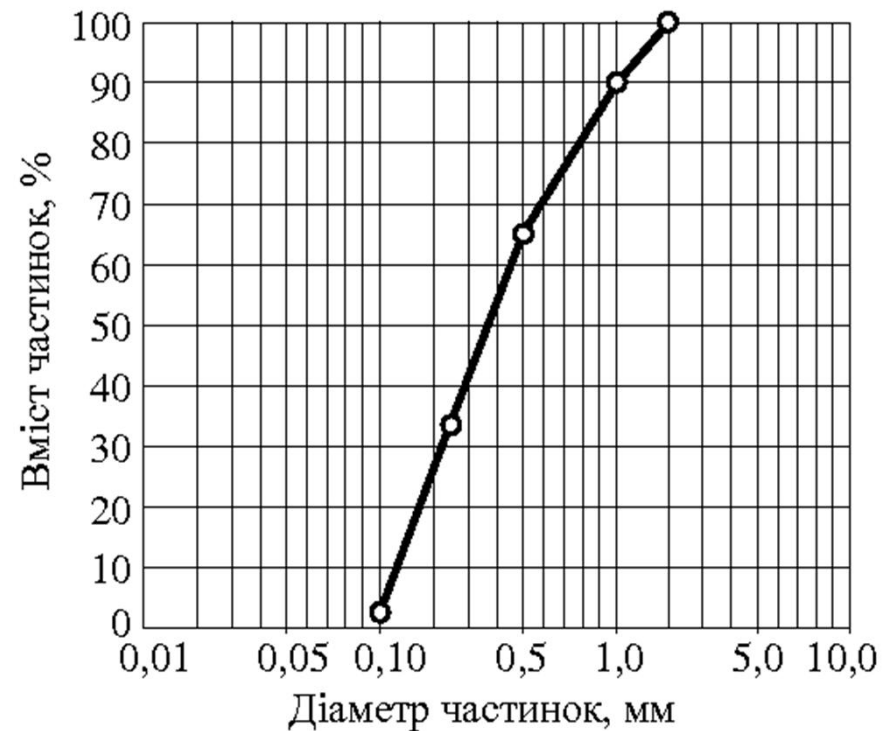


Рис. 6.2. Сумарна крива гранулометричного складу піску

На цьому графіку наочно видно неоднорідність ґрунту за структурою: чим більша неоднорідність ґрунту, тим більш полого крива його гранулометричного складу. Для кількісної оцінки неоднорідності великоуламкових ґрунтів і пісків визначають *ступінь неоднорідності гранулометричного складу*:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (6.4)$$

де d_{60} , d_{10} – діаметри часток (мм), менше яких у ґрунті міститься відповідно 60% і 10% (за масою) часток.

Чим ближчий ступінь неоднорідності C_u до одиниці, тим більше однорідність ґрунту за гранулометричним складом. При $C_u \geq 3$ ґрунт класифікують як неоднорідний.

Число пластичності I_p – різниця значень вологості, що відповідають двом станам ґрунту: на межі текучості W_L і на межі розкочування W_P :

$$I_p = W_L - W_P \quad (6.5)$$

Межа текучості (або вологість на межі текучості) W_L – вологість ґрунту, при якій він знаходиться на межі між пластичним і текучим станами.

Межа розкочування (або вологість на межі розкочування) W_P - вологість ґрунту, при якій він знаходиться на межі між твердим і пластичним станами.

Показник текучості – відношення різниці значень вологості, що відповідають двом станам ґрунту: природному W і на границі розкочування W_P , до числа пластичності I_p :

$$I_L = \frac{W - W_P}{I_p} \quad (6.6)$$

Пористість ґрунту n - відношення об'єму пор до загального об'єму зразка ґрунту:

$$n = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \quad (6.7)$$

Коефіцієнт пористості e - відношення об'єму пор до об'єму твердих частинок:

$$e = \frac{n}{1 - n} \quad (6.8)$$

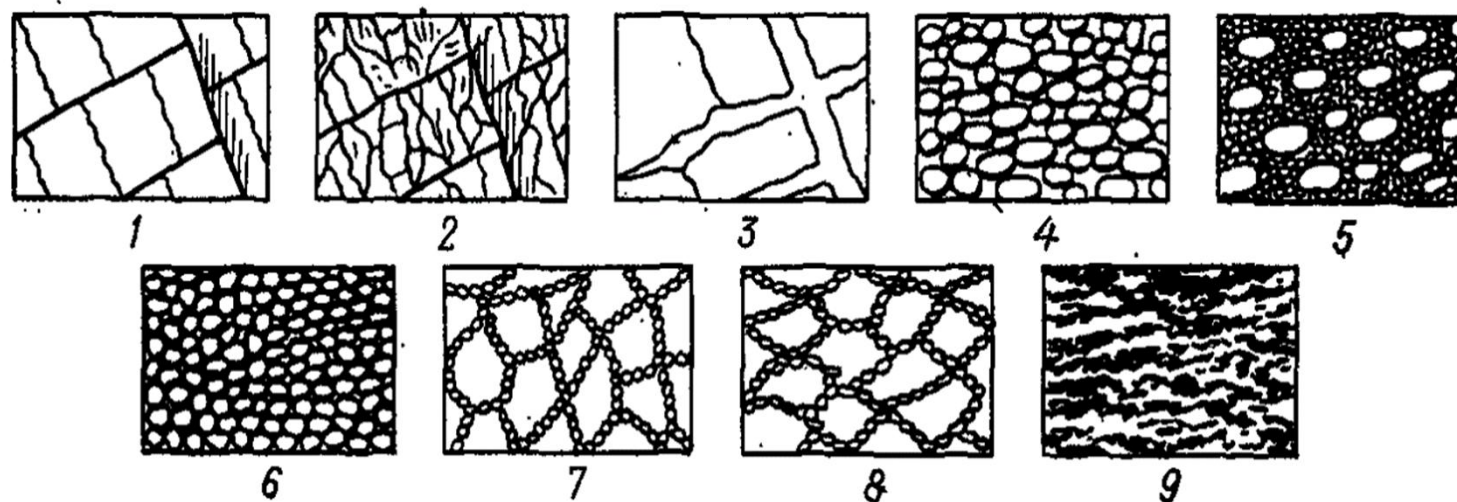


Рис. 6.3. Різні види пор у гірських породах

(1 – скельна порода з окремими структурними порами і тріщинами; 2 – та ж сама порода з пористістю, що збільшується в результаті процесів вивітрювання; 3 – кавернозна порода з крупними порожнинами, що піддається розчиненню і вилугуванню; 4 – пухка піщана порода з відносно добре відсортованими зернами і високою пористістю; 5 – пухка піщана порода з низькою пористістю, обумовленою нерівнозернистістю; 6 – піщана порода з низькою пористістю в результаті утворення цементу пор і обростання зерен; 7 – лесоподібна порода з мікро- і макропористістю; 8 – мікропориста глиниста порода; 9 – глиниста порода з низькою пористістю внаслідок ущільнення. Останні три типи показано зі значним збільшенням)

Пористість гірських порід (за Г. А. Максимовичем)

Группы пород	Породы	Средняя пористость, %
Свежие осадки	Илы глинистые	50,0
Почвы	Торф	80
	Различные типы почв	55,0
Породы верхней части коры выветривания	Пески	35,0
	Лёсс, лёссовидные суглинки	45,0
	Покровные суглинки	35,0
	Глины	35,0
	Известковые туфы	25,0
Осадочные породы	Пески рыхлые	35,0
	Пески уплотнённые	25,0
	Песчаники кайнозоя и мезозоя	20,0
	Песчаники палеозоя	10—12,0
	Известняки пористые, доломиты пористые	5,0
	Глины платформенных областей	40,0
	Глины складчатых областей	20,0
	Гипс	3,0
	Ангидрит	1,0
	Угли	4,0
	Мел	30,0
	Опока	35,0
Метаморфические породы	Сланцы глинистые, сланцы кровельные	4,0
	Сланцы кремнистые, мрамор	1,0
	Кварциты, гнейсы, амфиболиты	2,0
Магматические породы	Порфириты	2,0
	Граниты, сиениты	1,0
	Эффузивы	2,0
	Интрузивы	1,0

Коефіцієнт пористості є одним з найважливіших параметрів ґрунту, що характеризує щільність його будови (чим він менший, тим щільніший ґрунт, отже, тим краще його будівельні властивості).

Ступінь заповнення пор ґрунту водою характеризується *коефіцієнтом водонасичення* S_r , який дорівнює відношенню природної вологості ґрунту W до його *повної вологомисткості* W_{sat} :

$$S_r = \frac{W}{W_{sat}} \quad (6.9)$$

Нормативні значення питомого зчеплення C_n , кПа (кгс/см²), кута внутрішнього тертя φ_n , град, пілувато-глинистих нелесових ґрунтів четвертинних відкладів (Посібник до СНиП 2.02.01-83)

Найменування ґрунтів і предели нормативних значення їх показателя текучесги		Обозначення характеристик ґрунтів	Характеристики ґрунтів при коеффициенте пористости e , рав ном						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,25$	C_n φ_n	21 (0,21) 30	17 (0,17) 29	15 (0,15) 27	13 (0,13) 24	— —	— —	— —
	$0,25 < I_L \leq 0,75$	C_n φ_n	19 (0,19) 28	15 (0,15) 26	13 (0,13) 24	11 (0,11) 21	9 (0,09) 18	— —	— —
Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	C_n φ_n	47 (0,47) 26	37 (0,37) 25	31 (0,31) 24	25 (0,25) 23	22 (0,22) 22	19 (0,19) 20	— —
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	C_n φ_n	39 (0,39) 24	34 (0,34) 23	28 (0,28) 22	23 (0,23) 21	18 (0,18) 19	15 (0,15) 17	— —
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	C_n φ_n	— —	— —	25 (0,25) 19	20 (0,20) 18	16 (0,16) 16	14 (0,14) 14	12 (0,12) 12
Глины	$0 \leq I_L \leq 0,25$	C_n φ_n	— —	81 (0,81) 21	68 (0,68) 20	54 (0,54) 19	47 (0,47) 18	41 (0,41) 16	36 (0,36) 14
	$0,25 < I_L \leq 0,5$	C_n φ_n	— —	— —	57 (0,57) 18	50 (0,50) 17	43 (0,43) 16	37 (0,37) 14	32 (0,32) 11
	$0,5 < I_L \leq 0,75$	C_n φ_n	— —	— —	45 (0,45) 15	41 (0,41) 14	36 (0,36) 12	33 (0,33) 10	29 (0,29) 7

Проникність – властивість гірських порід пропускати крізь себе рідини, гази та їх суміші за наявності перепаду тиску. Вона залежить від розміру сполучених між собою пор і тріщин у гірських породах і характеризується *коефіцієнтом проникності* або *коефіцієнтом фільтрації* (якщо рідина, що фільтрується, представлена водою).

Виходячи з лінійного закону фільтрації Дарсі, коефіцієнт фільтрації K є коефіцієнтом пропорційності, який дорівнює швидкості фільтрації при одиничному градієнті:

$$v = KI \quad (6.10)$$

$$K = v \text{ при } I = 1 \quad (6.11)$$

Орієнтовні значення коефіцієнту фільтрації (K)

Породы, отложения	$K_{\text{ф.}}$ м/сут	Породы, отложения	$K_{\text{ф.}}$ м/сут
Галечник крупный, чистый, без заполнителя; закарстованные породы с кавернами и полостями	>500	Скальные с волосистой трещиноватостью	0,01—0,001
Галечник чистый	200—500	Пески моренные	0,1—1
Гравий чистый	100—200	Супеси моренные	0,01—0,1
Гравийный грунт с песчаным заполнителем	50—150	Лёссы	0,25—0,50
Пески гравелистые	50—100	<u>Супеси</u>	0,10—0,70
Пески крупнозернистые	20—75	<u>Суглинки легкие</u>	0,05—0,10
Пески среднезернистые	5—20	<u>Суглинки тяжелые</u>	0,05—0,005
Пески мелкозернистые	1—5	<u>Глины</u>	$<0,001$
Пески пылеватые	0,5—1	Торф малоразложившийся	1—4,5
Скальные сильнотрещиноватые	70—150	Торф среднеразложившийся	0,15—1
Скальные среднетрещиноватые	20—60	Торф сильноразложившийся	0,01—0,15
		Илы	0,0003—0,07

Більш широко використовуваний у підземній гідравліці *коефіцієнт проникності* K_{Π} також отримують на основі закону Дарсі:

$$K_{\Pi} = \frac{Q\mu L}{F\Delta p} \quad (6.12)$$

де: Q – витрата води, $\text{см}^3/\text{с}$;

μ – в'язкість рідини, снз ;

L – довжина шляху фільтрації, см ;

Δp – перепад тиску, $\text{кгс}/\text{см}^2$.

Зв'язок коефіцієнта фільтрації у розмірності швидкості з коефіцієнтом проникності у *дарсі* виражається формулою:

$$K = K_{\Pi} \frac{\gamma}{\mu} \quad (6.13)$$

де: K – коефіцієнт фільтрації, *см/с*;

K_{Π} – коефіцієнт проникності, *дарсі*;

γ – густина рідини, *кг/см³*;

μ – в'язкість рідини, *снз*.

**Інженерно-геологічні властивості ґрунтів,
обумовлені дією води**

Пилувато-глинисті ґрунти, особливо ті, що містять колоїдні частинки, мають властивості пластичності, зв'язності, повзучості, набухання внаслідок зволоження, усадки під час висихання, розм'якливості у воді, водонепроникності, тиксотропності тощо.

Між мінеральними частками зв'язних (глинистих) ґрунтів діють тиксотропно-коагуляційні та кристалізаційно-конденсаційні (цементацийні) структурні зв'язки. Міцність цих зв'язків залежить від ступеня дисперсності ґрунтів, їх мінерального складу, щільності, вологості, складу цементуючої речовини й інших чинників. Міцність структурних зв'язків характеризуються *зчепленням*.

Пластичність – здатність глинистого ґрунту під впливом зовнішніх зусиль змінювати форму без руйнування або розриву і зберігати надану йому форму після усунення дії зовнішньої сили. Пластичність властива високодисперсним (зв'язним) ґрунтам і спостерігається у певному для кожного ґрунту інтервалі вологості. Значення вологості, що обмежують інтервал прояву пластичних властивостей ґрунтів, називаються границями пластичності.

Деформаційна поведінка зв'язних ґрунтів змінюється в залежності від вмісту в ній води і характеризується *консистенцією*. Для оцінки консистенції границі пластичності порівнюються з природною вологістю у конкретних умовах залягання.

Таблиця 7.1

Класифікація ґрунтів за показником текучості

Різновид ґрунтів	Показник текучості I_L
Супісок:	
твердий	< 0
пластичний	$0 - 1$
текучий	> 1
Суглинки та глини:	
тверді	< 0
напівтверді	$0 - 0.25$
тугопластичні	$0.25 - 0.50$
м'якопластичні	$0.50 - 0.75$
текучопластичні	$0.75 - 1$
текучі	> 1

Липкість – здатність ґрунтів за певного вмісту води прилипати до поверхні різних предметів.

Липкість характеризується трьома показниками:

- вологістю початкового прилипання (%);
- вологістю максимального прилипання (%);
- максимальним значенням липкості (*МПа* або *кгс/см²*).

Липкість проявляється при вологості, більшій максимальної гігроскопічності, а максимальне значення у більшості випадків досягається у стані максимальної молекулярної вологоємності.

Кількісною характеристикою липкості є зусилля ($МПа$), необхідне для відриву предмету від породи при різних значеннях вологості.

Величина липкості глинистих ґрунтів за певного співвідношення їх особливостей з зовнішніми факторами може сягати 0,02-0,05 $МПа$.

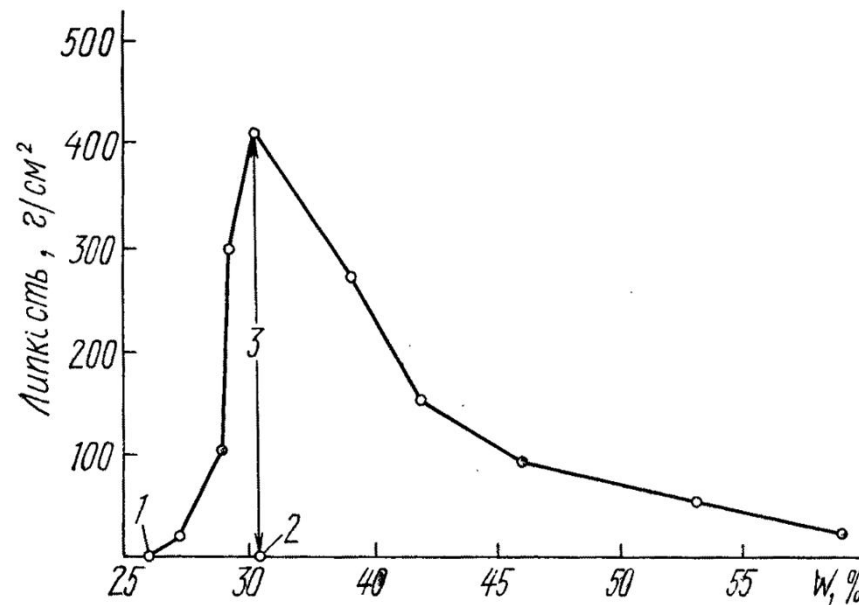


Рис. 7.1. Залежність липкості ґрунту від вологості:

1 – початкове прилипання; 2 – максимальне прилипання; 3 – максимальна липкість ґрунту

Набухання – здатність ґрунту збільшувати об'єм внаслідок зволоження.

Здатність до набухання пов'язана з гідрофільним характером глинистих мінералів та їх великою питомою поверхнею. Набухання обумовлене в основному утворенням у ґрунті осмотичної води. Оболонки, що формуються навколо колоїдних та глинистих частинок, зменшують структурні зв'язки між ними і цим викликають збільшення об'єму ґрунту. Таким чином, відбувається не тільки збільшення об'єму ґрунту, але і зменшується його зв'язність завдяки значному ослабленню іонно-електростатичних структурних зв'язків.

Під час збільшення об'єму ґрунту у процесі набухання розвивається певний тиск, який називається *тиском набухання*.

Здатність ґрунтів до набухання характеризується трьома показниками:

- *ступенем або деформацією набухання ε_{sw}* , що визначається за зміненням висоти зразка ґрунту (в долях одиниці):

$$\varepsilon_{sw} = \frac{h_k - h_{\pi}}{h_{\pi}} \quad (7.1)$$

де h_{π} , h_k – початкова і кінцева висота зразка ґрунту, відповідно, мм.

- *вологістю набухання W_H* – тією вологістю, при якій припиняється процес поглинання рідини (%):

$$W_H = \frac{g_k - g_c}{g_c} * 100 \quad (7.2)$$

де g_k , g_c – маса зразка, що повністю набух, і абсолютно сухого зразка, відповідно, г.

- тиском набухання P_H – тиском, який розвивається при неможливості об'ємних деформацій в процесі набухання ґрунту (МПа):

$$P_H = \frac{F}{S} \quad (7.3)$$

де F – сила набухання, Н;

S – площа зразка, см².

Згідно з ДСТУ Б В.2.1-2-96, ґрунтами, здатними до набухання, вважають такі, у яких відносне набухання в умовах відсутності тиску (вільне набухання) $\varepsilon_{sw} \geq 0,04$.

