



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
ДЛЯ БУДІВНИЦТВА

Навчальний посібник

Харків – 2022

УДК 624.131.3
I 662

*Рекомендовано вченою радою Українського державного університету
залізничного транспорту як навчальний посібник
(витяг з протоколу № 11 від 2 грудня 2021 р.)*

Рецензенти:

професори С. М. Толмачов (ХНАДУ),
А. В. Кондратьєв (ХНУМГ імені О. М. Бекетова)

Авторський колектив:

О. С. Борзяк, В. А. Лютий,
О. В. Романенко, І. В. Подтележнікова

I 662 Інженерно-геологічні дослідження для будівництва: Навч.
посібник / О. С. Борзяк, В. А. Лютий, О. В. Романенко
та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2022. – 100 с. рис. 22, табл. 5.

ISBN

Наведено опис основного комплексу робіт, що виконуються при інженерно-геологічних дослідженнях, а також робіт у специфічних умовах – підземного будівництва та будівництва в несприятливих геологічних умовах.

Навчальний посібник містить спеціальний і додатковий матеріал з дисциплін «Інженерна геологія» та «Інженерна геологія, геоморфологія і гідрологія» і може використовуватися для самостійної підготовки здобувачів вищої освіти при проходженні навчальної практики.

Навчальний посібник призначений для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм навчання для освітніх програм першого рівня вищої освіти, які навчаються за освітніми програмами спеціальностей 192 «Будівництво та цивільна інженерія», 273 «Залізничний транспорт», 193 «Геодезія та землеустрій» і 133 «Галузеве машинобудування», а також інших спеціальностей відповідних напрямів.

УДК 624.131.3

ISBN

© Український державний університет
залізничного транспорту, 2022.

© Борзяк О. С., Лютий В. А., Романенко О. В.,
Подтележнікова І. В., 2022.

ЗМІСТ

Вступ	5
1. Планування і підготовка інженерно-геологічних досліджень	7
1.1. Склад інженерно-геологічних досліджень	7
1.2. Оцінювання вивченості території	8
1.3. Рекогносцирувальне обстеження	11
2. Бурові та гірничопрохідницькі роботи	14
2.1. Гірські виробки	14
2.2. Бурові роботи	16
3. Геофізичні дослідження	22
4. Геотехнічні дослідження	26
4.1. Польові методи досліджень	27
4.2. Лабораторні методи досліджень	34
4.3. Інженерні методи розрахунку стійкості укосів і схилів	36
5. Дослідження інженерно-геологічних процесів	39
5.1. Карст	39
5.2. Суфозія	41
5.3. Схилкові процеси	42
5.4. Селеві процеси	44
5.5. Ерозійні процеси	45
5.6. Сейсмічні процеси	46
6. Гідрогеологічні дослідження	48
6.1. Види води в ґрунті	48
6.2. Види і обсяги гідрогеологічних досліджень	50
6.3. Визначення ступеня агресивного впливу підземних вод на бетонні й залізобетонні конструкції	52
7. Особливі види інженерно-геологічних досліджень	61
7.1. Стаціонарні спостереження	61
7.2. Спеціалізовані вишукування	62
7.3. Космічна зйомка	63
7.4. Аерометоди	66
8. Інженерно-геологічні дослідження в специфічних умовах	69
8.1. Інженерно-геологічні вишукування для підземного будівництва	69
8.2. Інженерно-геологічні вишукування в несприятливих умовах	75
9. Камеральна обробка матеріалів	78

10. Охорона природного середовища під час проведення геологічних досліджень, проєктування, будівництва та експлуатації будівель і споруд	81
10.1. Охорона природного середовища та завдання інженерно-геологічних вишукувань	82
10.2. Охорона природного середовища при проєктуванні промислового, цивільного та шляхового будівництва	85
10.3. Вплив будівельно-монтажних робіт на природне середовище	87
10.4. Вплив експлуатації будівель і споруд на природне середовище	91
10.5. Вплив будівництва залізниць на природне середовище	93
10.6. Вплив експлуатації залізниць на природне середовище	94
10.7. Екологічна небезпека транспортних аварій	96
Бібліографічний список	99
Предметний покажчик	100

ВСТУП

Проектування залізничних ліній, станцій і вузлів, ліній електрифікації, реконструкція та переоснащення існуючих залізничних ліній і споруд вимагає комплексного вивчення природних умов на місці будівництва.

Інженерні вишукування для будівництва є видом науково-технічної діяльності (згідно з Законом України «Про наукову та науково-технічну діяльність» від 13.12.1991 р. № 1977-XII) з дослідження природних і техногенних умов на території об'єктів будівництва, що передбачає отримання вихідних даних для складання прогнозів і прийняття оптимальних рішень з керування взаємодії об'єктів будівництва з навколишнім середовищем.

Інженерні вишукування проводяться згідно з ДБН А.2.1-1-2008. До складу інженерних вишукувань входять інженерно-геодезичні, інженерно-гідрометеорологічні, вишукування для раціонального використання навколишнього середовища та інженерно-геологічні дослідження. Вимоги до всіх видів вишукувань регламентуються державними будівельними нормами.

Інженерно-геодезичні дослідження надають інформацію про техногенні та природні умови території будівництва, необхідні для планування та інженерного захисту територій, забезпечують одержання топографічної основи ділянки, на якій проводяться інженерно-геологічні дослідження.

Інженерно-гідрометеорологічні дослідження надають відомості про кліматологію, річкову або морську гідрологію.

Вишукування для раціонального використання навколишнього середовища – надають відомості, необхідні для ведення господарської діяльності без створення небезпеки порушення стійкості природного, соціального і техногенного середовищ, що складають геосистему.

У навчальному посібнику основна увага сконцентрована на інженерно-геологічних дослідженнях, що забезпечують комплексне вивчення інженерно-геологічних умов району (ділянки, майданчика, траси) будівництва. Інженерно-геологічні умови – геологічні процеси і явища (природні чи техногенні), що здійснюють вплив на споруду. Від наявності чи зміни інженерно-геологічних умов залежать місце розташування споруди, її

конструкція, способи виконання робіт, вибір заходів боротьби з несприятливими явищами, а також обґрунтування проектування з урахуванням раціонального використання та охорони геологічного середовища.

Навчальний посібник призначений для надання допомоги з поглиблення знань і засвоєння курсів «Інженерна геологія» та «Інженерна геологія, геоморфологія і гідрологія» здобувачам вищої освіти першого рівня вищої освіти ОКР «бакалавр», які навчаються за освітніми програмами спеціальностей 192 «Будівництво та цивільна інженерія», 273 «Залізничний транспорт», 193 «Геодезія та землеустрій» і 133 «Галузеве машинобудування», а також інших спеціальностей відповідних напрямів.

Навчальний посібник включає опис всього комплексу робіт, що виконуються при інженерно-геологічних дослідженнях: оцінювання вивченості території, рекогносцирувальне обстеження, бурові та гірничопрохідницькі роботи, геофізичні та геотехнічні дослідження, дослідження інженерно-геологічних процесів, гідрогеологічні дослідження, стаціонарні спостереження, спеціалізовані вишукування, камеральна обробка матеріалів. Також до посібника включено розділ, присвячений вишукуванням у специфічних умовах будівництва – підземного та в складних геологічних умовах.

1. ПЛАНУВАННЯ І ПІДГОТОВКА ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Склад інженерно-геологічних досліджень

Інженерно-геологічні дослідження включають комплекс робіт, направлених на вивчення геологічної будови, стану та властивостей ґрунтів, гідрогеологічних умов, інженерно-геологічних процесів і явищ, а також розроблення пошукового і нормативного прогнозів [1].

До складу інженерно-геологічних вишукувань для будівництва входять:

- оцінювання вивченості території;
- рекогносцирувальне обстеження;
- бурові та гірничопрохідницькі роботи;
- геофізичні дослідження;
- геотехнічні дослідження;
- вивчення інженерно-геологічних процесів і явищ;
- гідрогеологічні дослідження;
- стаціонарні спостереження;
- розвідка місцевих ґрунтових матеріалів для зведення споруд;
- камеральна обробка матеріалів.

Необхідність виконання окремих видів робіт і їхній обсяг встановлюються вишукувальною організацією в програмі досліджень залежно від стадійності проектування, категорії складності інженерно-геологічних умов, ступеня вивченості території, категорії складності, характеру та класу відповідальності об'єктів, що проектуються.

Програма інженерно-геологічних досліджень полягає у вишукувальній організації на підставі технічного завдання замовника й має включати найменування і місцезнаходження об'єкта, характеристику будівель і споруд, що проектуються, мету і завдання досліджень та інші дані, необхідні для їх проведення. Додатково можуть виконуватися види робіт, якщо це передбачається замовленням і технічним завданням.