Процес набухання має зворотний характер. Якщо висушити ґрунт після набухання, то виникне його *усадка*.

Усадкою ґрунту називається зменшення його об'єму внаслідок видалення води під час висихання або під впливом фізико-хімічних процесів (наприклад, осмосу).

Внаслідок усадки ґрунт стає більш щільним і після висихання – навіть твердим. Ущільнення глинистого ґрунту внаслідок усадки збільшує його опір деформаціям, але наявність тріщин, які зазвичай супроводжують усадку, підвищують водопроникність і зменшують стійкість поверхневого шару ґрунту у схилах. Ймовірно, що тріщини усадки суттєво впливають на розвиток зсувів.

Просадочність — здатність деяких ґрунтів різко зменшувати свій об'єм (проявляти значні і досить швидкі додаткові осадки) внаслідок замочування їх водою при певному тиску.

Просадочність є типовою властивістю лесів і лесоподібних порід (суглинків, супісків), але може спостерігатися також у мерзлих ґрунтах під час їх відтавання, а також у сухих дрібних пісках внаслідок їх зволоження.

Просадка лесів відбувається як у природних умовах (утворення степових блюдців), так і внаслідок діяльності людини.

Лесові ґрунти належать до зв'язних осадових глинистих ґрунтів. Вони однорідні, бо мають більше ніж 50% частинок розміром 0,005-0,05 мм; у їх складі багато легко- і середньорозчинних солей. Ці ґрунти мають велику кількість різних за розмірами порожнин, тріщин, каверн, пор; у маловологому стані утримують укiс, близький до вертикального; легко розмокають, а після насичення водою, особливо внаслідок ударних або вібраційних навантажень, перетворюються у пливуни.

Лесовий ґрунт має характерні показники фізичних властивостей, порівняно з такими ж показниками звичайного глинистого ґрунту. Відзначається він невеликою щільністю ($\rho = 1,25 - 1,55 \text{ г/см}^3$), низькою вологістю ($W = 0,1 - 0,2$), значною пористістю, яка зазвичай перевищує 50%. Коефіцієнт водонасичення лесового ґрунту $S_r < 0,6$, хоч у деградованому стані цей показник може бути більшим.

Лесові ґрунти України мають еолово-льодовикове походження і розповсюджені на 65-70% території країни, здебільшого розташовуючись на надзаплавних терасах річок та вододілах (рис. 7.2).

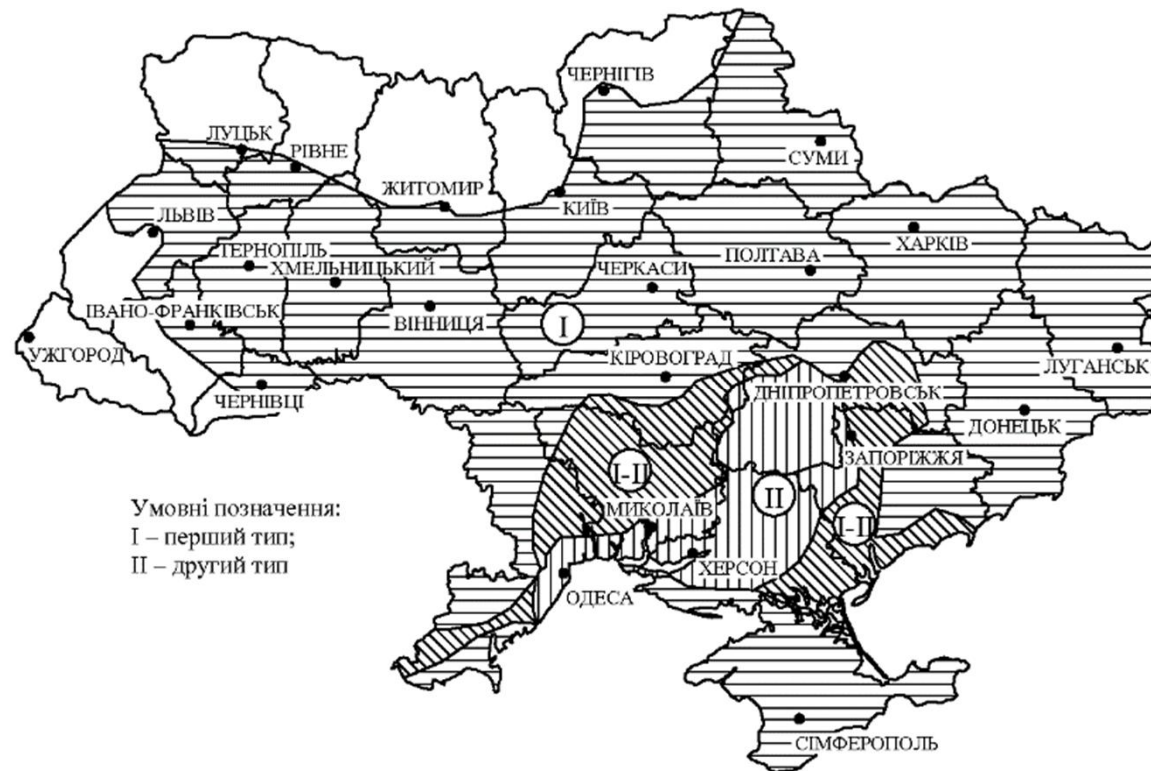


Рис. 7.2. Схема розвитку лесових ґрунтів на території України

Коефіцієнт відносної просадочності ε_{sl} дорівнює відношенню деформації зразка, що сталася внаслідок зволоження, до початкової висоти зразка:

$$\varepsilon_{sl} = \frac{h_{\text{пр}} - h_{\text{sat.p}}}{h_{ng}} \quad (7.4)$$

де $h_{\text{пр}}$ – висота зразка природної вологості;

$h_{\text{sat.p}}$ – висота зразка після зволоження під заданим тиском;

h_{ng} – висота зразка під заданим тиском.

Ґрунт вважається просадочним при $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$.

Величина просадки лесових порід легко фіксується в лабораторних умовах за кривою стисливості, яка має характерну форму в результаті різкого змінення коефіцієнта пористості при замочуванні (рис. 7.3).

На ній можна виділити три ділянки: *а-б* – стиснення ґрунту у стані природної вологості; *б-в* – просадка ґрунту внаслідок його зволоження при заданому тиску; *в-г* – ущільнення зволоженого ґрунту з порушеними структурними зв'язками.

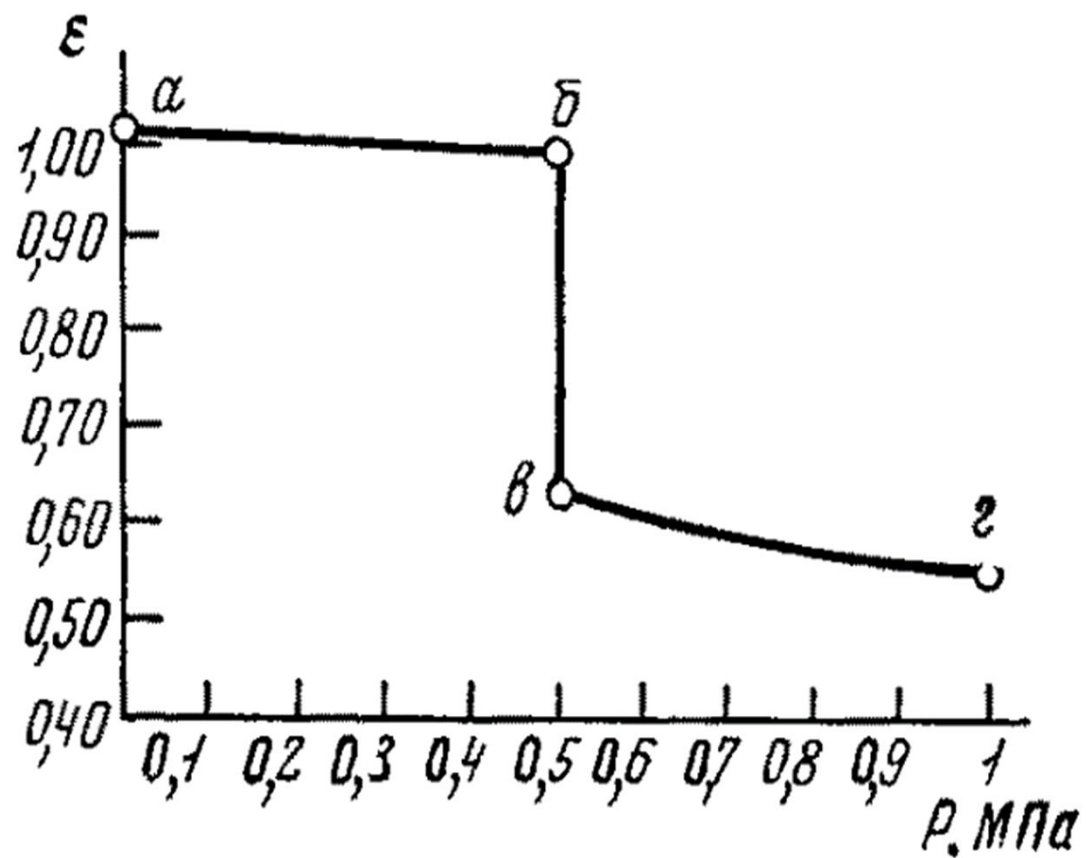


Рис. 7.3. Крива стисливості лесових порід
(замочування водою при тиску 0,5 МПа)

Тиксотропні властивості ґрунту. Глинисті, лесові і супіщані ґрунти, що характеризуються наявністю слабких структурних зв'язків між окремими частинками, виявляють у певних умовах чітко виражені тиксотропні властивості, тобто здатні розріджуватися внаслідок механічного впливу (струшування, розмішування, вібрації, впливу ультразвуком тощо), і повертатися до звичайного твердого стану після усунення впливу.

Розміцнення таких ґрунтів під впливом динамічних навантажень відбувається внаслідок порушення природної структури ґрунту і може призводити до його розрідження і повної втрати міцності. Тиксотропне зміцнення, що проявляється при усуненні впливу на ґрунт, обумовлене формуванням нових структурних зв'язків, збільшенням їх кількості і міцності.

В основі тиксотропних процесів лежить утворення сітчастої структури з частинок, у комірках якої іммобілізований (замкнений) весь об'єм води. Внаслідок певного механічного впливу на колоїдну систему зв'язана та іммобілізована вода переходить у вільний стан, завдяки чому порушуються зв'язки між частинками, що утворюють сітку, і колоїдна система (дисперсний ґрунт) розріджується.

Пливунність – здатність водонасичених дисперсних ґрунтів переходити у плинний стан. Розріджений ґрунт, який при цьому утворюється, називається пливуном.

Піщані ґрунти, що мають чітко виражені тиксотропні властивості можуть утворювати істинний або активний пливун.

Ґрунти, позбавлені структурних зв'язків, можуть під впливом гідродинамічного тиску перейти у плинний стан. Такий рух ґрунту називається псевдопливуном або пасивним пливуном. Характерною ознакою псевдопливунов є гідравлічний градієнт, при якому ґрунт перетворюється на пливун (критичний градієнт), а також критична пористість.

Для псевдопливунів критичний градієнт I_k може бути визначений за формулою:

$$I_k = \frac{\rho - 1}{\varepsilon + 1} \quad (7.5)$$

де ρ – щільність ґрунту;
 ε – коефіцієнт пористості.

Колоїди пливунів можуть містити:

- живу органіку (бактерії);
- продукти розкладання органічних речовин;
- неорганічні колоїди.

Найбільш рухливими є пливуні з живою бактеріологічною органікою.

Основними причинами розрідження піщаних ґрунтів є:

- 1) вібрація скелету ґрунту;
- 2) хвильові коливання ґрунтових вод;
- 3) гідравлічні удари;
- 4) фільтраційний тиск;
- 5) динамічні навантаження;
- 6) змінні статичні напруження.

Водоміцність ґрунту – здатність ґрунтів зберігати механічну міцність і стійкість при взаємодії з водою. Ця взаємодія може бути статичною і динамічною. Внаслідок статичної взаємодії ґрунту і води відбуваються явища набухання і розмокання, в результаті гідродинамічного впливу – розмив ґрунтів. Відповідно до цього водоміцність ґрунтів може бути охарактеризованою здатністю до розмокання та здатністю до розмивання.

Здатність до розмокання – здатність ґрунтів під час взаємодії з водою у стані спокою втрачати зв'язність і перетворюватися на пухку масу з частковою або повною втратою несучої спроможності. Це явище – наслідок ослаблення, а іноді й розчинення структурних зв'язків між елементарними частинками або агрегатами ґрунту в процесі їх гідратації. Для його характеристики звичайно використовують два показники:

- час розмокання, протягом якого зразок ґрунту, поміщений у воду, втрачає зв'язність і розпадається на структурні елементи різного розміру;
- характер розмокання, що відображає якісну картину руйнування зразка ґрунту.

Здатність до розмивання – здатність ґрунтів віддавати агрегати та елементарні частинки воді, що рухається. Для характеристики цієї властивості використовують два показники:

- критичну швидкість водного потоку, при якій починається відрив окремих частинок та агрегатів і переміщення їх по потоку;
- інтенсивність розмиву – відношення середньої товщини розмитого шару ґрунту при даній швидкості потоку до тривалості розмиву.

Розм'якливість – здатність скельних ґрунтів знижувати міцність внаслідок взаємодії з водою. При цьому ніколи не відбувається руйнування структурних зв'язків. Характеризується коефіцієнтом розм'якливості – відношення границь міцності ґрунту на одноосьовий стиск у водонасиченому і повітряно-сухому стані.

Розчинність ґрунту – здатність ґрунту розчинятися під дією природних вод або інших розчинів. В процесі розчинення молекули води (або іншого розчинника), що мають електричні поля і знаходяться у тепловому русі, руйнують кристалічну решітку мінералів. При цьому іони з решітки переходять у воду і утворюють водні розчини. Внаслідок розчинення і наступного виносу частини речовин, що раніше складали скелет ґрунту, у ґрунтовому масиві утворюються порожнини різної форми і розмірів.

Усі типи ґрунтів, незалежно від їх хіміко-мінеральних особливостей і характеру зв'язків, так чи інакше є розчинними. Однак з практичної точки зору інтерес представляє розчинність ґрунтів, що мають іонні структурні зв'язки.

**Геологічні та інженерно-геологічні процеси,
обумовлені дією підземних вод**

Геологічні процеси відбуваються на поверхні Землі та в її надрах і безперервно змінюють її будову та склад.

Геологічні (геодинамічні) процеси виникають внаслідок природних геологічних, гідрогеологічних та геоморфологічних особливостей території.

Геологічні процеси – екзогенні та ендегенні процеси в геологічному середовищі, що виникають під впливом різних природних чинників і їх поєднань, а також діяльності людини (ДБН В.1.1-24:2009 Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування).

Норми ДБН В.1.1-24:2009 поширюються на проєктування споруд і заходів з інженерного захисту територій, будівель і споруд від шкідливої (руйнівної) дії небезпечних геологічних процесів (затоплення, підтоплення, ерозії та розмиву берегів водотоків та водойм, абразійних руйнувань морських берегів, переформування берегів водосховищ, карсту, суфозії, селевих потоків, снігових лавин, схилових гравітаційних процесів – зсувів, обвалів і їх поєднання, далі – інженерний захист).

Небезпечні геологічні процеси – геологічні процеси, що негативно впливають на території, будівлі і споруди, а також життєдіяльність людей (ерозія, абразія, затоплення, підтоплення, зсуви, обвали, карст, селеві потоки, снігова лавина тощо) (ДБН В.1.1-24:2009).

Інженерно-геологічними називаються сучасні геологічні процеси, що виникають у зв'язку з інженерною діяльністю людини. Причому розглядається вплив геологічних процесів на інженерні споруди, а також явища зворотного зв'язку – зміни наявних природних геологічних процесів внаслідок впливу інженерних споруд.

Інженерно-геологічне середовище – поверхнева частина земної кори, яка змінюється під впливом внутрішніх і зовнішніх чинників природного і антропогенного походження.

Геологічний фактор (чинник) – процес або явище, які негативно впливають на стан інженерно-геологічного середовища або сприяють розвитку небезпечних геологічних процесів.

Критерій небезпечного геологічного процесу – допустимий параметр або параметри, що визначає граничний стан небезпечного геологічного процесу, перевищення якого призводить до незворотного прояву явища.

Складні інженерно-геологічні умови – геологічне середовище, яке включає специфічні ґрунти, небезпечні природні або техногенні процеси, геоморфологічні умови, геологічні та гідрогеологічні фактори взаємодії з будівлями і спорудами, що відносяться до II та III категорій складності інженерно-геологічних умов.

Таблиця 8.1

Категорії складності інженерно-геологічних умов (додаток Ж до ДБН А.2.1.1-2008)

Фактори	I (проста)	II (середньої складності)	III (складна)
Геоморфологічні умови	майданчик (ділянка) у межах одного геоморфологічного елемента; поверхня горизонтальна, нерозчленована	майданчик (ділянка) у межах декількох геоморфологічних елементів одного генезису; поверхня похила, слабо розчленована	майданчик (ділянка) у межах декількох геоморфологічних елементів різного генезису; поверхня сильно розчленована
Геологічні фактори в сфері взаємодії будівель і споруд із геологічним середовищем	не більше двох різних за літологією шарів, що залягають горизонтально або слабо похило (ухил не більше чотирьох різних за літологією шарів, що залягають похило або з виклинцюванням; потужність змінюється закономірно; закономірна зміна характеристик ґрунтів у плані або за глибиною; скельні ґрунти мають нерівну покрівлю і перекриті нескельними ґрунтами	не більше чотирьох різних за літологією шарів, що залягають похило або з виклинцюванням; потужність змінюється закономірно; закономірна зміна характеристик ґрунтів у плані або за глибиною; скельні ґрунти мають нерівну покрівлю і перекриті нескельними ґрунтами	більше чотирьох різних за літологією шарів; потужність різко змінюється; лінзоподібне залягання шарів; значний ступінь неоднорідності за показниками властивостей ґрунтів, що не закономірно і (або) закономірно змінюються в плані або за глибиною; скельні ґрунти мають сильно розчленовану покрівлю і перекриті нескельними ґрунтами
Гідрогеологічні фактори в сфері взаємодії будівель і споруд із геологічним середовищем	підземні води відсутні або є один витриманий горизонт підземних вод з однорідним хімічним складом	два або більше витриманих горизонти підземних вод, місцями з неоднорідним хімічним складом або з напором	горизонти підземних вод не витримані за проляганням і потужністю, з неоднорідним хімічним складом; місцями складне чергування водоносних і водотривких порід; напори підземних вод змінюються за проляганням
Геологічні процеси, що негативно впливають на умови будівництва і експлуатації будівель і споруд	відсутні	мають обмежене поширення	мають велике поширення і вирішально впливають на проектування та будівництво
Ґрунти із особливими властивостями в сфері взаємодії будівель і споруд із геологічним середовищем	- " -	не роблять істотного впливу на вибір проектних рішень; мають витримане залягання	вирішально впливають на вибір проектних рішень; ускладнюють будівництво й експлуатацію
Примітка. Категорії інженерно-геологічних умов встановлюють за сукупністю факторів, зазначених у додатку Ж. Якщо який-небудь окремий фактор відноситься до більш високої категорії складності і є визначальним при прийнятті основних проектних рішень, то категорію складності інженерно-геологічних умов встановлюють за таким фактором. У цьому випадку повинні бути збільшені обсяги або додатково передбачені тільки ті види робіт, які необхідні для забезпечення з'ясування впливу на проєктовані будівлі та споруди саме цього фактора			

Зсув – зміщення частини гірських порід, що складають схил, у вигляді ковзного руху, без втрати контакту з нерухомою частиною схилу, під дією власної ваги і підземних вод, що впливають на міцність, щільність порід (також – форма рельєфу і геологічне утворення, що є результатом зсуву).

Зсув – маса гірських порід, що сповзла чи сповзає по схилу або укосу під впливом сил тяжіння, гідрогеодинамічних, сейсмічних та інших сил.

Поверхня, по якій відбувся відрив і зміщення маси ґрунтів, називається *поверхнею ковзання*, а місце виходу поверхні ковзання на поверхню схилу або на поверхню біля його підніжжя – *підшовою зсуву*.

В окремих випадках поверхня ковзання не має чітко вираженого положення, що можливо у тому випадку, коли зміщення маси ґрунтів пов'язане з деформаціями повзучості в глинистих ґрунтах.

Маса ґрунтів, що змістилася, утворює тіло зсуву; у верхній частині схилу утворюється *зсувний цирк* (рис. 8.1).

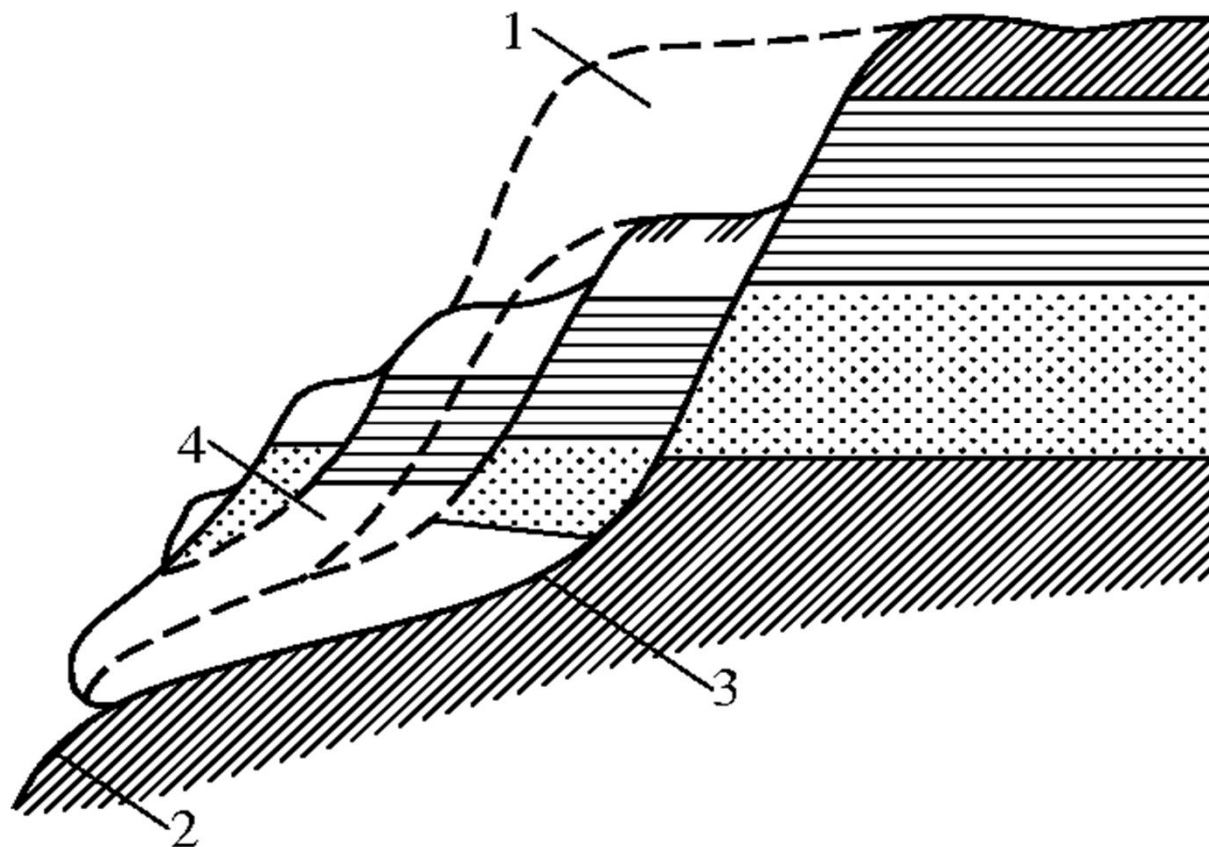


Рис. 8.1. Загальний вигляд зсуву:

1 – зсувний цирк; 2 – підосва зсуву; 3 – поверхня ковзання; 4 – тіло зсуву

Зсуви виникають на берегах морів й озер, на схилах річкових долин, балок, ярів, на укосах насипів і виїмок внаслідок невідповідності крутості схилу характеру і стану ґрунтів, що складають тіло зсуву і його основу. Проте для виникнення та розвитку зсувів необхідні певні умови. Серед них найбільше значення мають висота, крутість і форма схилів, особливості їх геологічної будови, величина і розподіл напружень, властивості порід та гідрогеологічні умови.

Причини виникнення зсувів поділяються на дві основні групи:

1) які призводять до зміни напруженого стану порід схилу або укосу (збільшення крутизни схилів або укосів; вивітрювання, підмив, вироблення, дії гідростатичних і гідродинамічних сил в ґрунті, що обумовлюють розвиток у масиві фільтраційних деформацій – механічної суфозії, фільтраційного випору, контактного випору і розмиву); зовнішні впливи – привантаження схилів або укосів і прилеглих до них ділянок, мікросейсмічні, сейсмічні і вібраційні коливання;

2) які призводять до зменшення міцності порід і ґрунтів (зволоження, набухання, розвиток у ґрунтах явища повзучості, перехід ґрунту в стан "пливуна").

Найчастіше порушення стійкості схилів спричиняється замочуванням глинистих ґрунтів, внаслідок чого знижується їх опір зсуву.



Рис. 8.2. Приклад зсуву з утворенням поверхні ковзання по глинистих ґрунтах

Встановленої єдиної класифікації зсувів немає.

Загальноприйнятим є розділення їх на такі типи:

- зсуви ковзання;
- зсуви видавлювання;
- зсуви в'язкопластичної течії.

За однією з класифікацій зсувів, запропонованій Ф. П. Саваренським, за структурою зсувного схилу та положенням поверхні ковзання виділяються наступні типи (рис. 8.3).

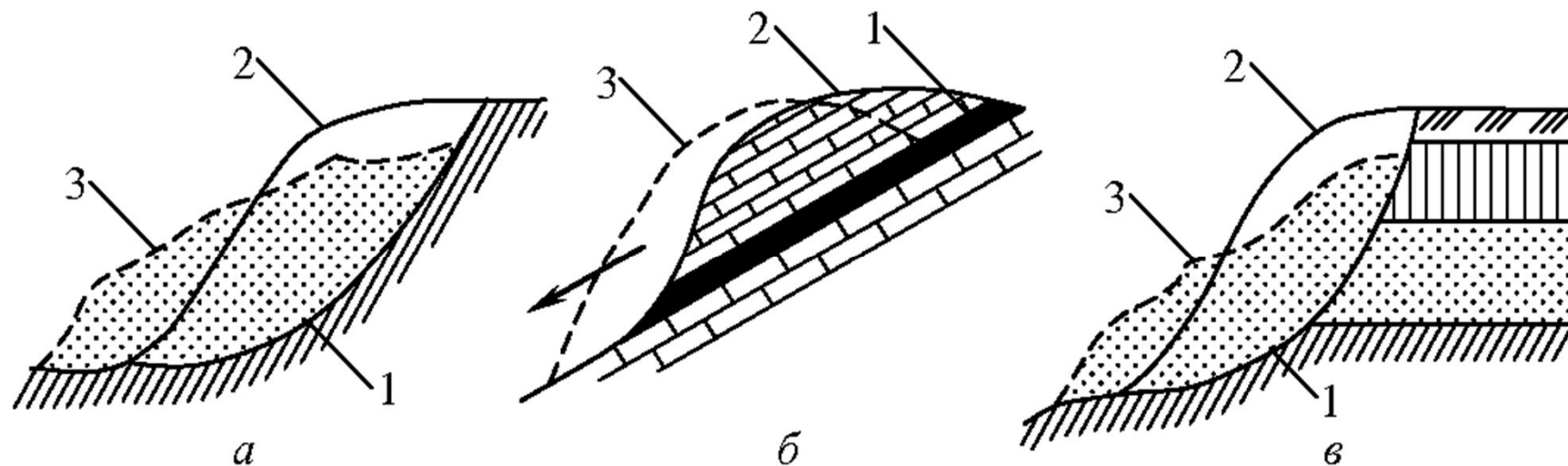


Рис. 8.3. Класифікація зсувів за Ф.П. Саваренським:
а – асеквентний; *б* – консеквентний; *в* – інсеквентний;
 1 – глина; 2 – схил до зсуву; 3 – схил після зсуву

Асеквентні зсуви утворюються на схилах з однорідною будовою. Вони мають криволінійну поверхню ковзання, яка наближається до циліндричної. Її положення у таких зсувах визначається особливостями напруженого стану схилів і величиною опору ґрунтів зсуву.

Консеквентні зсуви характеризуються поверхнею ковзання, положення і форма якої зумовлюються особливостями геологічної будови схилу.

Інсеквентні зсуви виникають на схилах, де залягають шари різних ґрунтів.

Просадочні явища. За термінологією чинного ДСТУ, до просадочних ґрунтів належать такі, що під впливом зовнішнього навантаження та власної ваги, чи тільки від власної ваги, при зволоженні проявляють додаткову вертикальну деформацію (просідання) й мають відносну деформацію $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$.

Таким чином, для розвитку просідання потрібно сполучення тиску, що перевищує початковий тиск просадочності p_{sl} і вологості, яка перевищує початкову вологість.

Найбільша величина просідання виникає тоді, коли зволоження призводить до ступеня заповнення пор водою $S_r = 0,9 - 1,0$.

У випадках, коли об'єкти будівництва обладнані інженерними мережами, що несуть воду, можливе локальне або повне зволоження просадочної товщі внаслідок аварій на цих мережах. Тоді здебільшого виникають нерівномірні просідання основи, які призводять до пошкодження або навіть до аварійного стану будівель, якщо не було передбачено заходів щодо усунення негативного впливу таких деформацій (рис. 8.4).

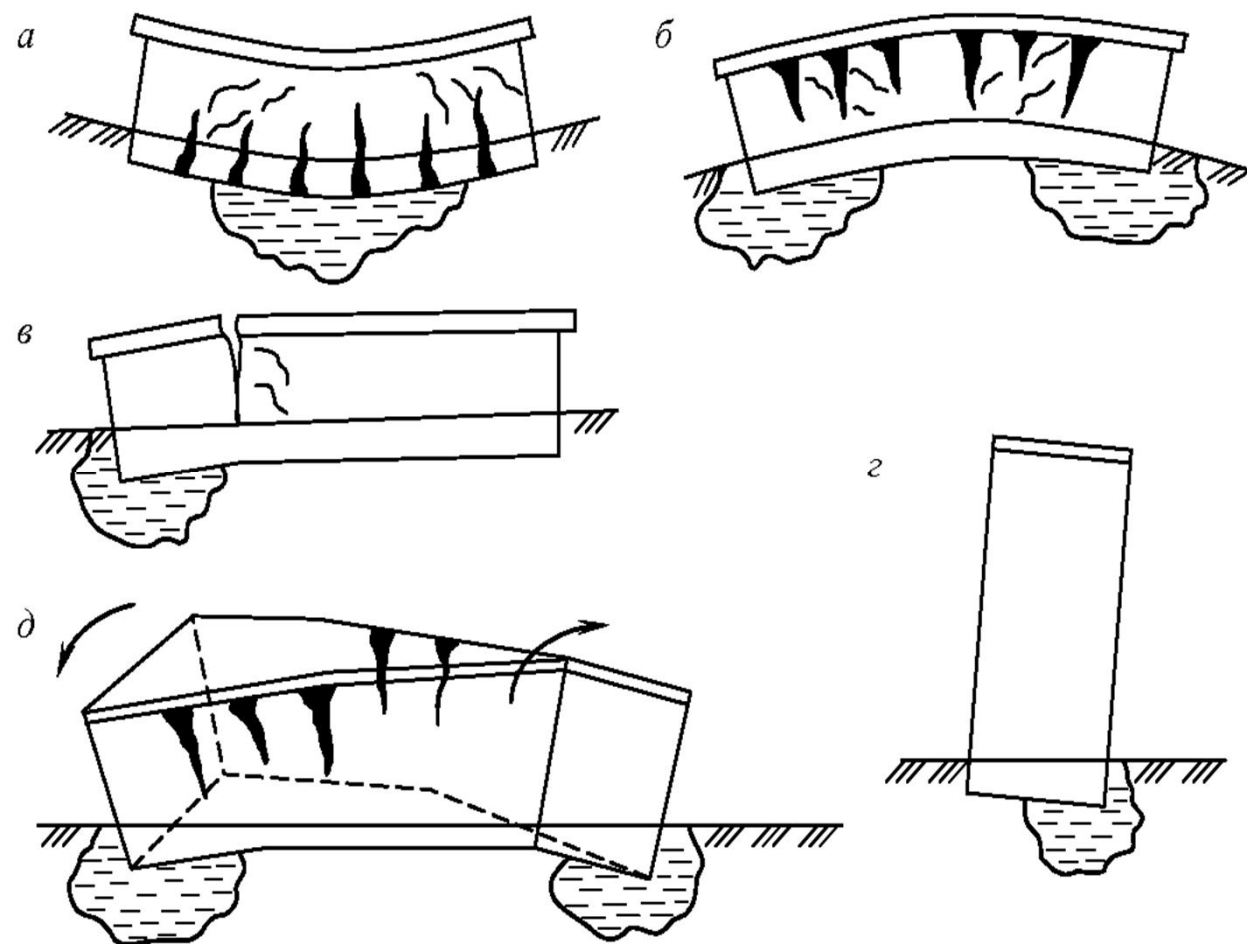


Рис. 8.4. Схеми нерівномірних деформацій будівель залежно від місця замочування основи:

а – в середині будівлі; *б* – під краями будівлі; *в* – з одного краю;
г – під поздовжньою стіною; *д* – під краями з різних боків

Під час інженерно-геологічних досліджень просадочні явища вивчаються шляхом наливу води у дослідний котлован (рис. 8.5).

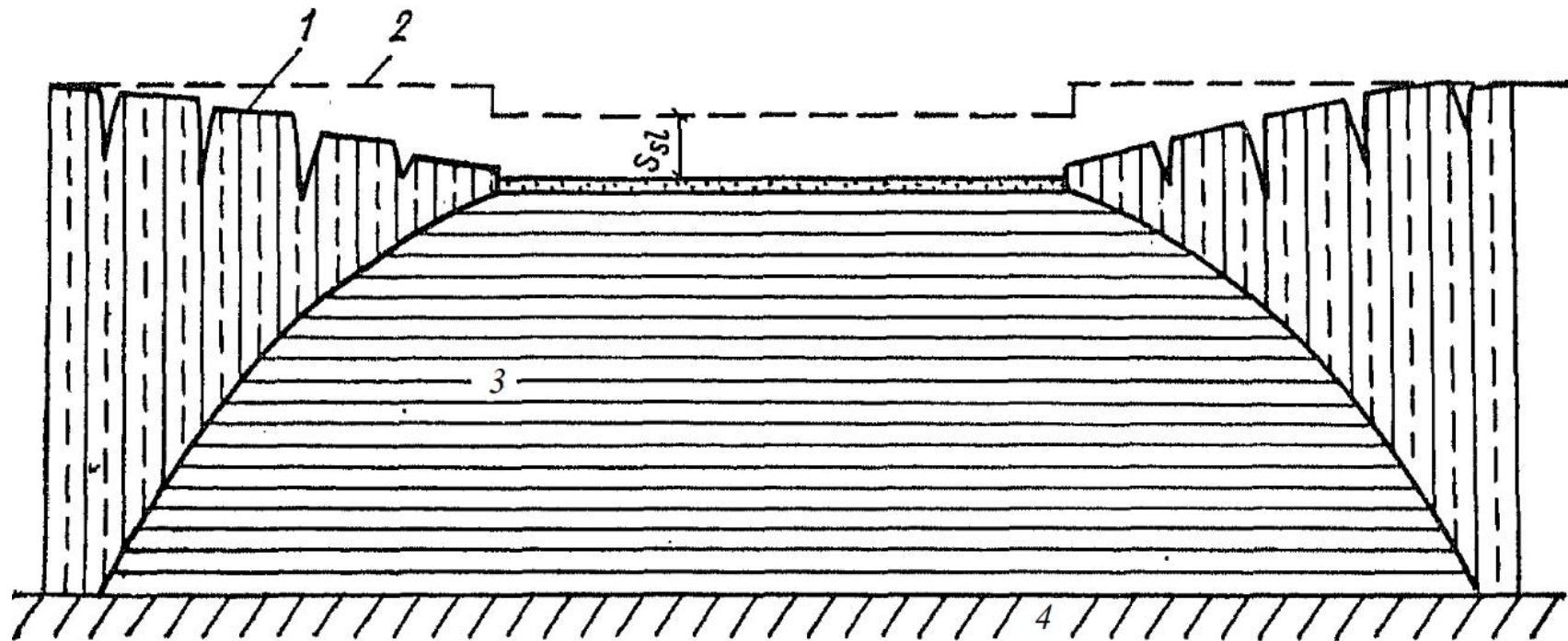


Рис. 8.5. Просадка поверхні лесового ґрунту внаслідок замочування
1 – поверхня ґрунту після замочування; 2 – теж саме, перед замочуванням; 3 –
замочений ґрунт; 4 – непросадочний ґрунт

Протягом зволоження лесовий ґрунт просідає не тільки під дном котловану, але й за його межами. Така просадка супроводжується розтягненням ґрунту з утворенням тріщин і уступів.

Вимірювання пошарових вертикальних переміщень за допомогою глибинних марок дозволяє встановити глибину, нижче якої ґрунт починає просідати під дією власної ваги. Цей тиск і є початковим просадочним тиском p_{sl} . Чим більший цей тиск, тим більш стійкий ґрунт при замочуванні.

На основі визначення початкового просадочного тиску встановлюють *тип просадочності* ґрунтів лесової товщі:

I тип – просадочна товща під дією власної ваги ґрунту просідає не більше, ніж на 5 см (в основному просадка ґрунту розвивається при замочуванні під дією зовнішнього навантаження);

II тип – уся товща просідає більше, ніж на 5 см під дією власної ваги.