Існує можливість використання при проектуванні матеріалів інженерно-геологічних вишукувань минулих років без виконання

контрольних досліджень і коректури (за відсутності змін), у цьому випадку строк використання може бути до п'яти років.

1.2. Оцінювання вивченості території

Оцінювання вивченості території виконується в підготовчий період і включає такі дослідження:

- пошук і вивчення фондових і архівних матеріалів – збирання і аналіз матеріалів досліджень попередніх років, що містять дані про інженерно-геологічні умови, орографію та гідрографію, структурно-тектонічні особливості території, властивості ґрунтів, гідрогеологічні умови;

- аеровізуальні спостереження, дешифрування космо- й аерофотоматеріалів;

- виявлення просторового положення та взаємовідношення всіх елементів геологічної будови ділянки;

- створення інженерно-геологічної моделі взаємодії проєктованої споруди з геологічним середовищем;

- формулювання завдань інженерно-геологічної розвідки, вибір методів її проведення, оцінювання складності інженерно-геологічних умов, ступеня їх вивченості;

- складення програми подальших вишукувальних робіт і виконання організаційно-технічних заходів для виконання польових робіт.

Звіт про інженерно-геологічні вишукування обов'язково містить посилання на використані матеріали та дані про досвід будівництва на досліджуваній території.

Порядок отримання та використання відомчої інформації регулюється відповідними нормативно-правовими актами та нормативними документами.

Попереднє оцінювання складності інженерно-геологічних умов і вивченості території наводять у програмі виконання робіт.

Фізико-геологічні процеси і явища (зсуви, карст, мерзлотні явища та ін.), що негативно впливають на умови будівництва та експлуатації будівель і споруд, значно впливають і на розташування споруд, вибір їхньої конструкції, способи виконання будівельних робіт. Встановлення наявності і характеру таких процесів і явищ проводиться на перших стадіях інженерно-

геологічних досліджень, коли вибирається та оцінюється територія забудови.

За ДБН А.2.1-1-2008 [2], залежно від геоморфологічних, геологічних і гідрогеологічних факторів розрізняють три категорії складності інженерно-геологічних умов ділянок будівництва інженерних споруд:

I (проста) категорія – ділянка розташована в межах одного геоморфологічного елемента; поверхня ділянки горизонтальна, не розчленована; в межах ділянки спостерігається не більше двох різних за літологією шарів, що залягають горизонтально або слабо похило (рис. 1.1, *a*); потужність шарів витримана за простяганням; ступінь неоднорідності шарів за показниками властивостей ґрунтів незначний; скельні ґрунти залягають із поверхні або перекриті малопотужним шаром нескількох ґрунтів; підземні води відсутні або є один витриманий горизонт з однорідним хімічним складом; відсутні геологічні процеси, що негативно впливають на умови будівництва та експлуатації будівель і споруд; сейсмічність < 6 балів.

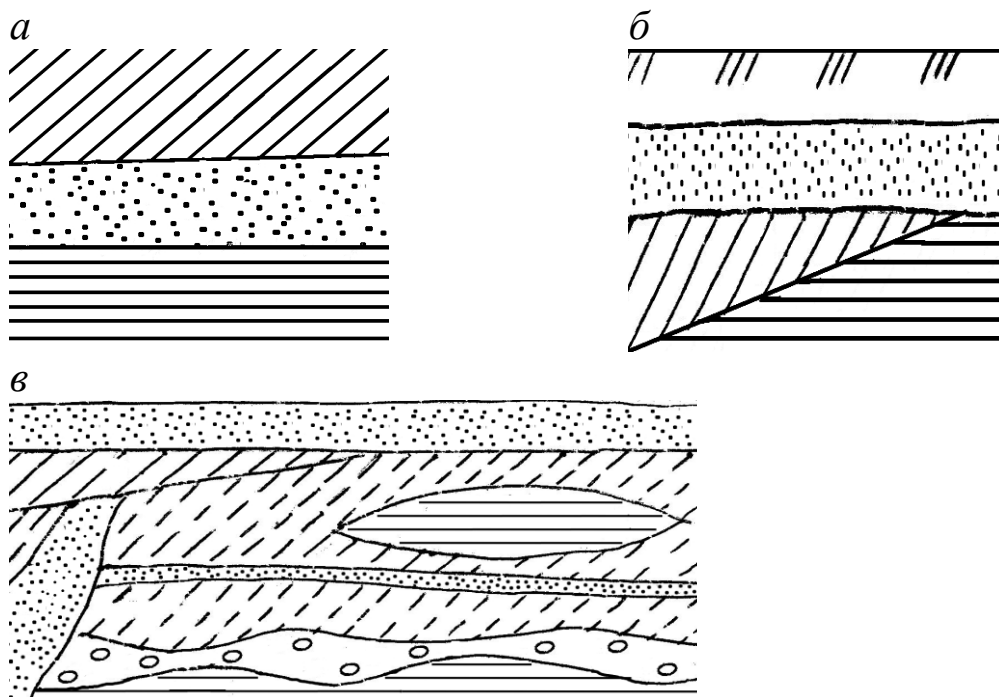


Рис. 1.1. Ґрунтові нашарування: *a* – узгоджене залягання; *б* – похиле виклинювання пластів; *в* – неузгоджене та лінзоподібне залягання пластів

II (середня) категорія – ділянка включає декілька геоморфологічних елементів одного генезису; поверхня похила, слабо розчленована; у межах ділянки розташовується не більше чотирьох різних за літологією шарів, що залягають похило або з виклинцюванням (рис. 1.1, б), потужність шарів змінюється закономірно; скельні ґрунти мають нерівну покрівлю і перекриті нескельними ґрунтами; підземні води мають два або більше витриманих горизонти з неоднорідним хімічним складом або горизонти є напірними; геологічні процеси, що негативно впливають на умови будівництва та експлуатації будівель і споруд, мають обмежене поширення; районна сейсмічність < 6 балів, ділянки ≤ 6 балів.

III (складна) категорія – характеризуються складними інженерно-геологічними умовами: наявністю декількох геоморфологічних елементів різного генезису, поверхня сильно розчленована; у межах ґрунтової товщі розташовується більше чотирьох різних за літологією шарів; потужність різко змінюється; лінзоподібне залягання шарів (рис. 1.1, в); значний ступінь неоднорідності за показниками властивостей ґрунтів, що незакономірно і (або) закономірно змінюються в плані чи за глибиною; скельні ґрунти мають сильно розчленовану покрівлю і перекриті нескельними ґрунтами; горизонти підземних вод невитримані за простяганням і потужністю, мають неоднорідний хімічний склад, місцями можливо складне чергування водоносних і водотривких порід, напори підземних вод змінюються за простяганням; геологічні процеси, що негативно впливають на умови будівництва та експлуатації будівель і споруд, мають велике поширення і вирішально впливають на проектування та будівництво; районна сейсмічність ≥ 6 балів, ділянки > 6 балів; у сфері взаємодії будівель і споруд із геологічним середовищем присутні специфічні ґрунти, що вирішально впливають на вибір проектних рішень; ускладнюють будівництво й експлуатацію.

Категорії інженерно-геологічних умов визначають за сукупністю встановлених або прогнозованих факторів, або одним фактором, якщо він належить до більш високої категорії складності і є визначальним при прийнятті основних проектних рішень [9]. Для з'ясування впливу на проєктовані будівлі та споруди саме цього фактора збільшується обсяг робіт.

1.3. Рекогносцирувальне обстеження

Рекогносцирувальне обстеження – комплекс інженерно-геологічних робіт, спрямований на попереднє загальне оцінювання інженерно-геологічних умов території майбутнього будівництва [9, 11]. На цьому етапі здійснюється попереднє вивчення інженерно-геологічних умов для планування та обґрунтування обсягів подальших досліджень.

Залежно від складності комплексу природних умов рекогносцирувальне обстеження може бути самостійним або допоміжним видом робіт.

Рекогносцирувальне обстеження проводиться з метою:

- уточнення і доповнення попередньо зібраних матеріалів за районом будівництва;

- аналізу інженерно-геологічних умов і фізико-геологічних процесів і явищ для визначення оптимального розташування майданчика будівництва і трас комунікацій;

- оцінювання впливу будівництва та експлуатації об'єктів, що проєктуються на геологічне середовище;

- збирання даних про наявність факторів, що впливають на проведення інженерно-геологічних досліджень, для складання програми робіт;

- установлення орієнтовних контурів прояву та зони інтенсивного розвитку несприятливих фізико-геологічних процесів і явищ, виявлення умов і причин їх виникнення й розвитку, а також наявності деформованих будівель і захисних споруд;

- планування ділянки проведення стаціонарних спостережень і досліджень.

Рекогносцирувальне обстеження території включає огляд ділянки планованої забудови та прилеглої території, а також результати опитування населення. Обстеження проводять за попередньо наміченими маршрутами, а результати наносять на топографічну основу.

Під час маршрутних спостережень проводять огляд, опис і картування відслонень та індикаторів інженерно-геологічних процесів, у відслоненнях проводиться замірювання елементів залягання гірських порід, уточнення меж геоморфологічних

елементів і екзогенних форм рельєфу, оцінювання ефективності інженерної підготовки території, уточнення доступності та умов проведення польових робіт.

За необхідності під час рекогносцирувального обстеження проводяться проходка окремих гірських виробок, зондування, геофізичні роботи, опробування ґрунтів і підземних вод. Опробування в процесі рекогносцировки виконується з метою встановлення літологічних видів ґрунтів і попереднього оцінювання можливості використання їх як основи будівель і споруд. Для цього необхідно провести вибіркове визначення класифікаційних показників властивостей ґрунтів, типізацію їх за літологічними видами й оцінювання міцнісних і деформаційних властивостей.

При рекогносцирувальному обстеженні одними з основних є геоморфологічні дослідження. Результатом цих досліджень є:

- встановлення наявності і характеру геологічних процесів (зсувів, карсту і т. п.), що негативно впливають на умови будівництва і експлуатації будівель і споруд;

- встановлення розташування у просторі, форми і розмірів морфологічних елементів, складу і ступеня однорідності гірських порід, які визначають розташування, конструкції, умови будівництва та експлуатації споруд;

- визначення об'єму і характеру бурових і гірничопрохідницьких робіт.

Саме геоморфологічний метод на перших стадіях інженерно-геологічних вишукувань дозволяє встановити наявність, характер і розміри фізико-геологічних процесів і явищ, що негативно впливають на умови будівництва та експлуатації будівель і споруд. При проведенні подальших досліджень кожний геоморфологічний елемент детально вивчається та характеризується гірськими виробками, детально описуються місця стикання окремих геоморфологічних елементів.

При рекогносцирувальному обстеженні вдається ідентифікувати зсувні процеси – за характерними зсувними цирками, тріщинами відриву, буграми випирання і т. п.; карсти – за наявністю лійок, блюдцеподібних знижень і т. п.; явища, пов'язані з багаторічною мерзлотою, та ін. Для інженерно-геологічних потреб одним із важливих об'єктів

геоморфологічного вивчення є річкові долини. На основі геоморфологічних досліджень встановлюється історія розвитку річкових долин, форма і розміри їхніх елементів. Зокрема встановлюється походження, кількість, висота і поширення терас річкових долин, а також склад і потужність порід, з яких вони складаються. Походження терас впливає на їхній літологічний склад і геологічну будову.

За результатами інженерно-геологічної рекогносцировки складають звіт, що включає схематичну інженерно-геологічну карту з розрізами, зведену інженерно-геологічну колонку й текстову частину. Зміст карти і тексту визначається завданнями, вирішуваними при рекогносцировці. До звіту обов'язково прикладається карта фактичного матеріалу, на якій показуються всі точки спостережень, об'єкти, до яких вони були приурочені, напрями маршрутних досліджень (у тому числі й аеровізуальних, якщо вони проводились), а також гірські виробки, точки проведення геофізичних робіт тощо. Текст звіту, крім необхідних загальних відомостей про географічне положення району робіт і його короткої фізико-географічної характеристики, має включати лише ті інженерно-геологічні відомості і висновки, які мають бути враховані при прийнятті проєктних рішень.

Контрольні питання

1. Які роботи входять до складу інженерно-геологічних досліджень?
2. Охарактеризуйте категорії складності інженерно-геологічних умов ділянок будівництва.

2. БУРОВІ ТА ГІРНИЧОПРОХІДНИЦЬКІ РОБОТИ

На початкових етапах інженерно-геологічних вишукувань геологічна будова і гідрогеологічні умови території будівництва встановлюються за результатами досліджень природних відслонень [10, 11]. Однак для отримання більш детальної інформації про склад ґрунтів і умови їх залягання, наявність водоносних горизонтів та особливості їхнього режиму, наявність і межі прояву інженерно-геологічних процесів дослідження природних відслонень недостатньо, для цього виконують бурові та гірничопрохідницькі роботи, під час яких влаштовують гірські виробки.

2.1. Гірські виробки

Супутні залізницям об'єкти – будівлі та споруди – проєктуються як для промислово-цивільного будівництва, вишукування для їх проєктування здійснюються за ДБН А.2.1-1-2008 [2]. Виходячи з необхідної повноти та достовірності даних про інженерно-геологічні умови ділянки будівництва, складності інженерно-геологічних умов і конструктивні особливості конструкцій, що проєктуються, призначають кількість, глибину та просторове розміщення гірничих виробок.

Гірські виробки проходять з метою відбору зразків ґрунтів і проб води для проведення лабораторних випробувань, встановлення умов залягання ґрунтів і водоносних горизонтів, встановлення рівневого та напірного режиму підземних вод, проведення польових дослідних робіт, виконання спостережень за інженерно-геологічними процесами в межах ділянки будівництва.

До гірських виробок відносять штучні порожнини в земній корі, що виконані в товщі порід (підземні гірські виробки) або на денній поверхні (відкриті гірські виробки).

Влаштування гірських виробок дозволяє безпосередньо спостерігати нашарування порід, відбирати зразки ґрунтів непорушеної структури і природної вологості, виконувати польові дослідні роботи.

Для розкриття корінних порід, вкритих наносами невеликої потужності, виконують проходку відкритих гірських виробок.

Закопушки (копуші) – невеликі виробки круглого перерізу діаметром близько 0,5 м та глибиною 0,5-0,8 м. Їх проходять під час інженерно-геологічної зйомки для розкриття корінних порід, що знаходяться під рослинним шаром або шаром поверхневих відкладів (рис. 2.1, а).

Розчистки – виробки у вигляді виїмки, розміри якої в плані значно більші, ніж глибина. Найчастіше улаштовується на схилах для видалення делювіальних відкладів та осипів.

Канави – виробки трапецієподібного або прямокутного перерізу глибиною до 3 м і довжиною до 20-30 м (рис. 2.1, б). Ступінчасті канави великого розміру (глибина до 8 м, довжина до декількох кілометрів) – це траншеї. Канави улаштовуються в рихлих породах до корінних порід, використовуються для дослідження крутопадаючих шарів ґрунту.

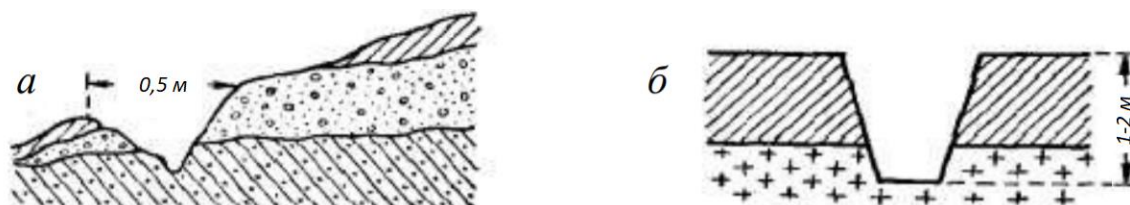


Рис. 2.1. Відкриті гірські виробки: а – закопушка; б – канава

Для дослідження шарів ґрунтів, що глибоко залягають, улаштовують підземні гірські виробки. За своїм просторовим положенням ці виробки бувають вертикальними, горизонтальними та похилими. Найбільш розповсюджені підземні гірські виробки, що виконуються під час інженерно-геологічних вишукувань.

Шахтні стовбури – вертикальні капітальні виробки перерізу 2×2 або 2×3 м та глибиною до 100 м. Виконуються в складних інженерно-геологічних умовах або при будівництві особливо відповідальних споруд. Шахта – сукупність підземних гірських виробок, призначених для геологічної розвідки.

Штольні – горизонтальні або похилі виробки трапецієподібного перерізу висотою близько 2 м, шириною 1,3-1,7 м. Влаштовуються переважно на схилах і мають вихід на денну поверхню.

Шурфи – вертикальні (рідше похилі) виробки прямокутного, квадратного або круглого перерізу, які пройдені з денної поверхні на глибину до 5 м, площа поперечного перерізу при цьому декілька квадратних метрів (рис. 2.2). Неглибокі шурфи круглого перерізу називаються дудками. Шурфи виконують у піщаних і глинистих ґрунтах, дудки – у стійких ґрунтах (напівскельних, твердих глинах, лесах тощо).