ПОШИРЕННЯ ОСНОВНИХ ЕКЗОГЕННИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

УМОВНІ ПОЗНАКИ

ПЛОЩІ РОЗВИТКУ:

-  зсувів
-  ярів
-  площинної ерозії
-  селів
-  карсту
-  багаторічного високого стояння рівня ґрунтових вод (природне підтоплення)
-  заболоченості
-  підтоплення внаслідок зрошення
-  засолення ґрунтів

ДІЛЯНКИ:

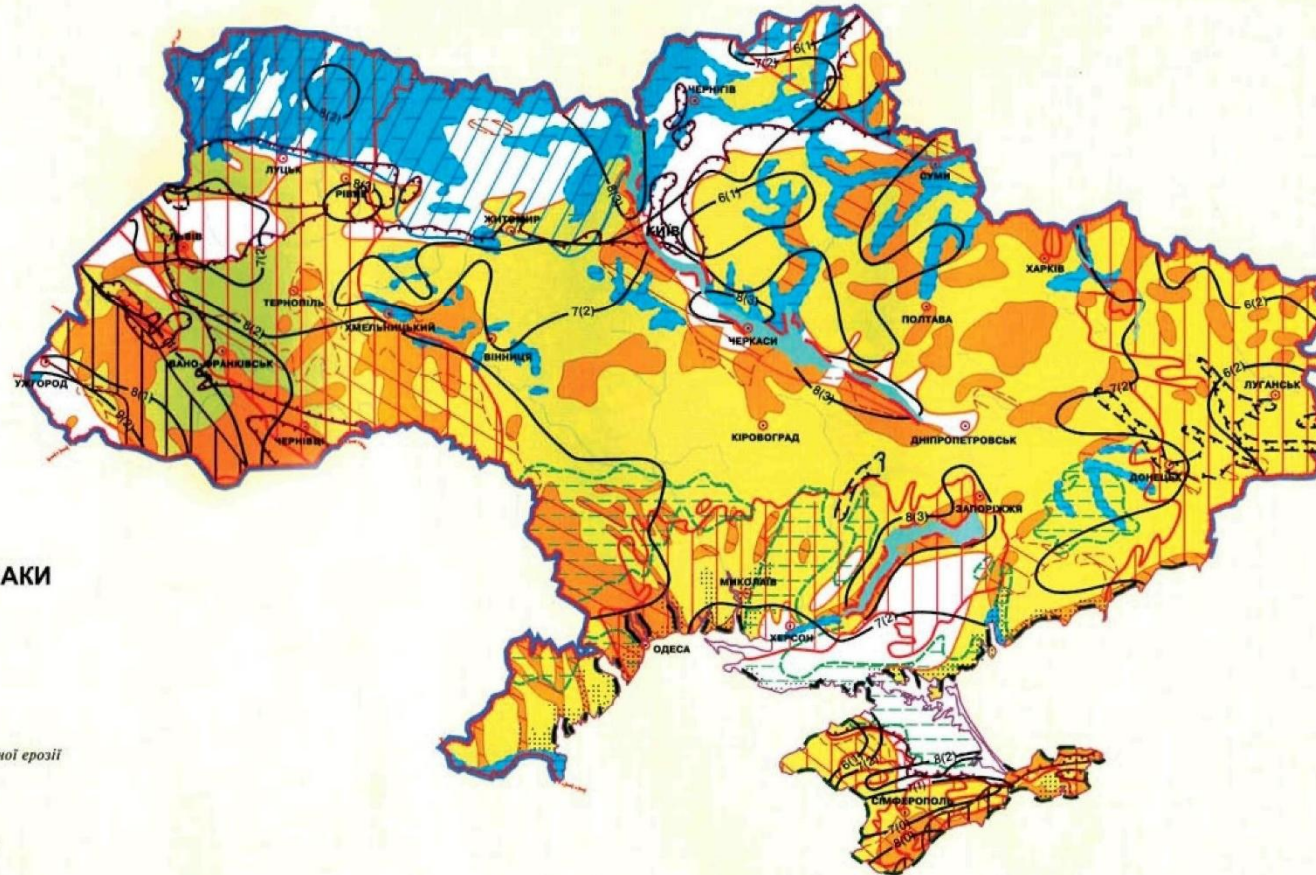
-  абразії берегів морів та лиманів
-  перетворення берегів водосховищ

ІНШІ ПОЗНАЧЕННЯ:

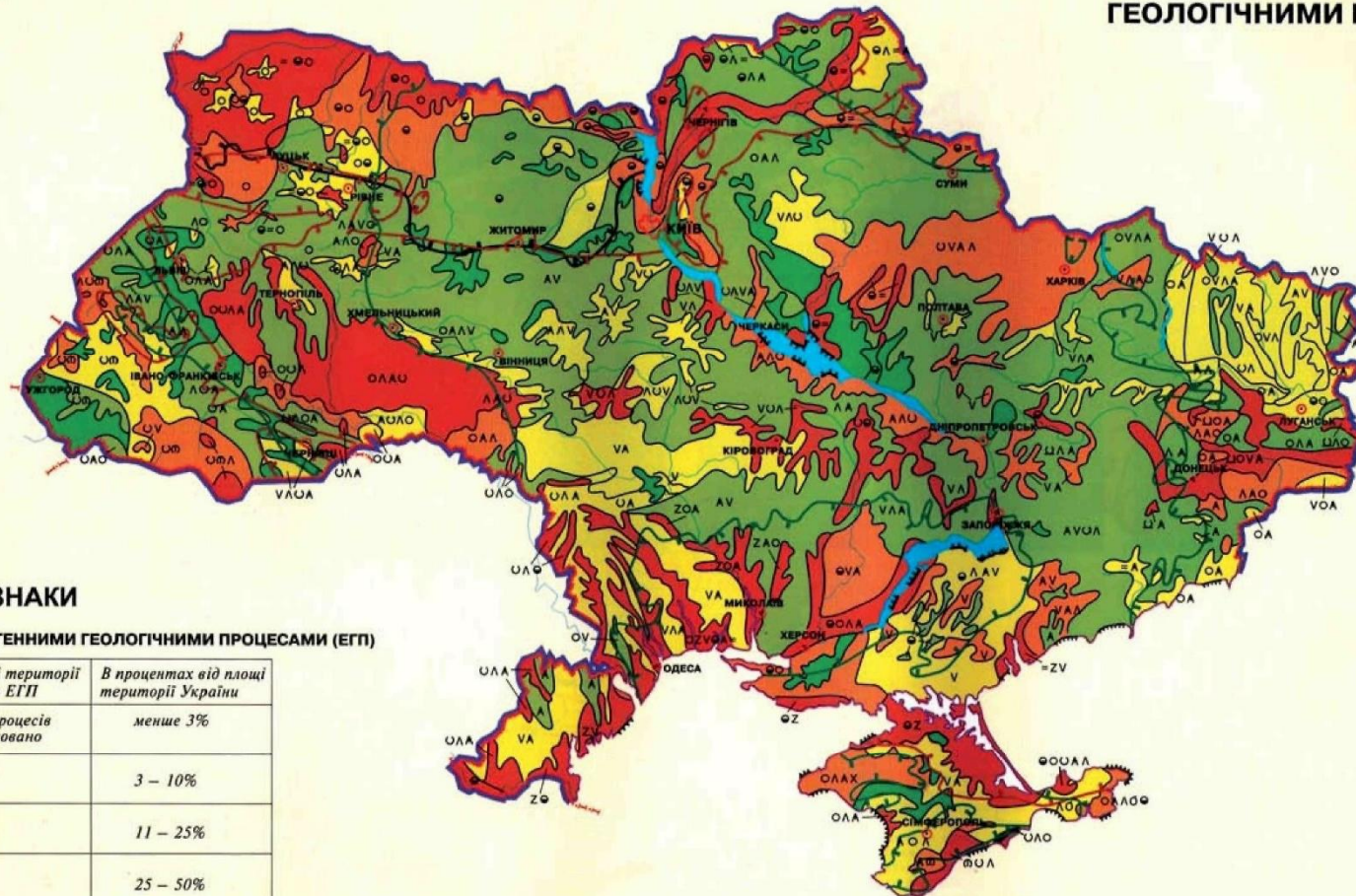
-  границі поширення лесових порід
-  ізосейсти (в дужках техногенний приріст у балах)

ПЛОЩІ ЗМІНИ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ПІД ВПЛИВОМ РОЗРОБОК:

-  залізрудних родовищ
-  вугільних родовищ



УРАЖЕНІСТЬ ЕКЗОГЕННИМИ ГЕОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ



УМОВНІ ПОЗНАКИ

УРАЖЕНІСТЬ ЕКЗОГЕННИМИ ГЕОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ (ЕГП)

Ступінь ураженості території за сумісним проявом ЕГП	В процентах від площі території України
	проявів процесів не зафіксовано
	слабкий
	середній
	сильний
	дуже сильний

МЕЖІ ПЛОЩ ПОШИРЕННЯ:

- карстуючих порід
- лесових порід
- багаторічного високого стояння рівня ґрунтових вод (природне підтоплення в межах Українського Полісся)
- межі площ з різним ступенем ураженості екзогенними геологічними процесами

ЕКЗОГЕННІ ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ З НАЙБІЛЬШОЮ ІНТЕНСИВНІСТЮ ПРОЯВІВ:

- U зсувів
- Λ ерозії ярочної
- Λ ерозії площинної
- X ерозії донної
- = заболочування
- Z засолення
- σ дефляції
- V просідання лесових порід
- o карсту
- т селів
- морської абразії
- Ω просідання та обвалення порід над гірськими виробками
- переформування берегів водосховищ
- підтоплення
- ФмЛ Формула ЕГП (знаки розташовані за зменшенням ступеня ураженості площ)

Під *карстом* розуміють наслідки процесів, пов'язаних з діяльністю рухомих підземних вод, яка виявляється у розчиненні скельних ґрунтів і утворенні в них порожнин.

Карст це:

1) комплексний геологічний процес, пов'язаний із розчиненням поверхневими і (або) підземними водами гірських порід, з їх ослабленням, руйнуванням, утворенням порожнин, зміною напруженого стану порід, хімічного складу і режиму підземних вод, суфозією (механічною і хімічною), ерозією, осіданням, обваленням, провалами ґрунтів і земної поверхні;

2) комплекс форм рельєфу в легкорозчинних породах (гіпси, вапняки, доломіти і кам'яна сіль).

Назву «карст» прийнято від назви вапнякового плато на узбережжі Адріатичного моря.

Карст утворюється у товщах вапняків, доломітів, гіпсів, ангідритів, кам'яної та калійної солей.

У карстових процесах відбувається розчинення гірських порід, тобто винесення речовини у розчинах. Розчинність мінералів, що складають означені породи, неоднакова: розрізняють солі легкорозчинні (сольові породи), середньо розчинні (гіпс, ангідрит), важкорозчинні (вапняк, доломіт, мергель).

Розчинність вапняків (кальцит CaCO_3) при температурі $+17^\circ\text{C}$ складає 11 мг/дм^3 . Із збільшенням вмісту у воді вільного вуглекислого газу (CO_2) розчинність їх підвищується. При вмістові CO_2 , що дорівнює 6 мг/дм^3 , розчинність збільшується до 148 мг/дм^3 , а при 200 мг/дм^3 – до 455 мг/дм^3 .

Аналогічна картина спостерігається і в інших карбонатів (доломіти, крейда). Разом з тим розчинність карбонатів значно підвищується за наявності у воді іонів HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- .

Незважаючи на невелику розчинність карбонатів, карбонатний карст переважає. У гіпсах і солях карст зустрічається порівняно рідко, що пояснюється їх характерним заляганням (серед глин) і відсутністю тріщинуватості.

Таблиця 9.1

Класифікація карсту (за А. Є. Головим)

Група карсту	Тип карсту	Підтип карсту
I (у важкорозчинних породах)	1. Карбонатний	а) вапняковий
		б) доломітовий
		в) крейдяний
		г) в уламкових породах із карбонатним цементом
	2. Сульфатний (гіпсовий)	—
	3. Сульфатно-карбонатний	—
	4. Соляний	—
II (у легкорозчинних породах)		

Утворення карсту відбувається під час надходження поверхневих текучих вод у товщу розчинних ґрунтів крізь сітку тріщин. Під час руху у тріщинах виникають пустоти – каверни, печери, колодязі (рис. 9.1). Зустрінувши водотривкий шар, рухомі води накопичуються, утворюючи карстові води. Нижче рівня карстових вод, вже насичених розчиненою речовиною, розчинення не відбувається. Отже, рівень карстових вод є базисом карстоутворення.

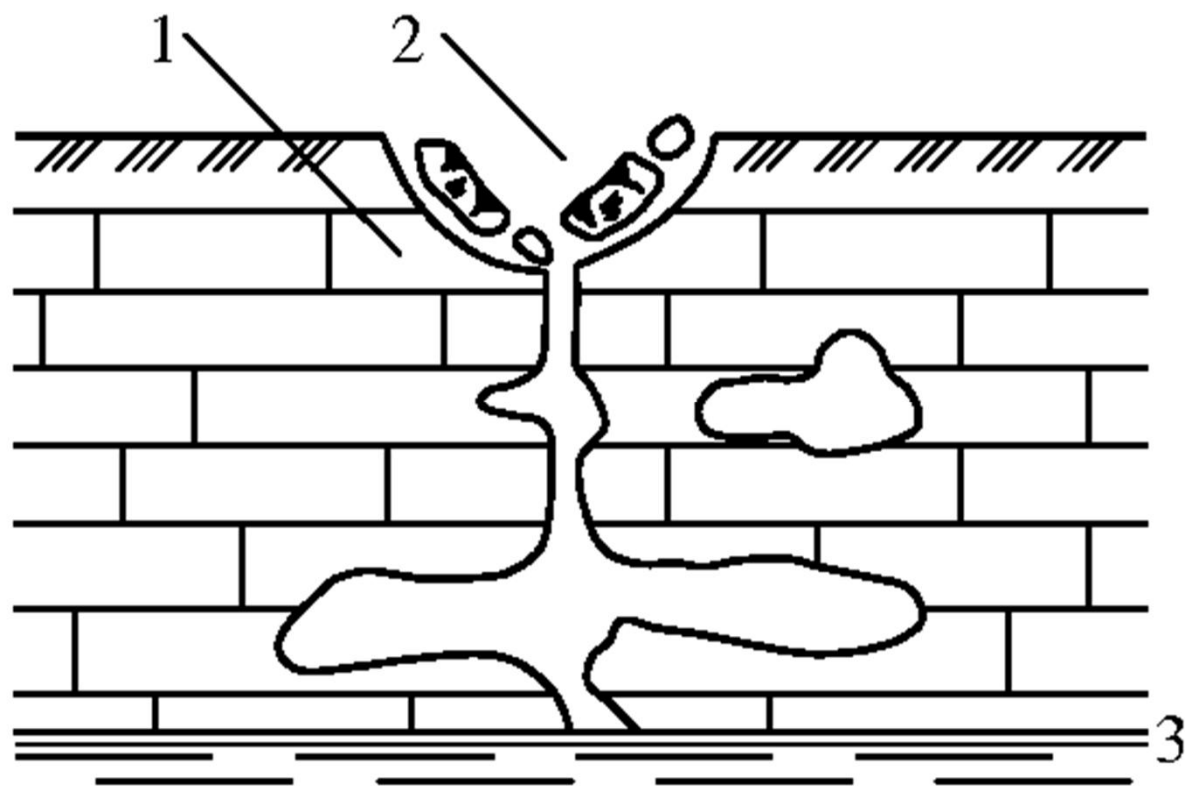


Рис. 9.1. Карстові пустоти у вапняках:

1 – вапняк; 2 – карстова воронка; 3 – рівень карстової води

З глибиною закарстованість масиву зменшується, що обумовлено:

- зменшенням з глибиною тріщинної водопроникності;
- зменшенням з глибиною швидкостей руху підземних вод;
- зменшенням з глибиною здатності підземних вод розчиняти гірські

породи.

Посилення процесу карстоутворення спостерігається поблизу річкових долин – природних дрен і, відповідно, підвищена закарстованість придолинних ділянок у порівнянні з вододільними масивами. Головними причинами такої закономірності є:

- підвищена водопроникність порід у придолинних ділянках;
- збільшення швидкості руху карстових вод поблизу долин;
- проникнення у масив, що карстується, прісних річкових вод і їх змішування з карстовими водами (головним чином, під час повеней).

Закономірною є залежність розвитку карсту з кліматом, а карбонатного карсту також із рослинністю. По мірі переходу від зон з посушливим кліматом і слабо розвиненим рослинним покривом до зон вологого субтропічного і тропічного клімату, інтенсивність розвитку карсту в цілому збільшується.

Карстопроявлення поділяються на поверхневі з порушенням суцільності ґрунту на земній поверхні і без нього (відкритий карст), а також підземні, що не мають достатньо чітких меж і обмежені в просторі (прихований карст).

В залежності від будови масиву гірських порід, ступеня закарстованості, розмірів ослаблених зон, фізико-механічних властивостей і водопроникності порід, що перекривають ослаблені зони, гідрогеологічних особливостей, можна виділити чотири типи механізмів утворення провалів (рис. 9.2).

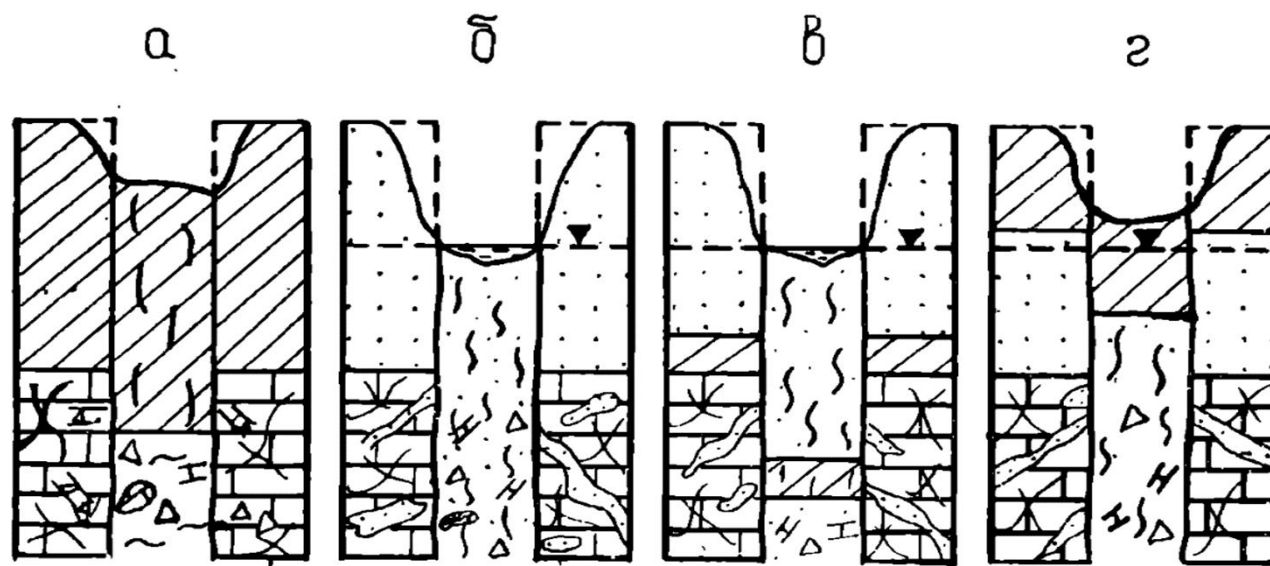


Рис. 9.2. Типи механізмів провалів у районах прихованого карсту:

а – гравітаційний тип; б – суфозійний тип; в – гравітаційно-суфозійний тип; г – суфозійно-гравітаційний тип

а) гравітаційний тип – обвалення (зміщення) нерозчинних порід, що перекривають закарстовану товщу, в ослаблену зону;

б) суфозійний тип – винос підземними водами пухких порід з верхньої товщі в закарстовану на ділянках ослаблених зон;

в) гравітаційно-суфозійний тип – обвалення (продавлювання) слабкопроникних і водонепроникних роздільних глинистих шарів у послаблену зону і суфозійний винос (прорив) перекриваючих пухких водонасичених порід у закарстовану товщу крізь зруйновану зону у глинах;

г) суфозійно-гравітаційний тип – винос підземними водами пухких порід з основи перекриваючої товщі у закарстовану і обвалення вищезалягаючих, як правило, глинисто-піщаних порід в утворену порожнину.