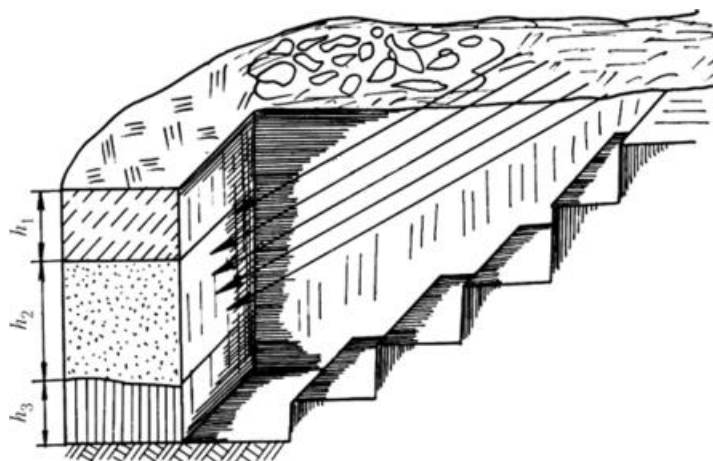


Рис. 2.2. Схема шурфу

Гірничопрохідницькі роботи здійснюються з відокремленням гірських порід від масиву вибуховим, гідравлічним способом або руйнуванням ручним чи механічним інструментом. Вибір способу та схеми проведення гірських виробок залежить від їх призначення та інженерно-геологічних умов.

2.2. Бурові роботи

Один з найбільш ефективних і швидких методів досліджень при проведенні інженерно-геологічних вишукувань – буріння. Перевага цього методу в тому, що він може застосовуватись при вивченні гірських порід усіх класів [10].

Свердловини – вертикальні виробки циліндричної форми, що мають значну довжину та порівняно малий діаметр, які проходять бурінням. Відмітку на поверхні ґрунтів, з якої починається процес буріння, називають гирлом, відмітку, де закінчують буріння (дно свердловини), – вибоєм, бокову поверхню – стінками.

Буріння може проводитись як ручним, так і механічним способом. Ручне буріння виконується на невелику глибину – 5-10 м, за допомогою фізичної сили людини у важкодоступних місцях, де існують перешкоди використанню механізмів (підвали будинків, забудовані території, круті схили тощо). Для проведення цього буріння використовуються ручний буровий комплект, який складається зі штанг висотою 0,8-1,0 м, діаметром близько 20 мм і стакан висотою 0,4 м, діаметром 70 мм. Такий вид буріння застосовується при уточненні інженерно-геологічних умов під час реконструкції або надбудови споруд (рис. 2.3).

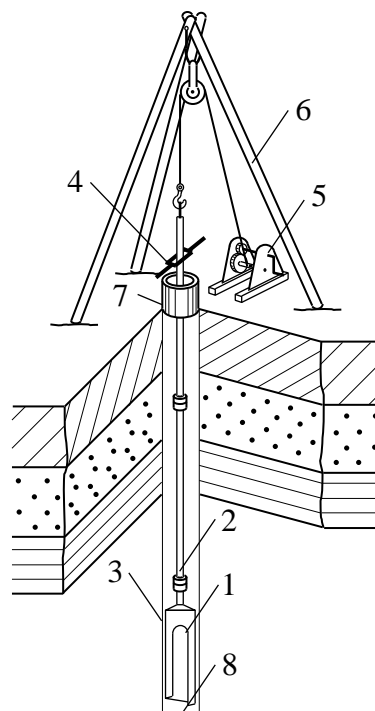


Рис. 2.3. Бурова установка для ручного ударно-обертального буріння: 1 – буровий інструмент; 2 – штанга; 3 – обсадна труба; 4 – хомут; 5 – лебідка; 6 – копер; 7 – устя свердловини; 8 – забій

Механічне буріння (рис. 2.4) виконують буровими станками, використовуючи різні способи руйнування породи: механічний – обертальний, ударний, вібраційний; фізико-хімічний – гідродинамічний, термічний, електрофізичний, вибухоударний, хімічний.

При проведенні інженерно-геологічних вишукувань найчастіше використовують самохідні бурові установки, здатні проводити буріння, руйнуючи породи механічним способом.

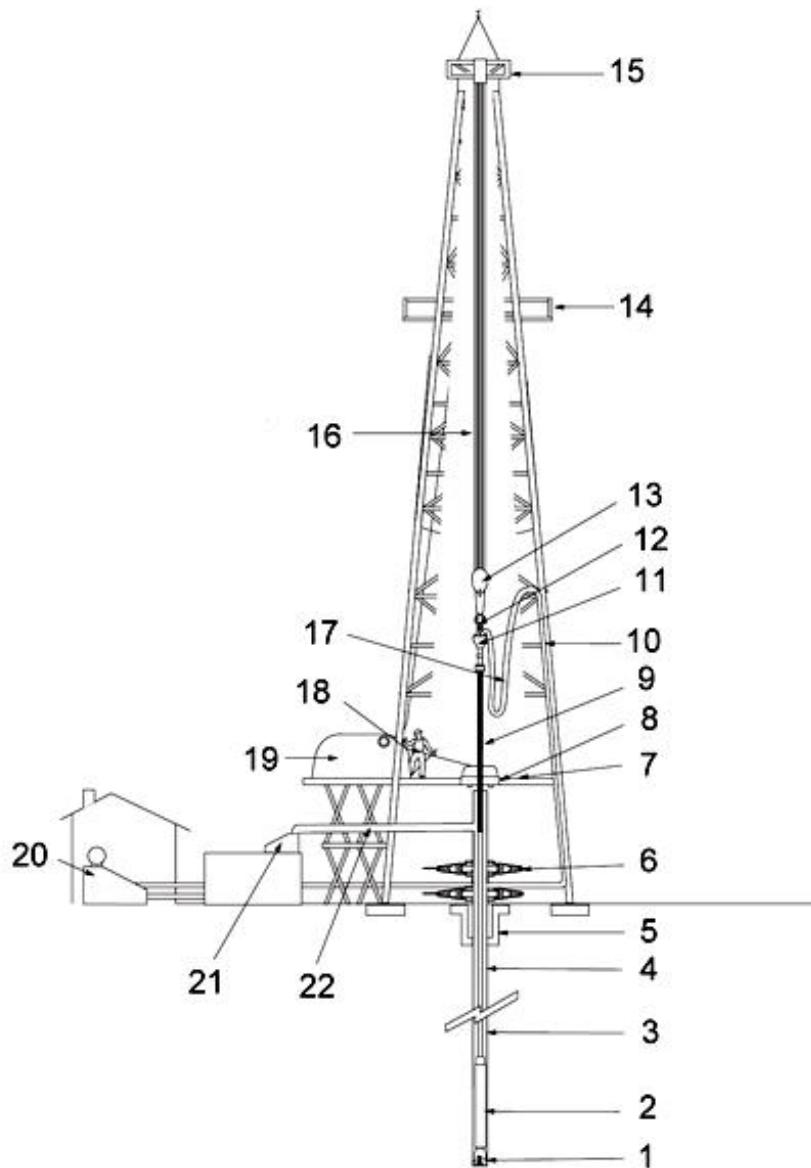


Рис. 2.4. Загальна схема бурової установки:

1 – бурове долото; 2 – УБТ; 3 – бурильні труби; 4 – кондуктор; 5 – гирлова шахта; 6 – противикидні пристрої; 7 – підлога бурової установки; 8 – буровий ротор; 9 – провідна бурильна труба; 10 – буровий стояк; 11 – вертлюг; 12 – гак; 13 – талевий блок; 14 – балкон верхового працівника; 15 – кронблок; 16 – талевий канат; 17 – шланг провідної бурильної труби; 18 – індикатор навантаження на долото; 19 – бурова лебідка; 20 – буровий насос; 21 – вібраційне сито для бурового розчину; 22 – викидна лінія бурового розчину

При ударному (ударно-канатному) бурінні руйнування породи здійснюється завдяки живій силі удару, що розвивається

при падінні бурового снаряду. Цей спосіб використовують при бурінні свердловин у неоднорідних, різних за міцністю ґрунтах діаметром 400 мм і глибиною до 50 м. Як бурові наконечники використовують забивний стакан (для проходки глинистих ґрунтів і не насичених водою пісків), желонку (при проходженні насичених водою пісків і розріджених глинистих ґрунтів), долото (при проходженні скельних і великоуламкових ґрунтів)

Ударно-обертальне буріння дозволяє проходити свердловини в скельних ґрунтах діаметром 155-200 мм, глибиною до 35 м. При цьому виді буріння використовується заглибний пневмоударний інструмент, ударна дія та обертання бурового наконечника (долота) здійснюється двома незалежними механізмами.

Вібраційне буріння здійснюється вібраторами спрямованої (вертикальної) дії, що жорстко приєднані до колони бурових труб з робочим наконечником на кінці. Під дією вібруючого снаряда неміцні ґрунти і породи виділяють зв'язану воду; частина породи в зоні контакту з вібруючим наконечником переходить у рухливий стан, що тягне за собою різке зниження лобового і бічного опору ґрунту і сприяє зануренню вібробурового снаряда в породу. Вібробуріння використовується для проходки свердловин діаметром до 125 мм і глибиною до 25 м.

При обертальному бурінні буровий снаряд зі штанг шнекового типу з різцевою коронкою, що притиснутий до вибою свердловини за рахунок маси верстата, отримує обертання від двигуна верстата. Різці коронки при обертанні в забої свердловини зрізають породу, яка у вигляді дрібної крихти безперервно видаляється зі свердловини спіральними витками штанг. Обертальне буріння свердловин здійснюється двома способами – роторним і колонковим.

При колонковому способі в нижній частині бурового снаряда встановлюють колонкову трубу, до нижнього кінця якої пригвинчується кільцева коронка, армована різцями з твердих сплавів або алмазами. Спочатку вибурюють кільцевий забій, а стовпчик породи (керн), що залишається недоторканим, входить до колонкової труби, разом з якою його витягують на поверхню. Колонкове буріння забезпечує одержання зразків ґрунту (кERNів) з природною структурою та вологістю.

При роторному способі бурильні труби обертає спеціальний обертач-ротор, встановлюваний безпосередньо над гирлом свердловини. Ротор має отвір, через яке пропущена провідна штанга квадратного перерізу. Для руйнування міцних порід при роторному бурінні найчастіше застосовують шарошечні і уступчасті долота, які розробляють ґрунт по всій площі вибою свердловини. Шарошечні долота дозволяють досягти високих питомих тисків на забій, що підвищує продуктивність і дозволяє руйнувати скельні породи. При такому способі буріння структура ґрунту, що виходить на поверхню, порушена.

Діаметр свердловин вибирають з урахуванням їх призначення, діаметр свердловин, призначених для відбору монолітів, має бути не менше 127 мм. Діаметр свердловини може змінюватись, у такому випадку буріння починають найбільшим діаметром, а потім переходять на менший. При невеликій глибині буріння стінки свердловини можуть бути не укріплені, але найчастіше здійснюють кріплення стінок обсадними трубами відповідного діаметра. Діаметр обсадних труб підбирається виходячи з умови, що буровий інструмент має вільно проходити всередину них. Обсадні труби набираються з окремих ланок довжиною 1,0; 1,2; 1,5 м і більше.

При проходці свердловин ведеться буровий журнал, у якому зазначаються відомості про місце розташування свердловини, її параметри (діаметр, абсолютна позначка устя, глибина), пройдені шари ґрунту і підземні води, глибину відбору зразків ґрунту й проб води.

Гірничі виробки розміщують по контурах і осях проєктованих споруд за рівномірною сіткою [9]. Додаткові гірничі виробки розміщують у таких випадках: наявність різних геоморфологічних елементів – на межах цих елементів; наявність небезпечних процесів і тектонічних порушень – за межами контуру проєктованої споруди; наявності невитриманих у плані лінз і прошарків сильно стискуваних ґрунтів або неоднорідних ґрунтів.

Глибину гірничих виробок призначають з урахуванням конструкції фундаменту, зони взаємодії конструкцій з геологічним середовищем, типу ґрунтів основи та попередньо встановленого рівня підземних вод.

Проектування залізниць та інших лінійних споруд має особливість – велику протяжність при малій ширині смуги вишукувань. У такому випадку гірничі виробки мають розміщуватися по осі траси залізниці на відстані 250 м та мати глибину до 5 м.

Площа гірничих виробок і діаметр буріння свердловин розраховують виходячи з умови забезпечення можливості опису ґрунтів, відбору проб ґрунтів порушеної чи непорушеної (моноліти) структури та води.

Процес відбору зразків ґрунту суворо регламентується. Зразки відбирають із визначеним інтервалом по глибині та площі за точковим методом. Відбір зразків здійснюють з кожного різновиду ґрунту, але не рідше ніж через 0,5 м – для зразків порушеної структури та через 1-2 м – для монолітів.

Якщо зразки не піддають випробуванням на місці відбору, вони мають бути законсервовані для збереження природної вологості та структури. Кількість та об'єм відібраних зразків залежить від класу ґрунтів та обсягу запланованих лабораторних досліджень.

Контрольні питання

1. З якою метою проходять гірські виробки?
2. Види гірських виробок.
3. Якими бувають відкриті гірські виробки?
4. Охарактеризуйте підземні гірські виробки.
5. Види бурових робіт.
6. Основні елементи свердловини.
7. Елементи конструкції бурової установки.

3. ГЕОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Геофізичні дослідження – це складний комплекс інженерних робіт, спрямованих на вирішення нестандартних завдань у сфері інженерно-геологічних і супутніх вишукувань [1].

Необхідність проведення інженерно-геофізичних досліджень виникає в разі специфічності вирішуваних завдань і нетрадиційності умов проведення робіт, у випадку коли детальне вивчення геологічних умов буде дуже витратним.

Основною метою геофізичних досліджень є значне зниження вартості робіт і затрат часу основного комплексу досліджень і максимальне підвищення його інформативності.

Геофізичні дослідження спрямовані на вирішення таких завдань:

- визначення структурно-тектонічної будови, властивостей, меж розповсюдження та потужності ґрунтів;
- визначення умов залягання водовмісних порід, властивостей підземних вод, ступеня вологості ґрунту;
- виявлення та дослідження небезпечних інженерно-геологічних процесів;
- спостереження за масивами ґрунту, що знаходиться в зоні будівництва;
- вивчення геологічних умов щодо виявлення геофізичних аномалій;
- сейсмічне мікрорайонування.

Геофізичні методи досліджень мають на меті вивчення та вимірювання різних фізичних властивостей гірських порід, що дає можливість визначити за різницею їхніх показників межі контактуючих пластів порід. На жаль, один з недоліків цього методу – різноманітна інтерпретації даних досліджень у багатьох випадках, тому геофізичні методи досліджень завжди застосовуються в комплексі з іншими дослідженнями. Найбільш ефективним використання геофізичних методів буде при вивченні неоднорідних тіл, коли показники властивостей гірських порід, що вивчаються, суттєво відрізняються один від одного. При цьому перевагою геофізичних методів є їхній інтегральний характер, тобто інформація, що отримується за допомогою цих

методів, стосується певного об'єму, а не точки, геологічного елемента.

Геофізичні дослідження виконують не тільки в комплексі з інженерно-геологічними, але і з іншими інженерними вишукуваннями. При виконанні інженерно-геологічних, гідрогеологічних та екологічних робіт застосовують такі геофізичні методи: сейморозвідка, електророзвідка, магніторозвідка, гравірознавдя, радіоактивний, геофізичне дослідження свердловин [1].

Метод *сейсмічної* розвідки засновано на вивченні розповсюдження в земній корі штучно створених пружних хвиль (поле пружних коливань), викликаних вибухом або ударом вібротехніки. Сейсмічні хвилі проникають у товщу ґрунтів, де відбувається їх заломлення або відбиття на межі інженерно-геологічних елементів (рис. 3.1). Хвилі частково повертаються на земну поверхню, де реєструються спеціальними приладами, дані яких дозволяють зробити висновок про склад гірських порід, через які пройшла хвиля. За допомогою сейморозвідки легко визначити кут нахилу гірських порід, наявність дислокацій і порожнин.

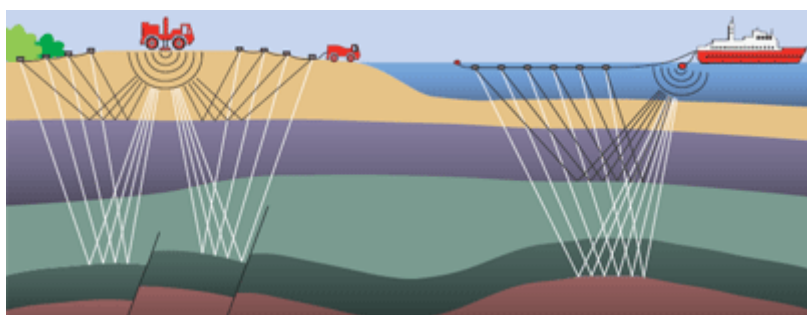


Рис. 3.1. Схема розповсюдження сейсмічних хвиль при сейсмічній розвідці

Метод *електророзвідки* заснований на вивченні природних або штучно викликаних електричних полів, основний показник властивостей порід, що вивчається, – питомий електроопір (рис. 3.2). У наш час в електророзвідці нараховується більше 50 різних методів і модифікацій. Основні методи електророзвідки, що застосовуються при інженерно-геологічних дослідженнях, – це вертикальне електрондуння та електропрофілювання.