Найчастіше карст спричиняє обставини, несприятливі для будівництва. Особливо великі труднощі виникають під час гідротехнічного будівництва: відомі випадки, коли водосховища неможливо було заповнити водою через витікання води у карстові порожнини.

Карстові порожнини, розташовані близько до земної поверхні, можуть становити реальну загрозу у зв'язку з можливістю розвитку провальних явищ. Нерідко карстові порожнини вскриваються під час проходки тунелів; при значних розмірах порожнин виникають серйозні проблеми з їх перекриттям, а при розкритті підземних карстових потоків може відбутися раптове катастрофічне затоплення споруд.

З карстом тісно пов'язані процеси *суфозії*.

Суфозією називають процес вимивання дрібних частинок гірських порід водою, що фільтрується. Це часто супроводжується осіданням вищеzáлягаючих порід, утворенням вирв, провалля тощо.

Суфозія виникає у піщаних ґрунтах, іноді у супісках. Вона має місце на схилах, де розвантажуються підземні води, на укосах земляних гребель і дамб, у піщаних основах бетонних гребель, у будівельних котлованах при відкритому водовідведенні, при відкачуванні води зі свердловин та в інших подібних випадках. У цьому процесі основне значення має механічне винесення, а не винесення речовини у вигляді розчину, як при карсті.

Суфозійні процеси виникають у природних умовах при великих швидкостях руху і гідродинамічному тиску підземних вод, а також внаслідок техногенних факторів (в умовах тривалого відкачування води з відкритих виїмок, швидких зниженнях рівнів водоймищ, при виникненні зосереджених фільтраційних потоків внаслідок будівництва й експлуатації споруд).

Винесення мінеральних частинок пояснюється впливом на них фільтраційного тиску, який є пропорційним гідравлічному градієнту. Інтенсивність суфозійного процесу залежить від ступеня неоднорідності гранулометричного складу ґрунтів. Чим вищий ступінь неоднорідності, тим при менших гідравлічних градієнтах виникає суфозія.

Щоб установити критичний для даного ґрунту гідравлічний градієнт, при якому виникає суфозія, застосовують прилад системи В. М. Слав'янова (рис. 9.3).

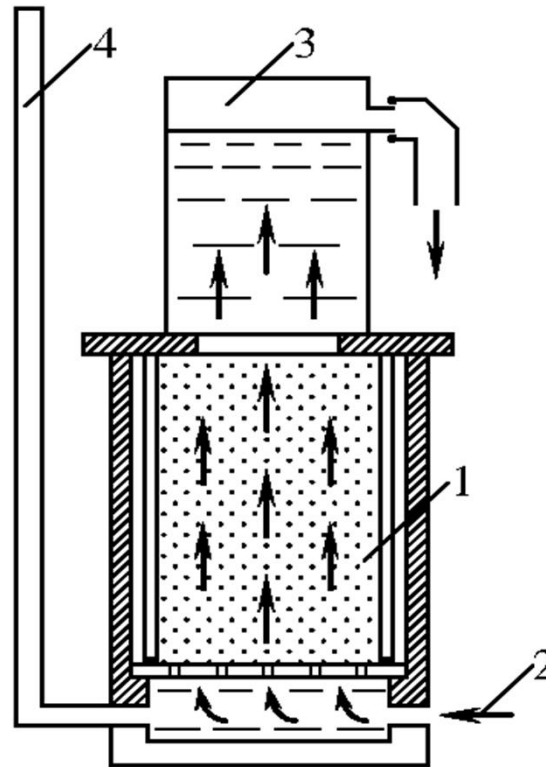


Рис. 9.3. Схема приладу В. М. Слав'янова:

1 – зразок ґрунту; 2 – подача води; 3 – прозорий циліндр; 4 – скляна трубка

Під час дослідів воду крізь ґрунт пропускають знизу вгору, при різних значеннях гідравлічного градієнта. Поява у профільтрованій воді мінеральних частинок у змуленому стані вказує на процес суфозії, який почався. У цей час відмічають значення гідравлічного градієнта, яке і є критичним.

У деяких ґрунтах при певному значенні гідравлічного градієнта спочатку відбувається фільтрація води, при збільшенні градієнта – суфозія, а при подальшому збільшенні градієнта ґрунт розріджується, тобто переходить у пливунний стан.

Критичне значення гідравлічного градієнта можна визначити за допомогою графіка, запропонованого В. С. Істоміною для випадків висхідного руху води (рис. 9.4).

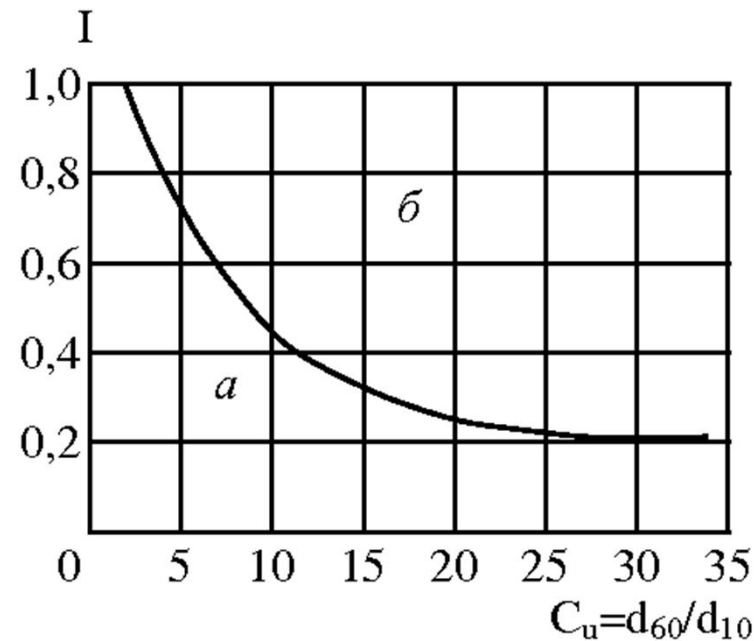


Рис. 9.4. Графік залежності допустимих градієнтів від ступеня неоднорідності ґрунту:

а — зона допустимих градієнтів; б — зона недопустимих градієнтів

У випадку, коли підземні води розвантажуються на схилі, складеному водопроникними ґрунтами, відбувається винос мінеральних частинок, спочатку найдрібніших. Далі, по мірі розкриття фільтраційних каналів, швидкість руху води збільшується, що призводить до виносу більш крупних частинок. У результаті на схилі утворюється ніша і цілісність його порушується (рис. 9.5). Це може спричинити розвиток зсуву.

Аналогічні явища відбуваються при фільтрації води крізь тіло земляної греблі убік низового укосу.

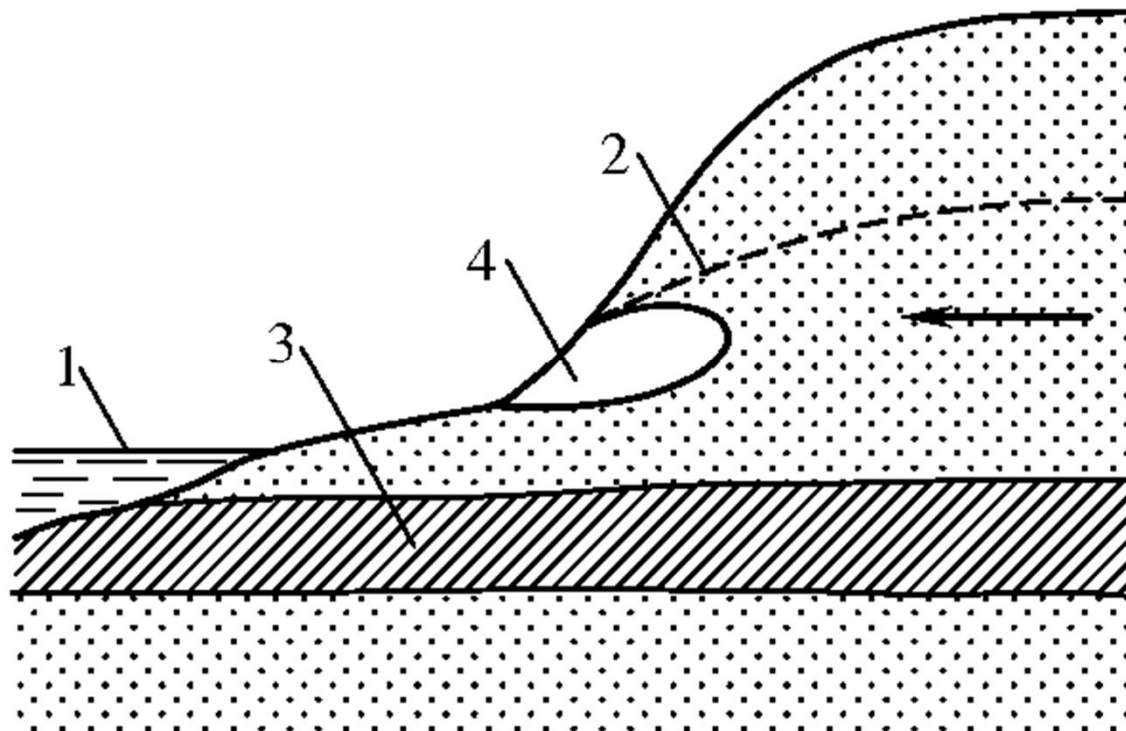


Рис. 9.5. Суфозія на схилі:

1 – рівень річкової води; 2 – рівень ґрунтової води; 3 – водотривкий шар; 4 – суфозійна ніша

Суфозія може відбуватися як вглибині масиву ґрунтів, так і поблизу поверхні.

Контактна суфозія – один з видів підземної суфозії, при якій на контакті двох ґрунтів дрібні частинки одного ґрунту фільтраційним потоком води розносяться порами другого ґрунту. У зв'язку з контактною суфозією вздовж контакту може утворитися шар ґрунту, що має змінений гранулометричний склад та інші властивості.

В результаті суфозії можуть виникати не тільки вирви на поверхні землі, але й порожнини всередині породи, які не мають зовнішнього прояву. Вони мають різну форму: ніші, витягнуті щілини і дуже часто трубчасті канали, що можуть сягати ширини декількох метрів і десятків метрів довжини. Останні часто утворюються у глинистих і особливо у лесових породах. Наявність таких порожнин дуже ускладнює інженерне освоєння території і вимагає проведення спеціальних інженерно-геологічних досліджень.

Методика гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень

методичні вказівки до виконання практичних робіт

Практична робота 1

Бібліографічний пошук наукової інформації

Бібліографічний пошук — вид діяльності, який реалізується під час діалогу між читачем та інформаційно-пошуковою системою бібліотеки.

Головні умови, що забезпечують успіх довідково-бібліографічної роботи — систематичність, послідовність, диференційований підхід до різних читацьких груп, рівень бібліографічної грамотності користувачів.

Універсальна десяткова класифікація (УДК) – міжнародна бібліотечно-бібліографічна класифікація, розроблена Міжнародним бібліографічним інститутом у 1895-1905 рр. на основі "Десяткової класифікації" американського бібліотекаря Дьюї.

УДК – міжнародна класифікаційна система знань яка об'єднує всі галузі знань в єдиній універсальній структурі з загальною десятковою нотацією.

Призначена для індексування і пошуку відомостей в документальних масивах за змістовними ознаками.

Таблиці УДК використовуються в бібліотеках, видавництвах, інформаційних центрах, тощо; роботи без коду УДК не розглядаються при реєстрації в глобальних базах даних.

Strengthening the role of hydrogeological research in the system of engineering investigations for construction

*Viacheslav Petik*¹

PhD (Technical), Associate Professor of the Department of Fundamental and Applied Geology,

¹ V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine;

e-mail: nemuk1310@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4055-0926>;

*Valeriy Sukhov*¹

PhD (Geology), Head of the Department of Fundamental and Applied Geology,

e-mail: valery.sukhov@karazin.ua,  <https://orcid.org/0000-0001-5784-5248>;

*Victor Sokolov*¹

PhD (Technical), Associate Professor of the Department of Fundamental and Applied Geology,

e-mail: v.sokolov@gmail.com,  <https://orcid.org/0000-0001-6003-549X>;

*Viacheslav Iegupov*²

PhD (Technical), Professor of the Department of Geotechnics, Underground and Hydrotechnical Structures,

² O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine,

e-mail: slavaegu@gmail.com,  <https://orcid.org/0000-0002-5836-2659>;

Для статей необхідно вказати **УДК** подати назву (до 10 слів), анотацію (1800-2500 знаків) та ключові слова (8-10).

На окремому аркуші надається інформація про авторів (прізвище, ім'я та по-батькові, повна назва організації, посада, вчений ступінь і звання, поштова адреса, телефон, e-mail, ORCID) українською й англійською мовами. Перелік посилань оформлюється згідно з **ДСТУ 3008:2015**. До переліку обов'язково повинна бути включена література за останні п'ять років, у тому числі закордонна та включена до наукометричних баз Scopus та WoS, а сам перелік повинен містити не менше ніж 20 посилань.

Також є необхідним розгорнутий реферат англійською мовою, оформлений згідно міжнародних вимог до наукових видань. Реферат повинен мати:

- обсяг 2500-3500 знаків,
- змістовність (відображати головний зміст статті та результати досліджень),
- структурованість (наявність обов'язкових елементів: *мета, методика, результати, наукова новизна, практична значимість, ключові слова*).

Після реферату необхідно навести **References** – перекладений англійською список використаних джерел, який має бути оформлений згідно міжнародного стандарту **APA** (American Psychological Association). До джерел у списках використаної літератури обов'язково необхідно додавати **DOI** (за наявності).

Имена авторов	Дата публикации
Mikulincer, M., Gerber, H., & Weisenberg, M. (1990).	
Judgment of control and depression: The role of self-esteem threat and self-focused attention.	
<i>Cognitive Therapy and Research</i> , 14, 589–608.	
Название работы	Данные о публикации (название журнала, номер тома, страницы в журнале)

DOI (Digital Object Identifier) або ідентифікатор цифрового об'єкту – це присвоєний номер електронного документа в глобальній мережі Інтернет, завдяки якому суттєво спрощується пошук і використання матеріалів. Простіше кажучи, це посилання на конкретний об'єкт. Найчастіше дана технологія використовується в наукових колах. Основною особливістю є те, що об'єкт з ідентифікатором може видалити тільки видавець, тобто організація, яка розмістила його.

Посилання *DOI* складається з двох частин - префікса і суфікса, в які можуть входити як цифри, так і букви кириличного формату. Префікси ідентифікують видавця, в той час як суфікс - це безпосередньо номер об'єкта. Важливо, що у одного видавця може бути нескінченна кількість розміщених матеріалів, проте суфікс кожного з них повинен бути унікальним.

Причини, за якими формат (DOI) доступу до матеріалів став найбільш популярним:

1. Гарантія збереження. На відміну від сайтів або електронних бібліотек, цифрові об'єкти з ідентифікатором завжди будуть розміщені на місці реєстрації.

2. Універсальність. Всі найбільші видавці планети визнали зручність і безпеку зазначеного ідентифікатора.

3. Присвоєння DOI позитивно впливає на репутацію автора або видавця, оскільки за допомогою ідентифікатора матеріали можуть бути розміщені у провідних світових наукових бібліографічних каталогах.

4. У разі, якщо стаття з DOI цитується журналом, що входить в такі престижні бази, як Scopus, Web of Science, вона також заноситься в зазначені бази, що істотно підвищує її значущість.

Особливої актуальності привласнення DOI має для українських авторів після затвердження нового Порядку формування Переліку наукових фахових видань України (Наказ МОН № 32 від 15.01.2018). Так, згідно з п.6. даного Порядку присвоєння кожному опублікованого матеріалу міжнародного цифрового ідентифікатора DOI (Digital Object Identifier) є обов'язковим.

Цитування є одним з найважливіших елементів наукової праці, адже в процесі роботи кожен учений опосередковано або безпосередньо зачіпає більш ранні дослідження своїх колег, вказуючи посилання на електронне джерело. Величезною проблемою було те, що при видаленні сайту або збоїв в роботі, посилання ставало неактивним, а значить і перевірка достовірності зазначених тверджень істотно ускладнювалася.

Integrating remote sensing and aeromagnetic data for lithological and structural lineaments mapping in Abu Ghaylan - Kiklah - Tighrinna, northwest Libya

*Nureddin Saadi*¹

PhD (Geological Engineering), Lecturer, Department of Geological Engineering,

¹ University of Tripoli, University Road, Tripoli, Libya,

e-mail: n.saadi@uot.edu.ly, <https://orcid.org/0000-0003-0593-8578>;

*Ousama Elkoul*²

...

ABSTRACT

Problems Statement and Purpose. Libya is the fourth-largest country in Africa and the seventeenth-largest country in the world with area of 1,759,540 sq. km. Most of Libya is located in the Sahara Desert and known for being the driest and most remote regions with limited accessibility. ...

Keywords: *Libya, Remote Sensing, Digital Elevation, Lineaments, Lithological Mapping, Aeromagnetic, Data Integration.*

Глосарій (лат. *glōssarium*, від грец. γλῶσσάριον — словник, зібрання слів, що потребують пояснень) — зібрання глос.

Словник до тексту, що пояснює маловідомі або застарілі слова. Глосарій — список понять в специфічній області знання з їхніми визначеннями. Традиційно, глосарій знаходиться в кінці книги і включає терміни в межах цієї книги, які є або недавно введеними, або, як мінімум, незвичайними.

Двомовний глосарій — список понять однією мовою, який визначається через іншу мову або за допомогою синонімів іншої мови.

У загальнішому розумінні глосарій містить пояснення понять, доречних для певної області вивчення або дії. У цьому сенсі, термін одночасно пов'язаний із онтологією.

Основний глосарій — простий глосарій або термінологічний словник, який пояснює визначення нових понять, особливо для неологізмів.

Для виконання практичного завдання необхідно знайти 10 джерел (статей, тез, монографій тощо) з обраної теми **з різних наукових видань.**

Варіант 1: *landslide*

Варіант 2: *collapsibility*

Варіант 3: *groundwater contamination*

Практична робота 2

Аналіз наявної геологічної інформації щодо району дослідження

Завдання виконується з використанням сервісу *Google Earth* (офіційна назва українською мовою *Google Планета Земля*).

Google Earth — це безкоштовна, вільно-завантажувана програма компанії Google, що відображає віртуальний цифровий глобус, застосовуючи одне складене зображення поверхні планети з великої відстані.

Програма поширюється під двома різними ліцензіями: *Google Earth*, безкоштовна версія з обмеженою функціональністю; та *Google Earth Pro*, що пропонується для комерційного використання.

Завантажити програму *Google Earth* можна за посиланням:

<https://www.google.com.ua/intl/ru/earth/download/gep/agree.html>

Щоб виконати завдання, спочатку необхідно завантажити та відкрити програму *Google Earth*.

Після того, як на екрані з'явиться зображення віртуального глобуса, слід створити мітку за географічними координатами, призначеними кожному за варіантом (таблиця наприкінці завдання).

Для цього треба натиснути на панелі інструментів вгорі екрану кнопку «додати мітку» (Рис. 1).