Електрозондування – спосіб просвічування шаруватої товщі землі постійним або змінним електричним струмом. Він ґрунтується на вимірюванні компонентів поля в одній або одночасно в декількох точках земної поверхні при послідовному заглибленні проникнення електричних струмів. Електромагнітне зондування застосовують, коли необхідно розчленити геологічний розріз на шари та блоки, визначити послідовність залягання шарів.

Електропрофілювання – спосіб дослідження верхньої частини геологічного розрізу, що ґрунтується на вивченні компонентів природного та штучного полів уздовж профілю при фіксованій глибині проникнення електричного струму.

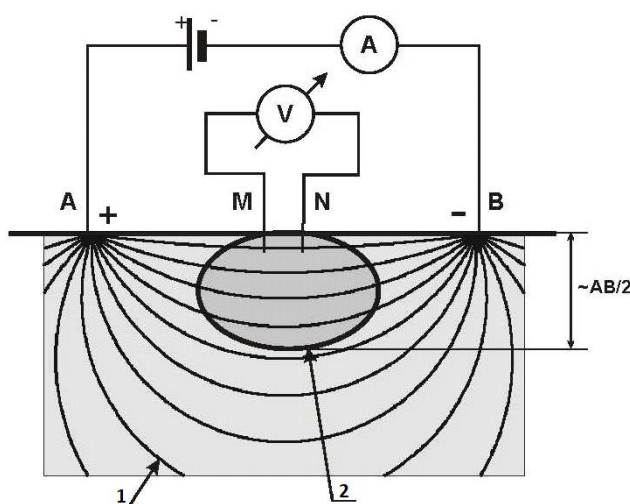


Рис. 3.2. Схема установки електророзвідки

Метод *магніторозвідки* застосовується в умовах наявності магнітоактивних порід, а також для розчленування за літологічними ознаками осадових порід і четвертинних відкладів, вивчення тріщинуватості скельних порід і геодинамічних процесів на зсувних і карстових ділянках.

Метод *гравірозвідки* заснований на вивченні поля сили тяжіння, аномалії якого пов'язані зі зміною щільності порід, при цьому наземні спостереження здійснюються на обмежених ділянках з метою пошуку ґрунтових неоднорідностей.

Радіоактивні методи базуються на існуванні зв'язку радіоактивних властивостей порід з їхніми щільністю, вологістю і глинистістю.

Геофізичне дослідження свердловин – це комплекс геофізичних методів, що використовуються для вивчення ґрунтів у присвердловинному та міжсвердловинному просторі, а також для контролю технічного стану свердловин (рис. 3.3).

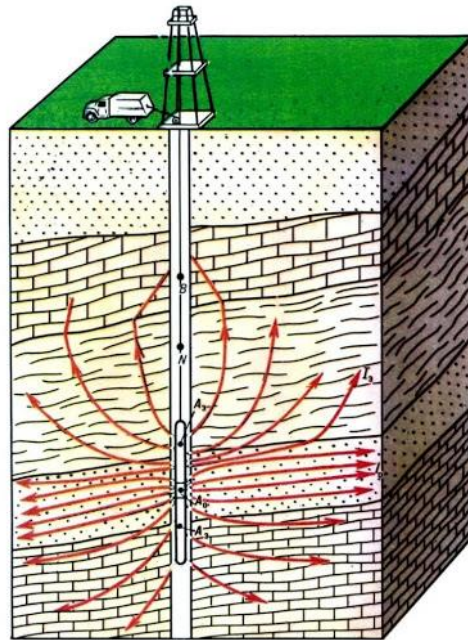


Рис. 3.3. Схема установки геофізичного дослідження свердловин

Контрольні питання

1. З якою метою проводять геофізичні дослідження?
2. У чому сутність методу сейсмічної розвідки?
3. У чому сутність методу електророзвідки?
4. У чому сутність методу магнітної розвідки?
5. У чому сутність методу гравірознавства?

4. ГЕОТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Вивчення геологічної будови і гідрогеологічних умов ділянки будівництва супроводжується геотехнічними дослідженнями, які виконують у комплексі інженерно-геологічних вишукувань для вивчення фізико-механічних властивостей ґрунтів, що зустрічаються в межах ділянки будівництва [1, 11].

До складу геотехнічні вишукування входять такі роботи:

- 1) визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів;
- 2) прогноз змін властивостей ґрунтів під впливом зовнішніх факторів;
- 3) оцінювання стійкості схилів і укосів;
- 4) розроблення рекомендацій з підвищення стійкості природних і штучних масивів ґрунтів, влаштування основ і захисних споруд, раціонального використання природних і штучних ґрунтових матеріалів.

У програмі виконання робіт обґрунтовують обсяг геотехнічних досліджень з урахуванням попередньо виконаних визначень і складності інженерно-геологічних умов. При проведенні інженерно-геологічних вишукувань досліджувана товща порід розчленовується на основі фізико-механічних властивостей ґрунтів на інженерно-геологічні елементи. Кількість випробувань для одного елемента має бути не менше трьох. Випробування являє собою процес відбору проб ґрунтів з гірничих виробок чи природних відслонень з подальшим визначенням їхніх фізико-механічних властивостей.

Фактично процес апробації ґрунтового масиву складається з таких обов'язкових операцій:

- вибір методу дослідження;
- планування сітки випробувань;
- відбір проб ґрунтів чи виконання вимірювань;
- випробування проб польовими чи лабораторними методами;
- обробка та аналіз експериментальних даних.

Методики і технології польових і лабораторних випробувань ґрунтів мають відповідати нормам національних стандартів [10].

На ділянках поширення ґрунтів із особливими властивостями (просідні, набухаючі, слабкі, засолені, елювіальні, техногенні) геотехнічні вишукування виконують за спеціальною програмою, що передбачає додаткові вимоги до складу робіт для забезпечення оптимальних будівельних рішень

4.1. Польові методи досліджень

Польові методи досліджень дозволяють визначити властивості ґрунтів безпосередньо на місці їх залягання, що необхідно для розрахунку масштабних коефіцієнтів переходу від лабораторної моделі до натурної. За допомогою польових методів існує можливість дослідження великого за об'ємом масиву порід, при цьому ґрунти мають непорушену структуру і склад і знаходяться в умовах природного напруженого стану. Комплекс польових досліджень призначається залежно від завдань дослідження.

При розчленовуванні геологічного розрізу на інженерно-геологічні елементи та визначенні фізичних властивостей ґрунтів використовується статичне та динамічне зондування, стандартна penetрація SPT.

Для визначення фільтраційних властивостей ґрунтів виконуються кушові і одиночні відкачування води зі свердловин і наливи в шурфи і свердловини, за спеціальним завданням може виконуватись дослідне нагнітання води (повітря) у свердловини.

Деформаційні властивості ґрунтів визначаються за даними статичного та динамічного зондування, стандартної penetрації SPT, випробування штампом (дослідним фундаментом) і пресіометрії. Дослідне замочування котлованів і дослідне ущільнення виконується за спеціальним завданням.

Міцнісні властивості ґрунтів визначаються за даними статичного та динамічного зондування, стандартної penetрації SPT, випробування на зсув ціликів ґрунту, обертального та поступального зрізу, пресіометрії, за спеціальним завданням – дослідного ущільнення.

Визначення показників опору ґрунтів основи паль виконується за результатами статичного зондування та

випробування еталонною палею. За спеціальним завданням виконується випробування натурних паль у ґрунті.

Випробування ґрунтів статичними навантаженнями

Для визначення стисливості ґрунтів і модуля деформації проводять випробування ґрунтів статичними навантаженнями. Випробуванням піддають усі ґрунти активної зони основи проєктованої будівлі чи споруди [9]. Проводять випробування за допомогою штампів, що моделюють фундамент, за схемою як на рис. 4.1. Розмір штампів підбирають залежно від типу та гранулометричного складу досліджуваних ґрунтів, а також розміру гірської виробки чи свердловини.