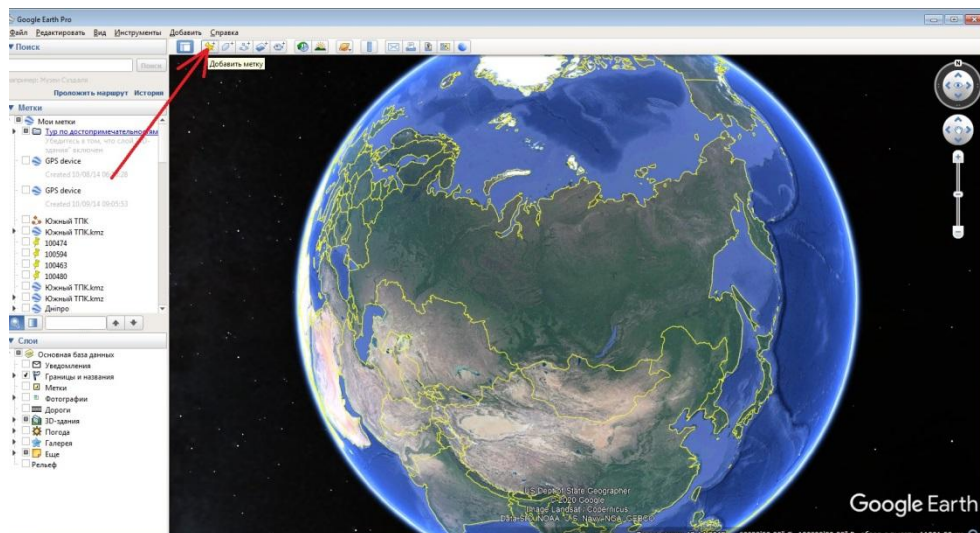


Рис. 1

У діалоговому вікні, що з'явиться, необхідно дати назву мітки (наприклад, «мій об'єкт»), обрати колір та вид значку, присвоїти координати (згідно зі своїм варіантом), шляхом копіювання з таблиці та вставлення широти та довготи мітки (Рис. 2).

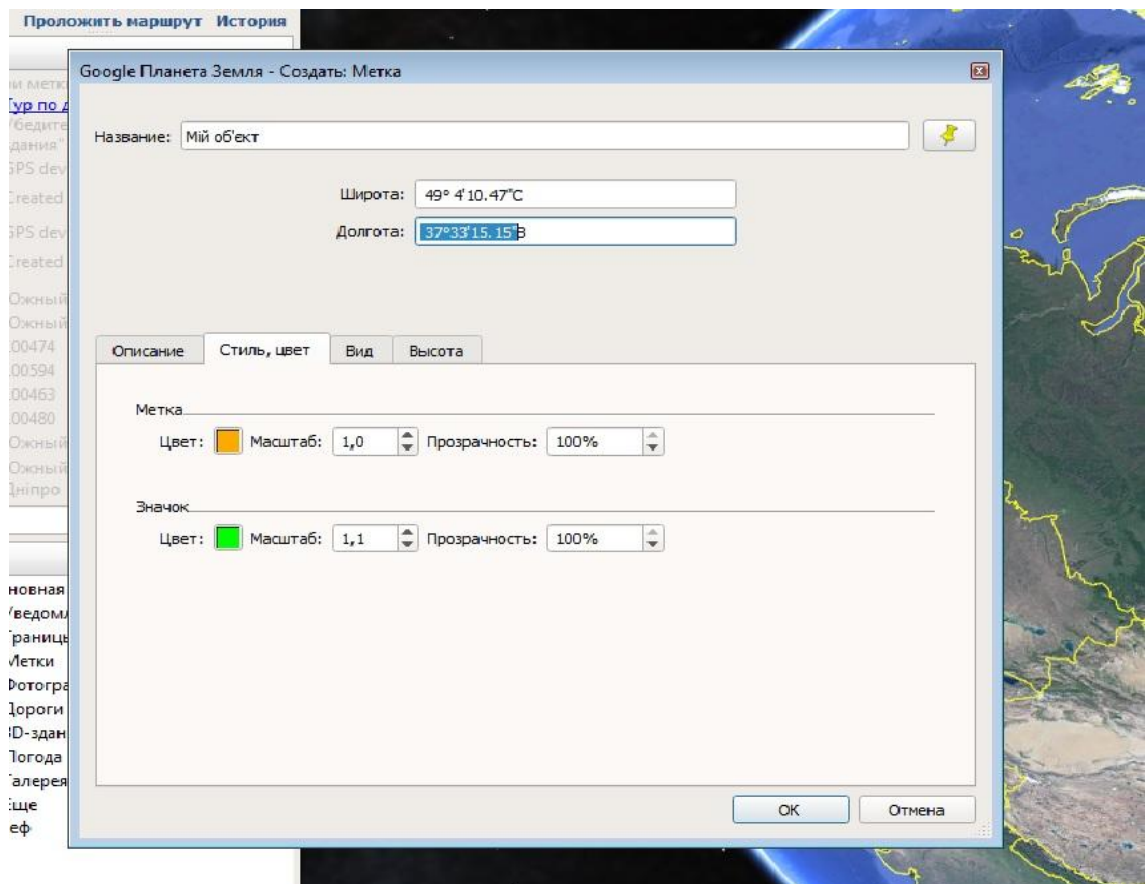


Рис. 2

Після натиснення «Ок» створена мітка з'явиться у менеджері об'єктів (у вікні в лівій частині екрану), у розділі «Мітки».

Знайти створену мітку на карті можна або подвійним клацанням ЛКМ (лівої клавiшки мишки) по мітці у менеджері об'єктів на панелі зліва, або поштуповим пересуванням по карті за допомогою ЛКМ (курсор у цьому випадку має вигляд долоньки).

При цьому треба слідкувати за орієнтацією карти (північ має бути вгорі). Якщо орієнтація спотвориться, виправити її можна натисканням кнопки «N» на компасі у правому верхньому куті екрану.

Орієнтацію карти, а також кут зору можна коригувати одночасним натисненням клавiшки «Ctrl» та однієї з клавiш «↑» «↓» «→» «←».

Знайшовши свою мітку, наступним кроком слід дізнатися, у межах якого аркушу розташований досліджений об'єкт (мітка). Це можна наступним чином: не закриваючи програми Google Earth, відкрити допоміжний файл *nom200.kmz* (додається до завдання) за допомогою Google Earth (Рис. 3). Також це можна зробити перетягуванням файлу *nom200.kmz* у поле карти.

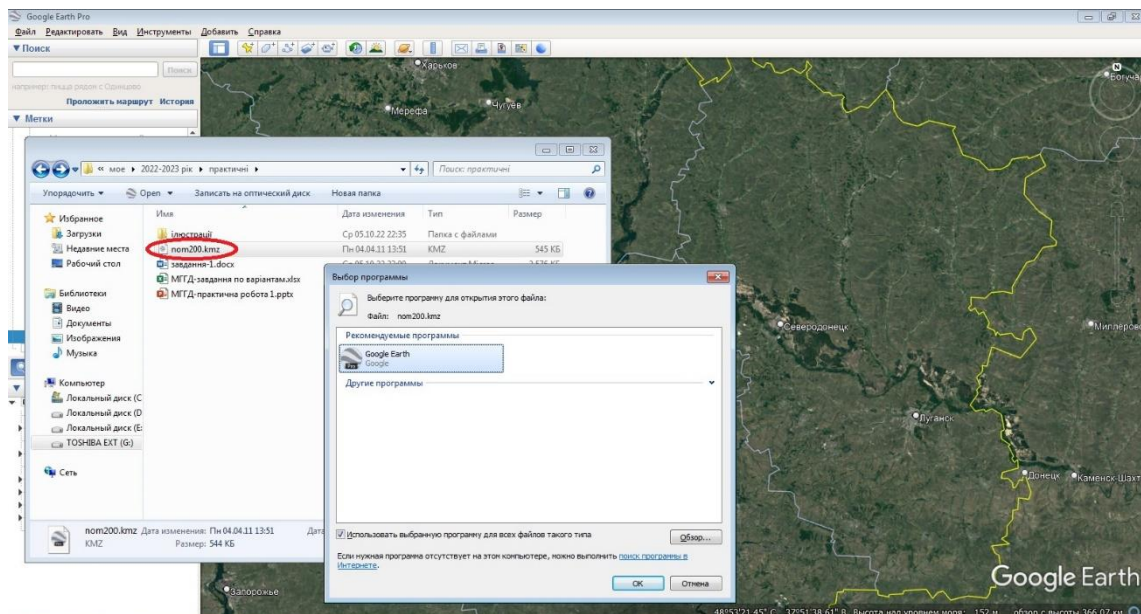


Рис. 3

Після відкриття файлу, карта вкриється червоною сіткою, кожна клітина якої відповідає певному аркушу геологічної карти масштабу 1:200000, відповідно до номенклатурного ділення. При цьому масштабування карти автоматично зміниться, і доведеться знову знайти та наблизити свою мітку!

Щоб дізнатися номенклатуру аркушу, в межах якого лежить досліджуваний об'єкт, слід клацнути ЛКМ у межах клітини, де розташована мітка. В результаті з'явиться віконце з номенклатурним номером (Рис. 4).

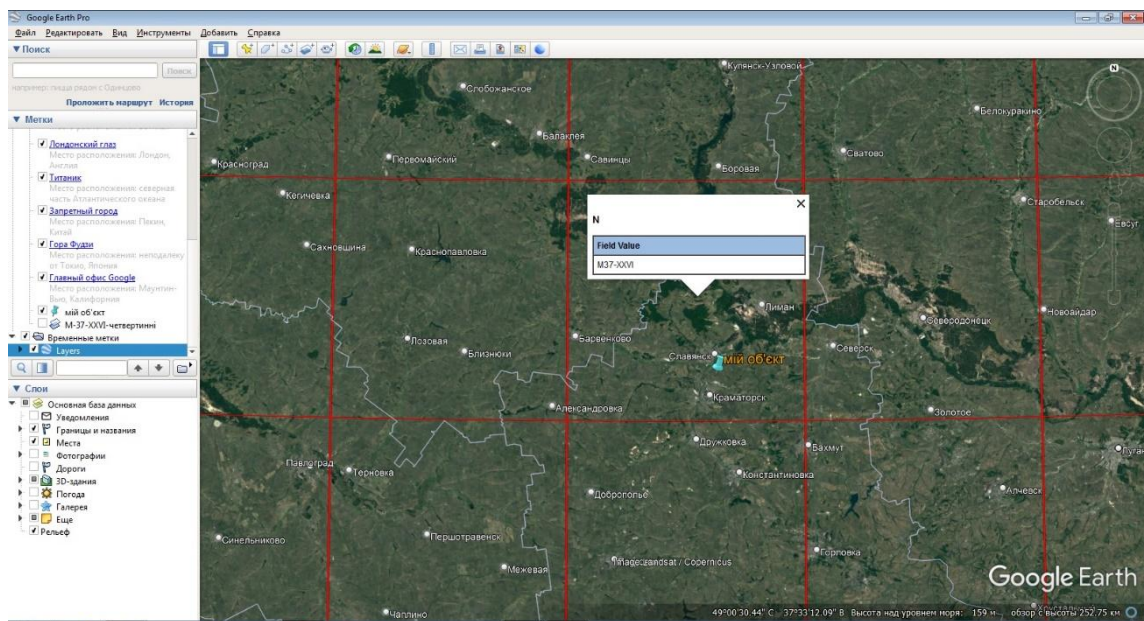


Рис. 4

Для отримання більш детальної інформації з геологічної будови та гідрогеологічних умов конкретної ділянки, можна користуватися on-line-сервісом ДНВП «Геоінформ України» (Рис. 5), перейти до якого можна за посиланням:

<http://geoinf.kiev.ua/wp/kartograma.htm>

На сайті представлено державну геологічну карту України масштабу 1:200000, у вигляді інтерактивної карти, поділеної на аркуші, кожному з яких привласнено номенклатурний номер.

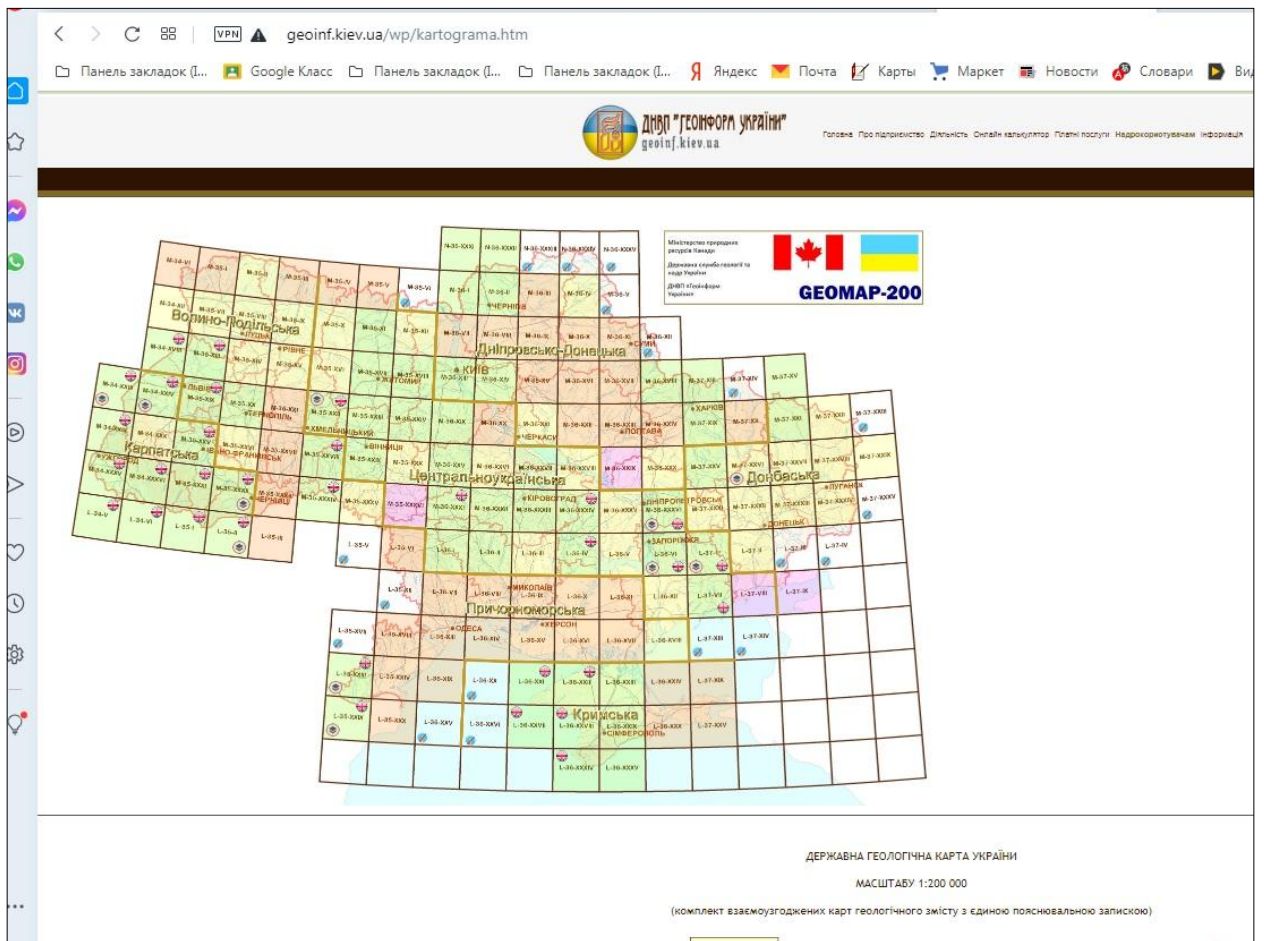


Рис. 5

Дізнавшись номенклатурний номер свого аркушу, на сайті ДНВП «Геоінформ України» можна передивитися і скачати необхідні матеріали (геологічну карту, пояснювальну записку та ін.). Для цього слід навести курсор на відповідний аркуш інтерактивної карти (Рис. 6), та клацнути один раз ЛКМ.

В результаті відкриється список наявних матеріалів по цьому аркушу, у вигляді посилань для перегляду та завантаження (Рис. 7).

Завантаживши необхідні матеріали, слід використати їх для написання загальної частини курсової роботи (фізико-географічні умови; геологічна будова; гідрогеологічні умови).

Відповідні номери варіантів розміщено наприкінці цього завдання, у таблиці.

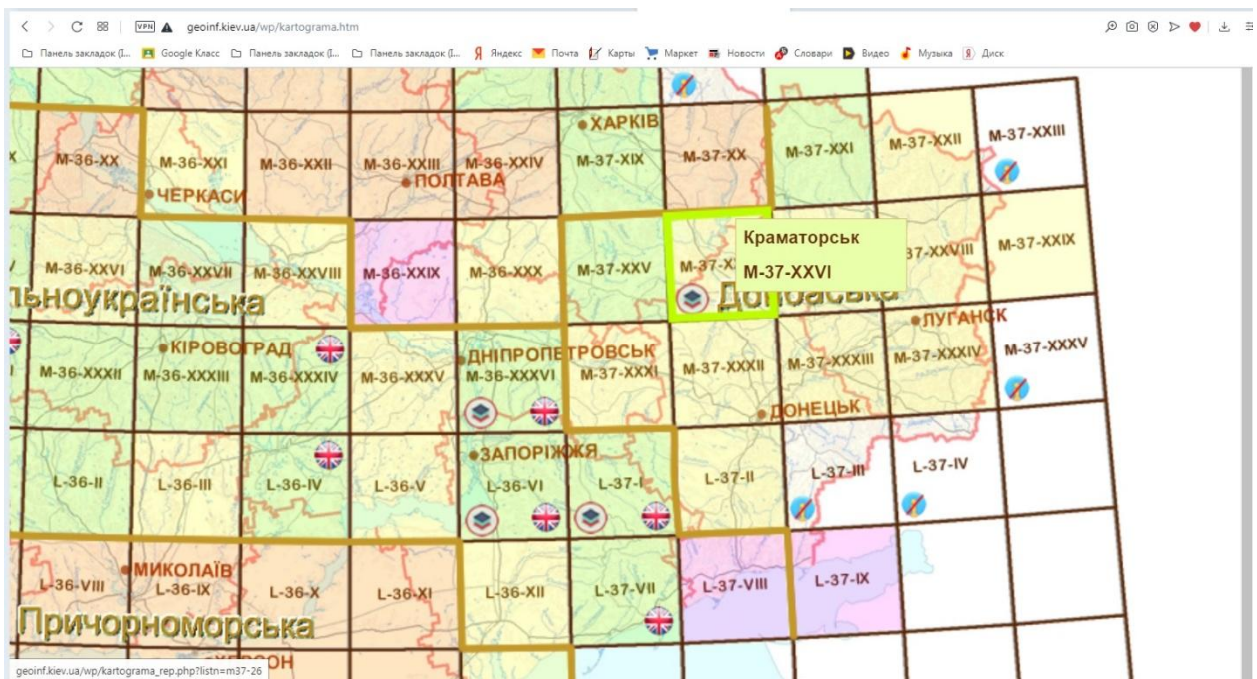


Рис. 6

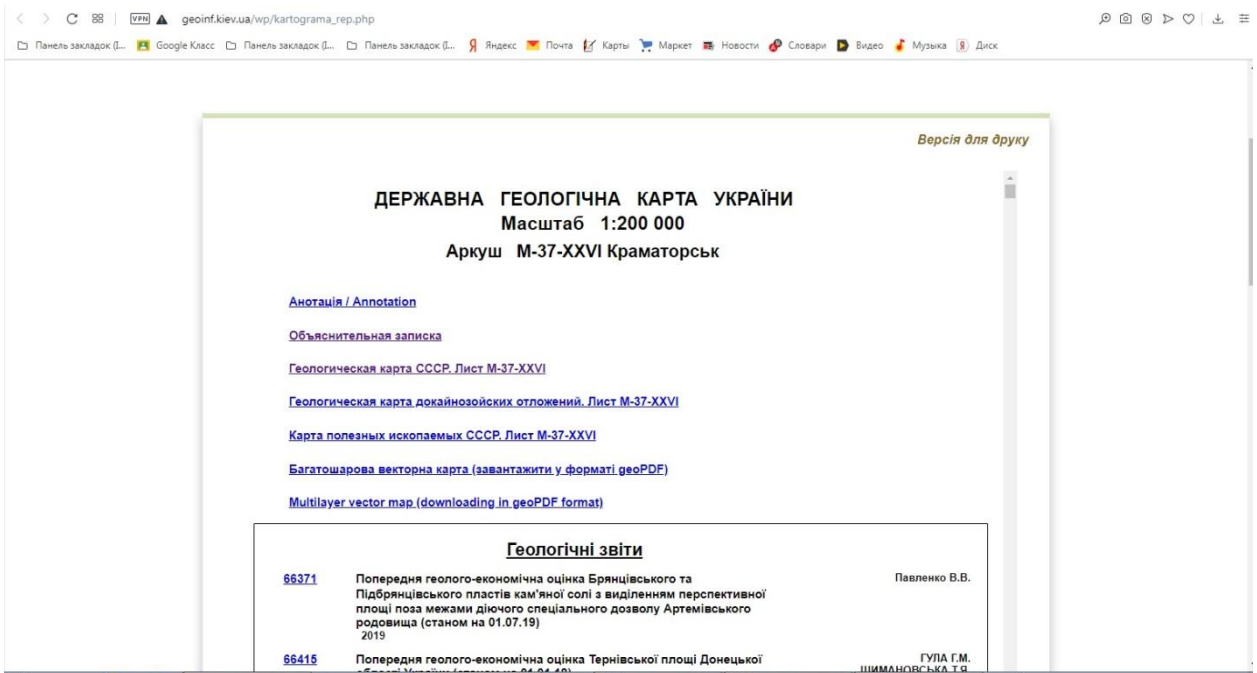


Рис. 7

Щоб дізнатися про геологічну будову об'єкта дослідження, необхідно накласти зображення карти геологічної зйомки масштабу 1:200 000 за допомогою інструменту «накласти зображення» (Рис. 8).