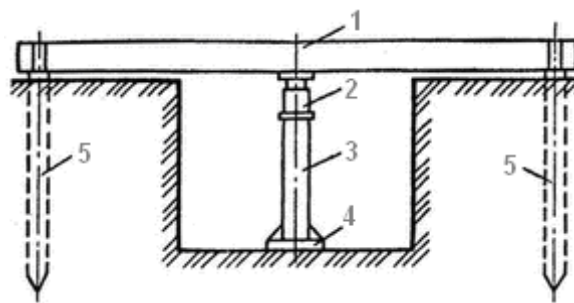


Рис. 4.1. Схема установки для випробування ґрунту в шурфі:
1 – упорна балка; 2 – гідравлічний домкрат; 3 – стійка; 4 – штамп;
5 – анкерна паля

Випробування проводять у такій послідовності:

- 1) штамп потрібного розміру встановлюють у забої гірської виробки чи свердловини;
- 2) проводять заходи для захисту досліджуваних ґрунтів від зміни вологості та промерзання;
- 3) попередньо ущільнюють ґрунт тиском, що дорівнює тиску від власної ваги;
- 4) поступово кількома ступенями збільшують тиск на ґрунт;
- 5) заміряють величину осідання штампа за допомогою прогиномірів;
- 6) складають графік, що відображує залежність осідання від тиску, і визначають модуль деформації.

Випробування ґрунтів пресіометрами

Метод використовується для випробування скельних і напівскельних ґрунтів. Сутність методу полягає у створенні тиску

на ґрунти, що розкриті в стінках свердловині, і вимірюванні їхньої деформації (рис. 4.2).

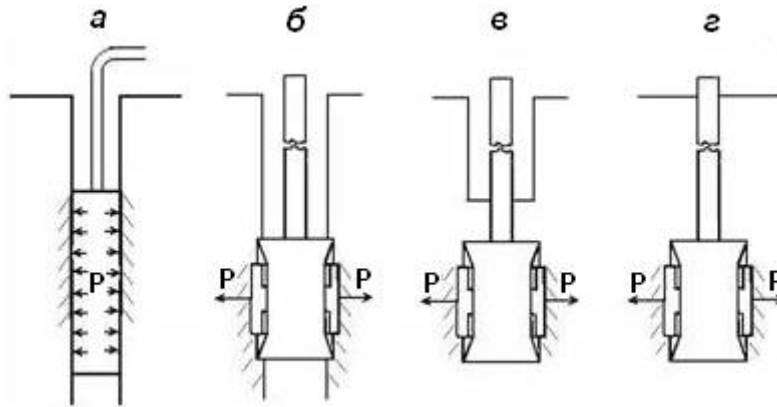


Рис. 4.2. Схема випробування ґрунтів пресіометрами:
а – радіальний; *б* – лопатевий у свердловині; *в* – лопатевий нижче
забою свердловини; *г* – лопатевий у масиві

У свердловину опускають камеру пресіометра з еластичними стінками на глибину, де необхідно визначити показники стисливості ґрунтів. У камері створюється внутрішній тиск, оболонка камери щільно притискається до стінок свердловини, деформуючи ґрунт. За даними зміни радіуса камери або свердловини визначають величину деформації ґрунту. Значення модуля деформації розраховується за величиною деформації ґрунту при відповідному тиску.

Випробування ґрунтів на зсув

Випробування ґрунтів на зсув здійснюється при проектуванні споруд, що мають схильність до зсуву (мости, греблі), а також для отримання характеристик міцності неоднорідних за складом ґрунтів, випробування яких у лабораторних умовах неможливе [10].

Випробування здійснюється в шурфах і свердловинах при природній вологості або замочуванні.

Існує декілька методів випробування ґрунтів на зсув (рис. 4.3). За значеннями руйнівного навантаження та площі поверхні зсуву визначається зчеплення та кут внутрішнього тертя ґрунту, розраховується міцність ґрунту.

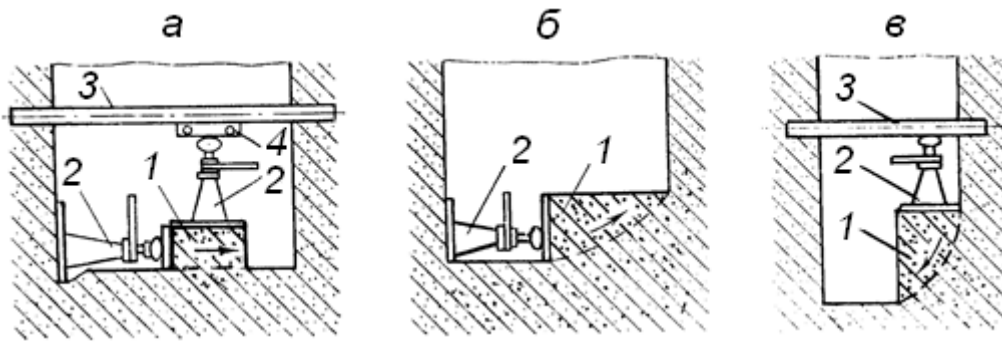


Рис. 4.3. Схема випробування цілика на зсув: *а* – руйнування циліндричного цілика шляхом зсуву в обоймі; *б* – випирання тригранного цілика в горизонтальному напрямі; *в* – обвалення тригранного цілика; 1 – цілик; 2 – домкрат; 3 – упорна балка; 4 – каретка для переміщення головки домкрата

Випробування ґрунтів на зріз

Випробування на зріз виконується у свердловинах і масиві для визначення міцності, показників структурної міцності ґрунту при зрізі та характеру просторової мінливості опору зрізу піщаних ґрунтів, глинистих ґрунтів напівтвердої і текучої консистенції, мулистих та органічних ґрунтів [10].

Існує декілька методів випробування ґрунтів на зріз: обертальний, кільцевий і поступальний (рис. 4.4).

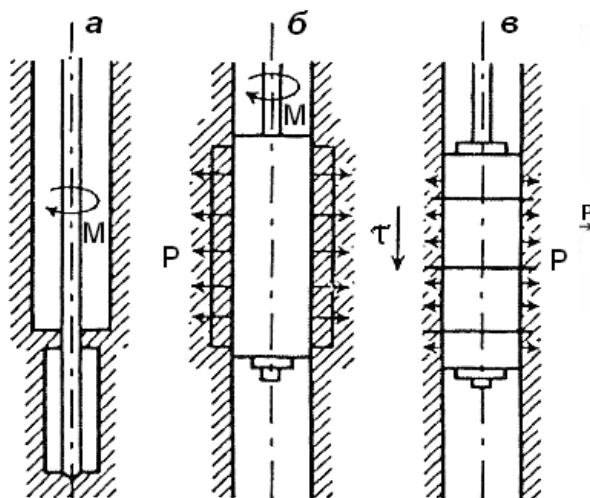


Рис. 4.4. Схема випробування ґрунтів на зріз: *а* – обертальний; *б* – кільцевий; *в* – поступальний

При дослідженні слабких ґрунтів, таких як м'які глини нестійкої консистенції, дрібнозернисті обводнені піски, торф, мули тощо, використовується метод *обертального* зрізу. Сутність цього методу полягає у вимірюванні максимального обертального моменту, необхідного для обертання крильчатки – чотирилопатевого приладу, зануреного в ґрунт (рис. 4.5).

При проведенні випробувань методом *кільцевого* зрізу на заданій глибині еластичною камерою (розпирним штампом) створюється нормальний тиск на ґрунт, що розкритий свердловиною. За допомогою вертикальної лопаті ґрунт зрізається при трьох нормальних тисках, при цьому фіксується обертальний момент. Метод використовується для випробування тугопластичних і напівтвердих глинистих ґрунтів, що залягають вище рівня ґрунтових вод.

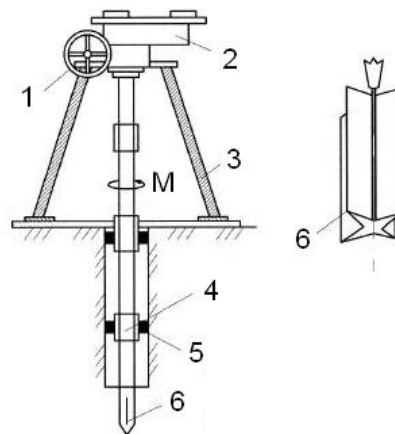


Рис. 4.5. Схема установки обертального зрізу: 1 – кермо; 2 – вимірювальний прилад; 3 – станина; 4 – штанга; 5 – центруючий пристрій; 6 – крильчатка

При *поступальному* зрізі до ґрунту в стінці свердловини прикладається нормальний тиск, ґрунт зрізається горизонтальною лопаттю, і вимірюється опір зсуву. У процесі випробувань зріз проводиться при трьох нормальних тисках. Поступальний зріз використовується в основному для випробувань пісків, що залягають вище рівня ґрунтових вод.

Зондування ґрунтів

При вивченні піщаних і глинистих ґрунтів проводять зондування. Метод базується на властивості ґрунтів чинити

неоднаковий опір проникненню в них зонда, що являє собою конічний наконечник зі штангами [11].