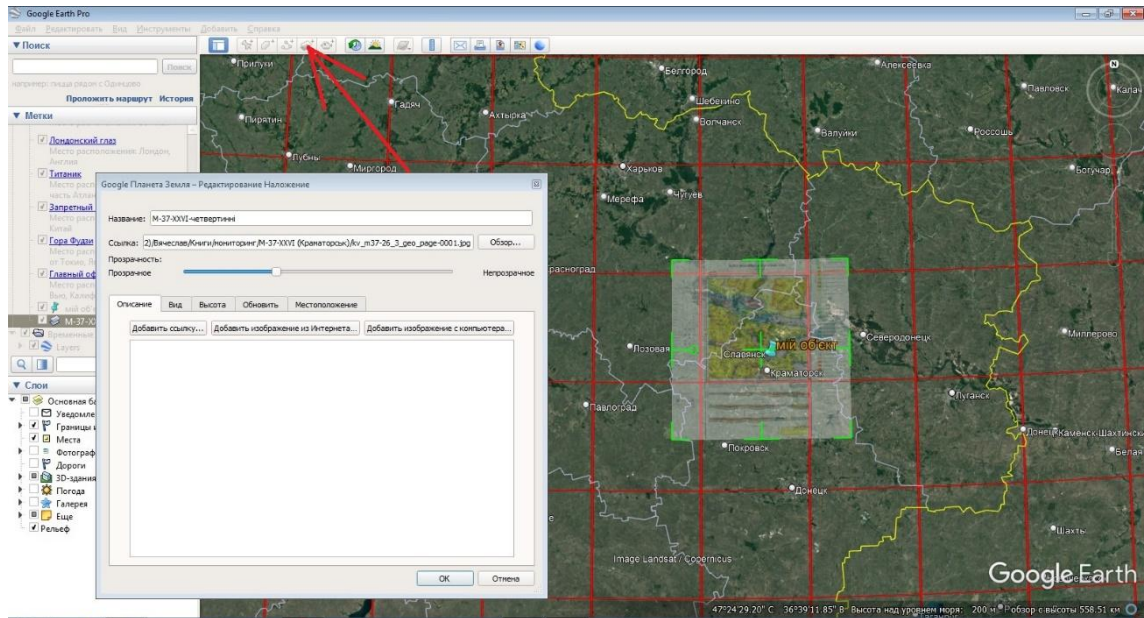


Рис. 8

У вікні, що з'явиться після натискання кнопки «накласти зображення», слід спочатку дати назву (наприклад, «М-37-XXVI-четвертинні»), натисканням кнопки «Огляд» обрати необхідний файл з розширенням jpg.

Також у цьому вікні можна регулювати прозорість зображення (рекомендується приблизно 40%) – Рис. 9.

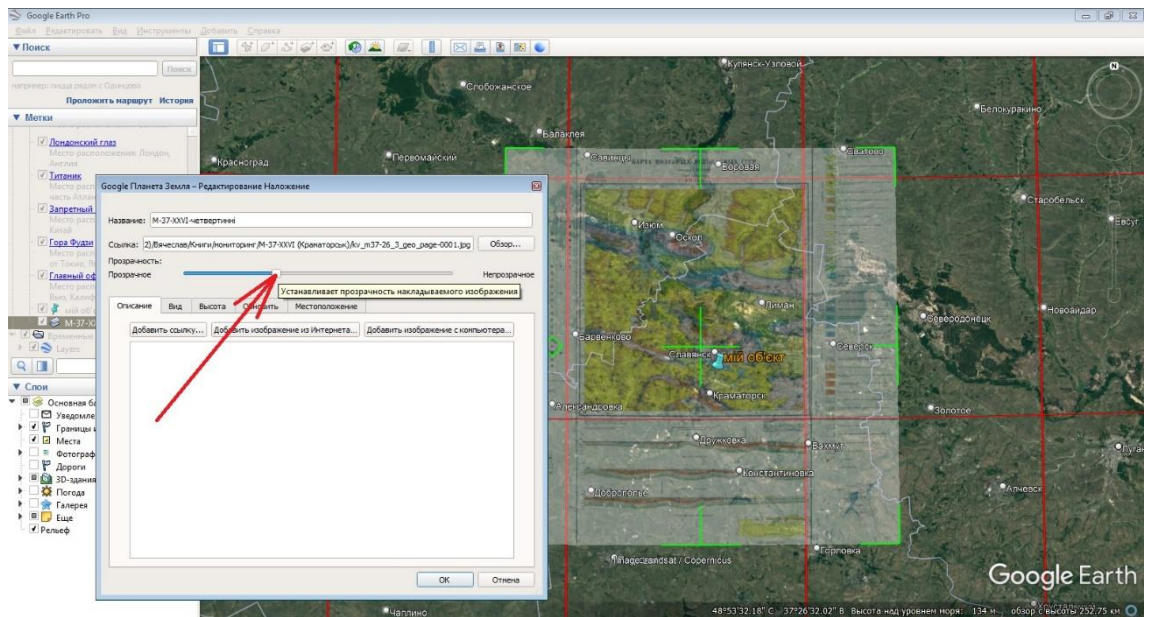


Рис. 9

Після натиснення «Ок» у діалоговому вікні, на карті з'явиться накладене зображення.

Для того, щоб накладене зображення співпадало з відповідною територією, треба його відредагувати (перемістити, розтягнути). Це можна зробити, клацнувши один раз ПКМ (правою клавішею миші) по назві зображення у лівому вікні, після чого один раз ЛКМ по розділу «Властивості» у випадяючому діалоговому вікні.

В результаті на зображенні з'являться маркери у вигляді перехрест'я ліній зеленого кольору. За допомогою центрального маркеру, користуючись ЛКМ, можна переміщувати зображення. Бокові і кутові маркери служать для розтягування зображення.

Відредагувати зображення за допомогою маркерів, намагаючись максимально точно наблизити його контури до відповідних контурів на віртуальній карті.

Таким самим чином слід накласти усі наявні карти по цьому об'єкту (четвертинних, дочетвертинних відкладів тощо). Для зручності необхідно вмикати та вимикати відповідні накладені зображення, ставлячи галочки у менеджері об'єктів на панелі зліва (Рис. 10).

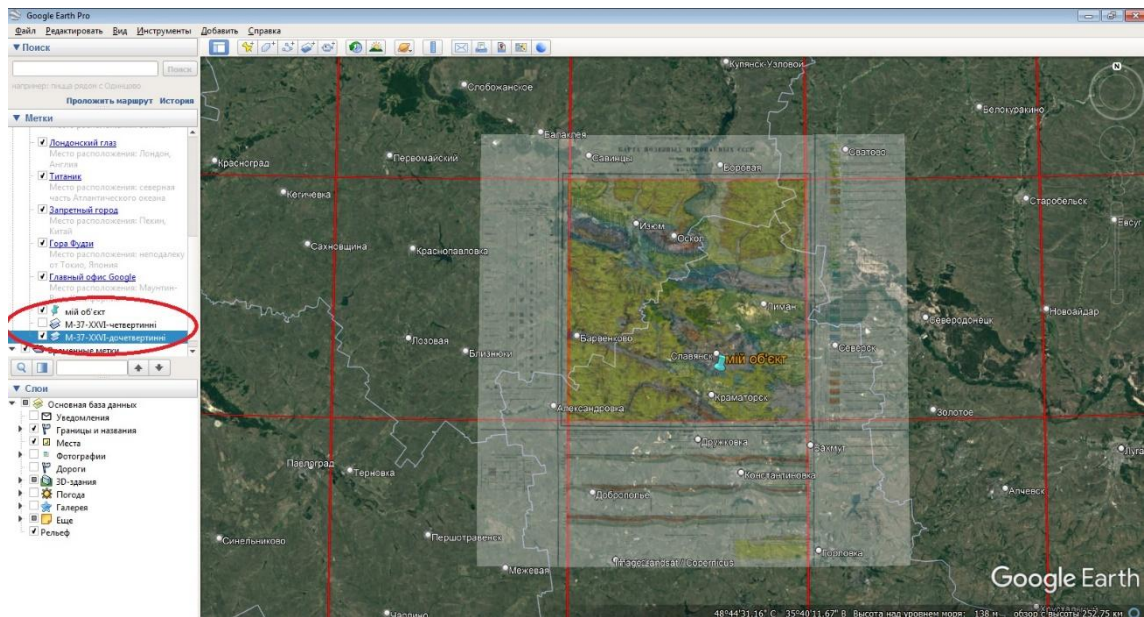


Рис. 10

Відмасштабувати карту коліщатком скролінгу на миші, наблизивши свою мітку, аби можна було чітко визначити, яку геологічну будову має досліджуваний об'єкт.

Завдання

№ варіанту	Географічні координати	
	північна широта	східна довгота
1	49°42'24.63"C	37°34'46.32"B
2	51°54'33.85"C	31°34'36.27"B
3	49°40'10.48"C	25°48'24.01"B
4	49°50'40.91"C	30°47'33.93"B

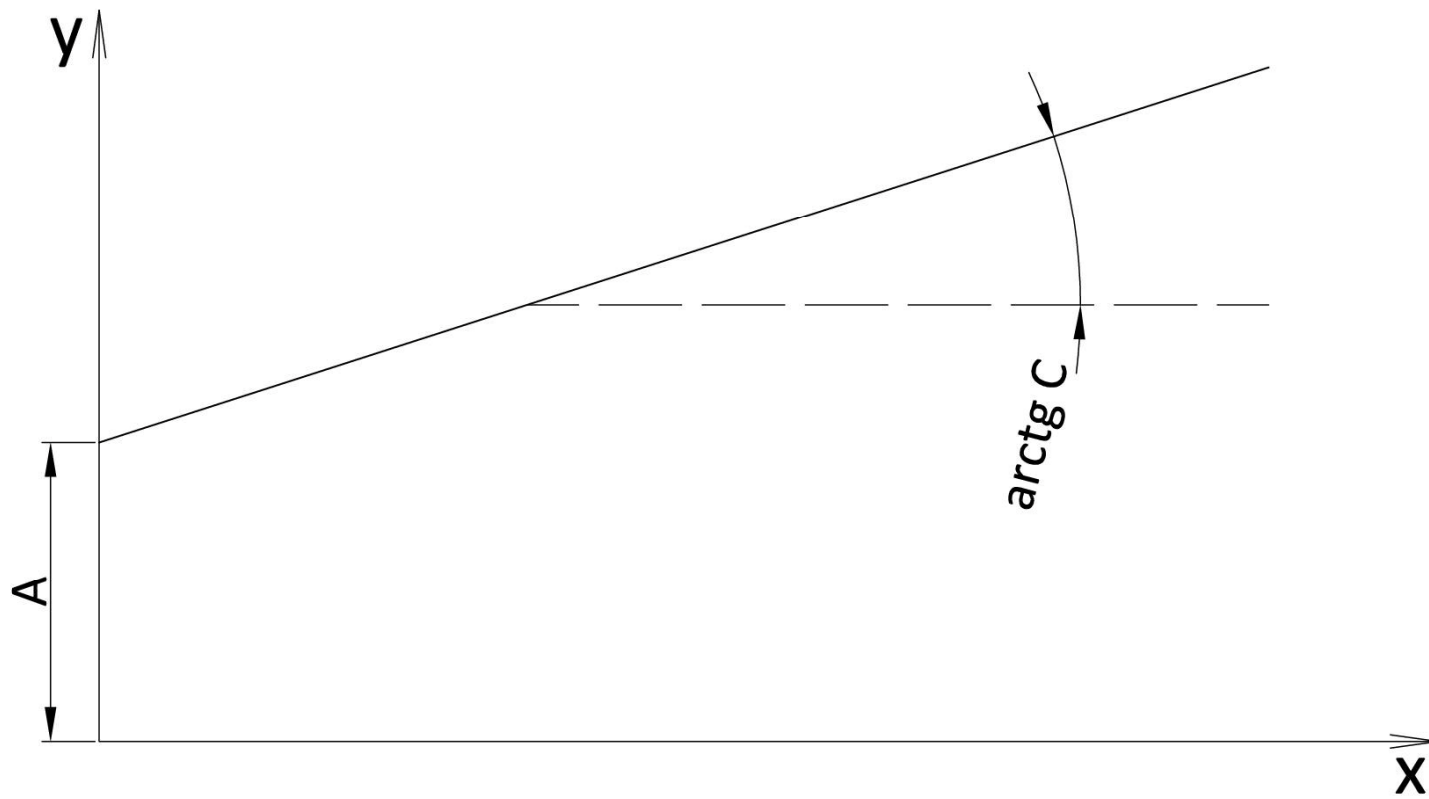
Практична робота 3

Графоаналітичні методи визначення гідрогеологічних параметрів водоносних горизонтів

Методи визначення гідрогеологічних параметрів
прямолінійної анаморфози (*графоаналітичні*)
користуються найбільш широким поширенням у практиці
гідрогеологічних розрахунків.

Засновані на можливості подання вихідних рівнянь
руху води до свердловини у вигляді рівняння прямої лінії

$$y = Cx + A$$



Часове простеження

$$S = \frac{0,183Q}{T} \lg \frac{2,25at}{r^2}$$

$$S = \frac{0,183Q}{T} \lg t + \frac{0,183Q}{T} \lg \frac{2,25a}{r^2}$$

$$S = C_t \lg t + A_t$$

$$C_t = \frac{0,183Q}{T}$$

$$T = \frac{0,183Q}{C_t}$$

$$A_t = \frac{0,183Q}{T} \lg \frac{2,25a}{r^2}$$

$$\lg a = 2 \lg r - 0,35 + \frac{A_t}{C_t}$$

Площинне простеження

$$S = \frac{0,183Q}{T} \lg \frac{2,25at}{r^2}$$

$$S = \underbrace{-\frac{0,366Q}{T}}_{C_r} \underbrace{\lg r}_{x} + \underbrace{\frac{0,183Q}{T} \lg 2,25at}_{A_r}$$

$$S = C_r \lg r + A_r$$

$$C_r = \frac{0,366Q}{T}$$

$$T = \frac{0,366Q}{C_r}$$

$$A_r = \frac{0,183Q}{T} \lg 2,25at$$

$$\lg a = \frac{2A_r}{C_r} - 0,35 - \lg t$$

Комбіноване простеження

$$S = \frac{0,183Q}{T} \lg \frac{2,25at}{r^2}$$

$$S = \frac{0,183Q}{T} \lg \frac{t}{r^2} + \frac{0,183Q}{T} \lg 2,25a$$

$$S = C_k \lg r + A_k$$

$$C_k = \frac{0,183Q}{T}$$

$$T = \frac{0,183Q}{C_k}$$

$$A_k = \frac{0,183Q}{T} \lg 2,25at$$

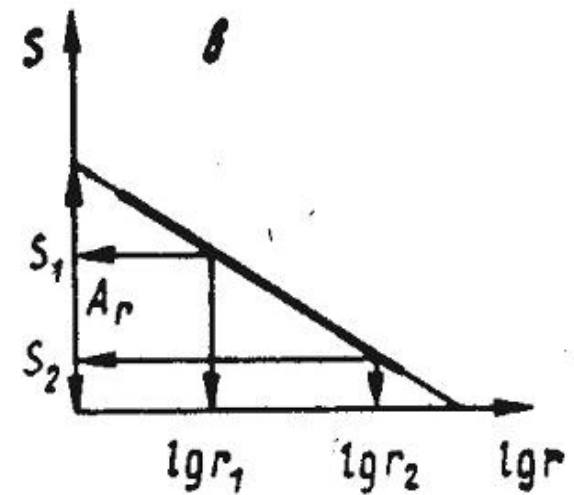
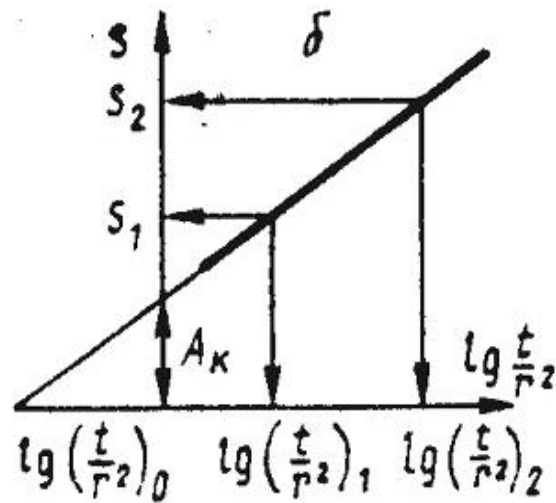
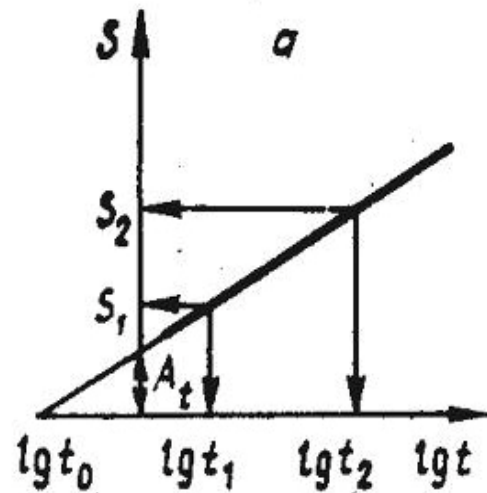
$$\lg a = \frac{A_k}{C_k} - 0,35$$

Графіки залежності:

а) $S = f(lgt)$

б) $S = f(lg t/r^2)$

в) $S = f(lgr)$



Відповідно до трьох наведених форм вихідних рівнянь можна використовувати *три способи* графоаналітичної обробки даних дослідних відкачок, що одержали на практиці найменування способів простеження:

- *часового;*
- *комбінованого;*
- *площинного.*

Обробка і подання дослідних даних у вигляді прямої широко використовується як при одиночних, так і при кущових відкачках. Для кожної фіксованої точки (свердловини) може бути побудований графік $S=f(lgt)$, що дозволяє проводити визначення розрахункових параметрів.

Обробка і подання дослідних даних у вигляді графіків $S=f[lgt/r^2]$ і $S=f(lgr)$ можливі за наявності достатньої кількості спостережних свердловин (не менш трьох-чотирьох).

Значення розрахункових параметрів (коефіцієнтів водопровідності і п'єзопровідності) визначаються за кутовими коефіцієнтами C і початковими ординатами A , що знімаються з відповідних прямолінійних графіків простеження.

Кутові коефіцієнти графіків простеження визначаються за двома точками на прямій відповідно відношенням:

$$C=(S_2-S_1)/(lgt_2-lgt_1) \text{ – для часового}$$

$$C=(S_2-S_1)/[lg(t/r^2)_2-lg(t/r^2)_1] \text{ – для комбінованого}$$

$$C=(S_1-S_2)/(lgr_2-lgr_1) \text{ – для площинного простеження}$$

Для зручності кутові коефіцієнти можна обчислювати як різниця знижень, приймаючи: $lgt_2-lgt_1=1$, $lg(t/r^2)_2-lg(t/r^2)_1=1$, $lgr_2-lgr_1=1$

Розрахункові формули для визначення гідрогеологічних параметрів

Спосіб обробки, графік	Розрахункові формули для визначення параметрів	
	Водопровідності (T)	П`єзопровідності (a)
Часове простеження, $S=f(lgt)$	$T=0,183Q/C_t$	$lga=2lgr - 0,35+A_t/C_t$
Комбіноване простеження, $S=f[lgt/r^2]$	$T=0,183Q/C_k$	$lga=A_k/C_k - 0,35$
Площинне простеження, $S=f(lgr)$	$T=0,366Q/C_r$	$lga=2A_r/C_r - 0,35- lgt$

Наприклад, для виконання розрахунку гідрогеологічних параметрів *методом часового простеження*, дослідні дані по кожній із свердловин необхідно нанести на графік $S = f(lgt)$, відкладаючи по осі абсцис логарифми часу, а по осі ординат – відповідно моментам часу значення зниження рівня.

На основі отриманого прямолінійного графіка можна визначити величини A_t і C_t , а з них, з урахуванням наведених співвідношень, значення водопровідності T і коефіцієнта п'єзопровідності a .

Величина A_t являє собою початкову ординату прямої $S=f(lgt)$, тобто відрізок, що відтинається прямою на осі ординат.

Величина C_t чисельно дорівнює кутовому коефіцієнту прямої і може бути визначена за будь-якими двома точками, що лежить на прямій $S=f(lgt)$, координати яких знімаються безпосередньо із графіка.

При побудові графіку $S=f(lgt)$ зниження рівня і час вибираються в найбільш зручних розмірностях (зниження в метрах або сантиметрах, час – у добах, годинах, хвилинах).

Необхідно тільки пам'ятати, що розмірність коефіцієнта п'єзопровідності (рівнепровідності) залежить від розмірностей зниження рівня і часу, обраних при побудові графіка. Так, при вимірюванні зниження рівня в метрах, а часу – в добах, п'єзопровідність буде мати розмірність $\text{м}^2/\text{доб}$ (якщо S вимірюється у м, а t у год, то a буде мати розмірність $\text{м}^2/\text{год}$).

Розмірність водопровідності залежить тільки від розмірності дебіту.

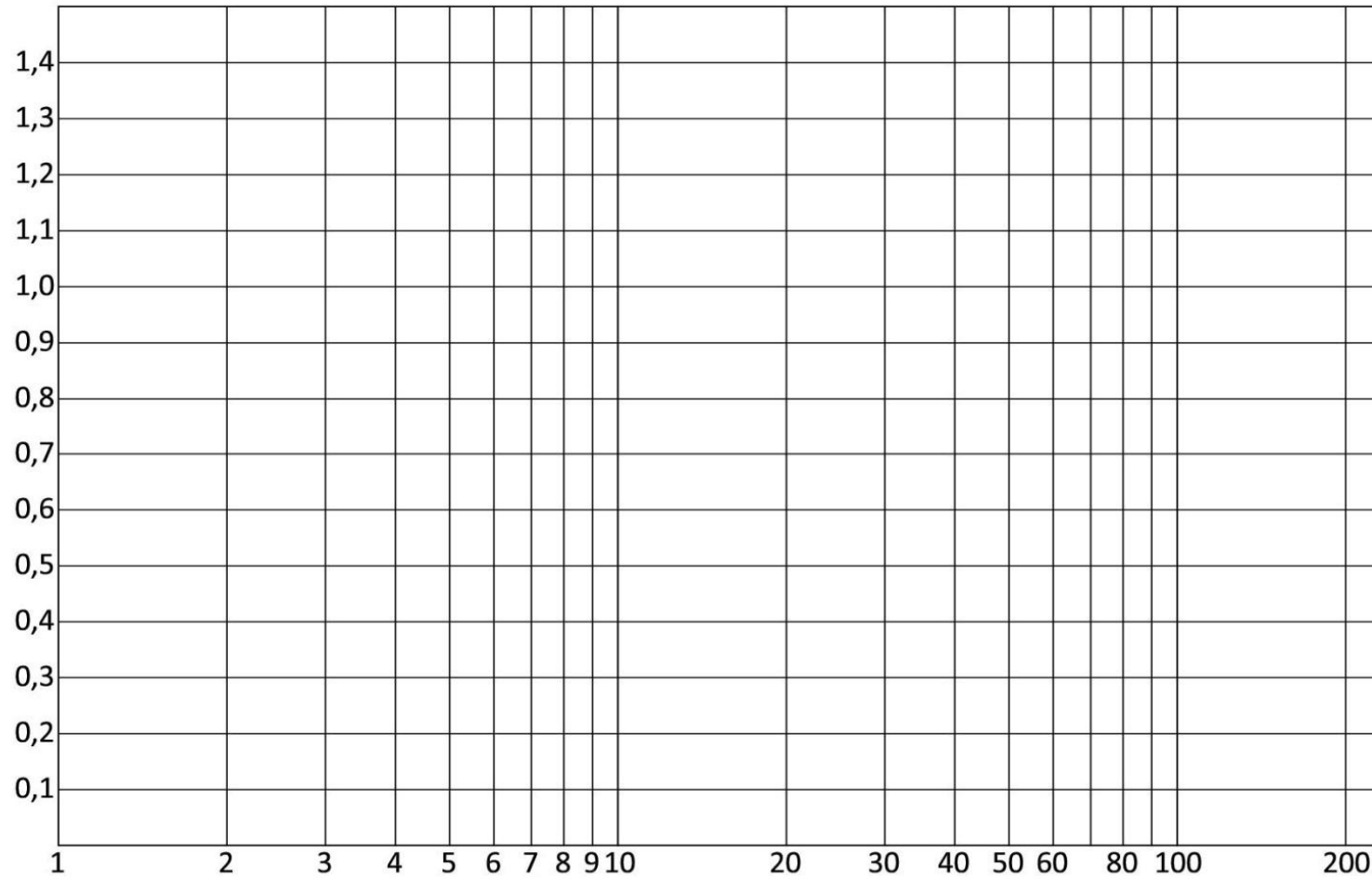
При вимірюванні Q у $\text{м}^3/\text{доб}$ розмірність водопровідності буде $\text{м}^2/\text{доб}$, а коефіцієнта фільтрації – $\text{м}/\text{доб}$; при вимірі Q у $\text{м}^3/\text{год}$ розмірність T буде $\text{м}^2/\text{год}$.

При визначенні параметрів по центральній свердловині в розрахункові формули підставляється $r=r_c$, а якщо по спостережній – r це відстань від неї до центральної.

Як показує досвід, визначення коефіцієнта п'єзопровідності (рівнепровідності) по центральній свердловині звичайно дає незадовільні результати через неврахування опорів, що виникають у привибійній зоні. Тому для вірогідного визначення α рекомендується використовувати дослідні дані по спостережних свердловинах.

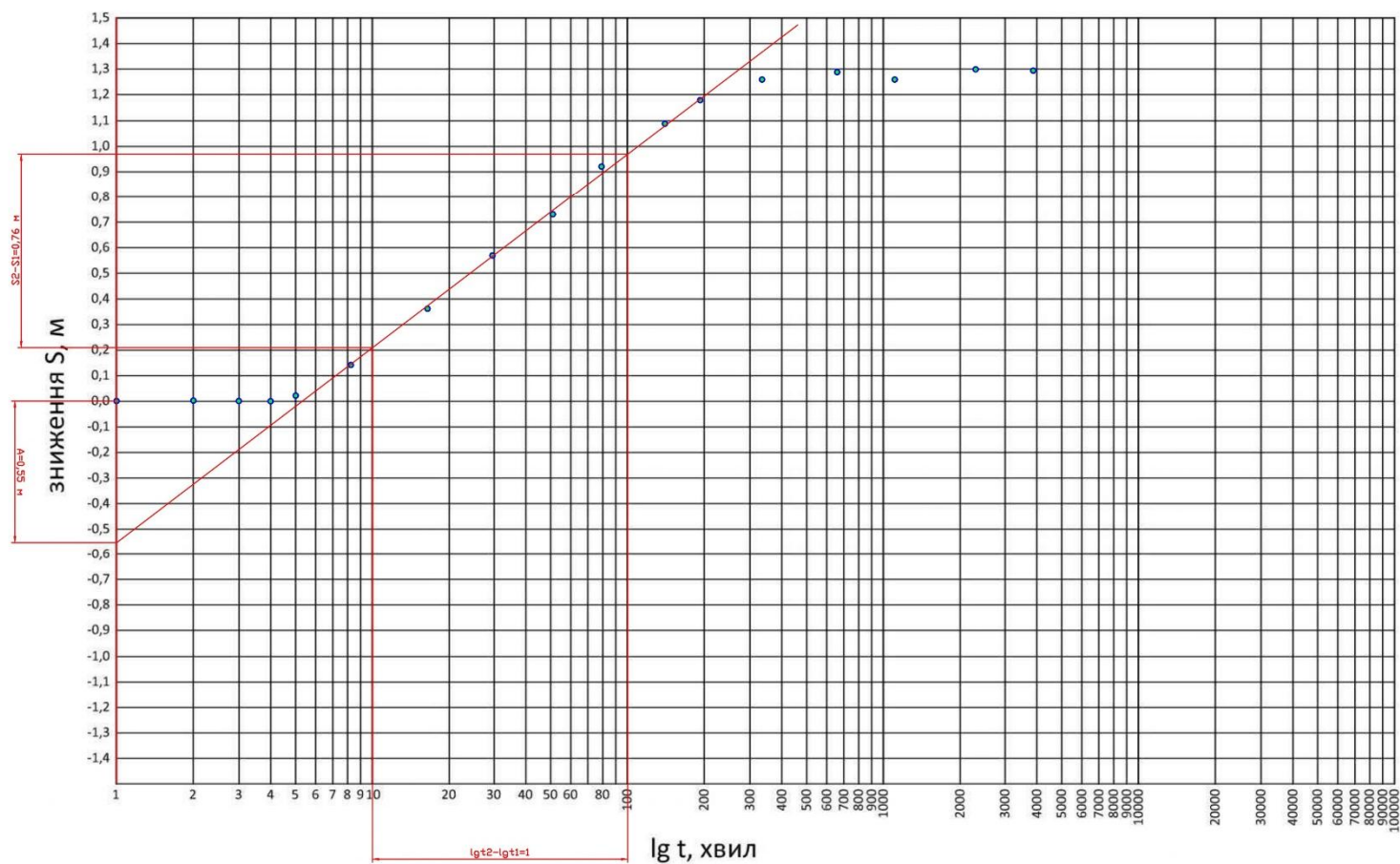
При нанесенні результатів відкачок на графік $S=f(lgt)$ не всі точки спостережень укладаються на пряму лінію. У силу впливу різноманітних факторів (технічні умови проведення дослідів, будова водоносного горизонту, режим підземних вод, вплив непроникних границь і джерел живлення та ін.) графіки простеження можуть характеризуватися розкидом точок і відхиленнями дослідних залежностей від прямолінійних.

Шкала для побудови графіків у напівлогарифмічному масштабі



Приклад побудовання графіка часового простеження $S=f(\lg t)$ у напівлогарифмічному масштабі

Графік часового простеження $S=f(\lg t)$
зниження рівня підземних вод у свердловині № 1с



Приклад завдання

Таблиця вимірів зниження рівня підземних вод у свердловині № 1с в ході відкачки

№ з/п	Дата	Час виміру, год., хвил.	Час від початку відкачки t, хвил.	Динаміч. рівень, м	Зниження S, м
1	01.07.2022	09.00.	0	12.34	
2		09.01.	1	12.52	
3		09.02.	2	12.58	
4		09.03.	3	12.58	
5		09.04.	4	12.56	
6		09.05.	5	12.59	
7		09.06.	6	12.59	
8		09.07.	7	12.60	
9		09.08.	8	12.60	
10		09.09.	9	12.61	
11		09.10.	10	12.65	
12		09.12.	12	12.70	
13		09.14.	14	12.75	
14		09.16.	16	12.74	
15		09.18.	18	12.76	
16		09.20.	20	12.77	
17		09.25.	25	12.79	
18		09.30.	30	12.87	
19		09.35.	35	12.87	
20		09.40.	40	12.92	
21		09.45.	45	12.94	
22		09.50.	50	12.95	
23		10.00.	60	12.99	
24		10.10.	70	13.03	
25		10.20.	80	13.04	
26		10.30.	90	13.05	
27		10.40.	100	13.10	
28		10.50.	110	13.12	
29		11.00.	120	13.12	
30		11.15.	135	13.15	
31		11.30.	150	13.15	
32		11.45.	165	13.16	
33		12.00.	180	13.20	
34		12.15.	195	13.22	
35		12.30.	210	13.23	
36		12.45.	225	13.25	
37		13.00.	240	13.25	
38		13.30.	270	13.26	
39		14.00.	300	13.30	
40		14.30.	330	13.31	
41		15.00.	360	13.33	
42		15.30.	390	13.37	
43		16.00.	420	13.37	
44		16.30.	450	13.38	
45		17.00.	480	13.38	
46		17.30.	510	13.40	
47		18.00.	540	13.42	
48		18.30.	570	13.43	
49		19.00.	600	13.43	
50		19.30.	630	13.45	
51		20.00.	660	13.45	
52		20.30.	690	13.45	
53		21.00.	720	13.48	
54		21.30.	750	13.48	
55		22.00.	780	13.48	
56		22.30.	810	13.49	

Таблиця вимірів зниження рівня підземних вод у свердловині № 1с в ході відкачки

№ з/п	Дата	Час виміру, год., хвил.	Час від початку відкачки t, хвил.	Динаміч. рівень, м	Зниження S, м
57	02.07.2022	23.00.	840	13.50	
58		23.30.	870	13.50	
59		00.00.	900	13.52	
60		01.00.	960	13.53	
61		02.00.	1020	13.53	
62		03.00.	1080	13.55	
63		04.00.	1140	13.55	
64		05.00.	1200	13.58	
65		06.00.	1260	13.57	
66		07.00.	1320	13.57	
67		08.00.	1380	13.59	
68		09.00.	1440	13.61	
69		10.00.	1500	13.60	
70		11.00.	1560	13.60	
71		12.00.	1620	13.61	
72		13.00.	1680	13.61	
73		14.00.	1740	13.63	
74		16.00.	1860	13.66	
75		18.00.	1980	13.66	
76		20.00.	2100	13.65	
77		22.00.	2220	13.68	
78	03.07.2022	00.00.	2340	13.70	
79		02.00.	2460	13.70	
80		04.00.	2580	13.71	
81		06.00.	2700	13.70	
82		08.00.	2820	13.72	
83		10.00.	2940	13.75	
84		12.00.	3060	13.75	
85		14.00.	3180	13.75	
86		16.00.	3300	13.74	
87		18.00.	3420	13.76	
88	04.07.2022	21.00.	3600	13.76	
89		00.00.	3780	13.77	
90		03.00.	3960	13.78	
91		06.00.	4140	13.79	
92		09.00.	4320	13.78	

Приклади тестових питань підсумкового контролю

з дисципліни «Методика гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень»

1. Які свердловини за цільовим призначенням **НЕ** належать до категорії гідрогеологічних свердловин?

- A. пошукові
- B. розвідувальні
- C. геотехнічні
- D. розвідувально-експлуатаційні
- E. спостережні
- F. експлуатаційні

2. Яким способом буріння надають перевагу під час спорудження гідрогеологічних свердловин?

- A. обертальний з прямою і зворотною промивкою, з продувкою
- B. колонковий
- C. ударно-канатний
- D. реактивно-турбінний
- E. комбінований

3. Який вид гідрогеологічних досліджень **НЕ** належить до польових дослідно-фільтраційних робіт?

- A. відкачки зі свердловин
- B. наливи і нагнітання у свердловини і шурфи
- C. стаціонарні режимні спостереження
- D. експрес-наливи й експрес-відкачки
- E. випереджаюче випробування водоносних горизонтів
- F. витратометрія
- G. резистивіметрія

4. Визначення поняття «баланс підземних вод» (дайте розширену відповідь).

5. Тривалість відкачок збільшується у послідовності:

А. кущові – дослідно-експлуатаційні – одиночні – пробні

В. пробні – одиночні – кущові – дослідно-експлуатаційні

С. пробні – кущові – одиночні – дослідно-експлуатаційні

6. Чим характеризується режим підземних вод? (дайте розширену відповідь).

7. Які методи відносять до спеціальних видів дослідно-фільтраційних робіт?

А. витратометрія

В. наливи і нагнітання у шурфи

С. відкачки зі свердловин

Д. експрес-наливи й експрес-відкачки

Е. резистивіметрія

8. Який вид досліджень **НЕ** належить до способів визначення дійсної швидкості руху підземних вод у польових умовах?

А. хімічний

В. електролітичний

С. акустичний

Д. колориметричний

Е. радіоіндикаторний

9. Визначення поняття «водозабір (водозабірна споруда)» (дайте розширену відповідь).

10. Які методи **НЕ** використовуються для оцінки експлуатаційних запасів підземних вод?

А. гідродинамічні

В. гідротехнічні

С. гідравлічні

Д. балансові

Е. гідрогеологічних аналогів