Розрізняють динамічне і статичне зондування.

Занурення зонда при *динамічному* зондуванні здійснюють ударами стандартного вантажу – молоту, що падає з певної висоти (рис. 4.6). Використання динамічного зондування найбільш ефективно в піщаних ґрунтах: у насичених водою ґрунтах під впливом ударних навантажень може виникати розрідження. Ідентифікаційним показником у разі використання цього методу є показник динамічного зондування, що визначається за кількістю ударів, необхідних для занурення зонда на 1 дм.

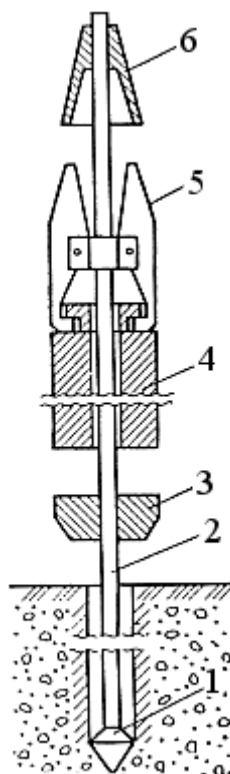


Рис. 4.6. Схема установки динамічного зондування: 1 – конічний наконечник; 2 – штанга зонда; 3 – ковадло; 4 – молот; 5 – захват молота; 6 - обмежувач висоти підймання молота

При *статичному* зондуванні зонд вдавлюють у ґрунт за допомогою різних механізмів. Статичне зондування потребує використання більш складного устаткування з застосуванням анкерних або інших пристроїв для сприйняття зусиль,

прикладених до зонда. За допомогою установок статичного зондування, які застосовують пошукові організації, випробування ґрунтів можна проводити двома основними способами.

У першому випадку зондування виконують, використовуючи наконечник, діаметр якого дорівнює діаметру штанг (голландський зонд). При цьому окремо фіксують опір ґрунту конусові і величину тертя по бічній поверхні штанг. Тертя може фіксуватись по всій поверхні штанг або на визначеній ділянці вище від конічного наконечника. У цьому випадку значна частина корисного зусилля зондування витрачається на подолання сил тертя по бічній поверхні штанг. Це явище не дозволяє в щільних ґрунтах досягти проєктних позначок, а в слабких ґрунтах через малі розміри наконечника значно знижується точність одержуваних даних.

В іншому випадку діаметр наконечника перевищує діаметр штанг в 1,6 разу і більше. При такому співвідношенні, крім усунення або значного зниження тертя по бічній поверхні штанг, створюються умови для випирання ґрунту в порожнину, що утворюється між стінками свердловини й штангами після проходження конуса. Зондування розширеним наконечником дозволяє з більшою ефективністю використати статичне зусилля за рахунок зняття тертя з поверхні штанг. Застосування наконечників великих розмірів дозволяє підвищити точність визначення показників слабких ґрунтів. З іншого боку, при вигинанні штанг у процесі зондування різко змінюється тертя по бічній поверхні за рахунок його концентрації в місцях дотикання штанг до стінок свердловини.

При зондуванні піщаних ґрунтів опір зондуванню з глибиною лінійно зростає до певної глибини, яка називається критичною H_{cr} . Нижче від критичної глибини зондування в шарі однорідного піску зусилля зондування не залежить від глибини занурення наконечника. При занурюванні наконечника в більш щільні шари піску знову спостерігається перехідна ділянка, близька до лінійної ΔH_{cr} . Ця ділянка тим більша, чим вища міцність піску.

Критична глибина зондування залежить від фізичного стану піску, а також розмірів застосованих наконечників. У щільних пісках при діаметрах конічних наконечників 50-74 мм вона

становить 1500-2000 мм. Зі збільшенням діаметра конічного наконечника критична глибина зондування відповідно зростає. Максимальна глибина статичного зондування до 20 м, динамічного – до 40 м.

За допомогою зондування виявляється характер перешарування ґрунтів за глибиною та простором, оцінюються фізико-механічні властивості ґрунтів (модуль деформації, кут внутрішнього тертя і питоме зчеплення) та оцінюється можливість, несуча здатність і глибина занурення паль.

4.2 Лабораторні методи досліджень

Комплекс лабораторних робіт включає визначення основних фізичних і класифікаційних характеристик ґрунтів. Склад і обсяги лабораторних робіт установлюють згідно з ДБН А.2.1-1-2008 [2] виходячи як із цільового призначення вишукувань, так і залежно від наявності ґрунтів із особливими властивостями.

Розчленовування геологічного розрізу на інженерно-геологічні елементи виконується за результатами визначення природної вологості всіх типів ґрунтів, гранулометричного складу для великоуламкових і піщаних ґрунтів, показника текучості глинистих ґрунтів, відносної просадності, величини початкового просідного тиску і початкової критичної вологості для просідних ґрунтів, відносного набухання, тиску набухання і лінійної усадки для набухливих ґрунтів. За спеціальним завданням визначається петрографічний, мінеральний, валовий хімічний склад, сумарний вміст солей і ємність поглинання і склад обмінних катіонів.

Визначення фізичних властивостей ґрунтів включає комплекс лабораторних робіт для визначення гранулометричного складу для великоуламкових і піщаних ґрунтів, ступеня засоленості й розчинності скельних ґрунтів, відносного складу органічних речовин для біогенних ґрунтів, ступеня розкладання органічних речовин для торфів, природної вологості, щільності, коефіцієнта пористості, максимальної щільності скелета ґрунту за оптимальної вологості, щільності у щільному і пухкому стані, щільності частинок ґрунту, границі текучості та розкочування, показника текучості, кута природного укусу піщаних ґрунтів, максимальної молекулярної вологоємності, коефіцієнта

фільтрації, розмочуваності (швидкість розмокання) для просідних ґрунтів, розчинності для просідних ґрунтів, коефіцієнта вивітрилості для елювіальних ґрунтів, коефіцієнта розм'якнення скельних ґрунтів, корозійної активності, відносної просадності, величини початкового просідного тиску і початкової критичної вологості для просідних ґрунтів, відносного набухання, тиску набухання і лінійної усадки для набухливих ґрунтів, відносного набухання, тиску набухання і лінійної усадки для набухливих ґрунтів. За спеціальним завданням визначається ємність поглинання і склад обмінних катіонів.

Фільтраційні властивості ґрунтів оцінюються за результатами визначення гранулометричного складу та коефіцієнта фільтрації великоуламкових і піщаних ґрунтів.

Оцінювання деформаційних властивостей ґрунтів проводиться за результатами визначення модуля деформації ґрунту для всіх типів ґрунтів, відносної просадності, величини початкового просідного тиску і початкової критичної вологості для просідних ґрунтів, відносного набухання, тиску набухання і лінійної усадки для набухливих ґрунтів, опору ґрунту тривісному стиску для зв'язних ґрунтів, коефіцієнта консолідації для водонасичених пілуватоглинистих ґрунтів при показнику текучості більше $I_L > 0,5$, біогенних ґрунтів і мулів.

Міцнісні властивості ґрунтів визначаються за показниками кута природного укосу піщаних ґрунтів, відносної просадності, величини початкового просідного тиску і початкової критичної вологості для просідних ґрунтів, кута внутрішнього тертя і питомого зчеплення ґрунту, часового опору ґрунту на одноосьовий стиск для скельних ґрунтів, опору ґрунту тривісному стиску для зв'язних ґрунтів.

Опір penetрації визначається за спеціальним завданням при визначенні деформаційних і міцнісних властивостей ґрунтів.

У разі необхідності за наявності обґрунтування до складу лабораторних робіт додатково включають визначення змін властивостей ґрунтів за різних впливів (замочування, висушування, ущільнення, хімічне закріплення, вібродинамічні навантаження тощо) і моделювання роботи штучно створюваних геотехнічних масивів.

Відбір проб ґрунтів порушеної та непорушеної структури має забезпечувати вивчення фізико-механічних властивостей шарів ґрунту і виділення інженерно-геологічних елементів. Кількість лабораторних випробувань встановлюють у програмі виконання робіт згідно з ДСТУ Б В.2.1-5-96 [6] залежно від ступеня неоднорідності ґрунтів, класу наслідків (відповідальності) проєктованої будівлі (споруди), необхідної точності визначення характеристик ґрунтів і з урахуванням попередньо виконаних лабораторних випробувань.

4.3. Інженерні методи розрахунку стійкості укосів і схилів

Укосом називають штучно створену поверхню, яка відокремлює природний ґрунтовий масив, виїмку або насип. Укоси утворюються під час зведення насипів (залізничний шлях, дамби, земляні греблі), виїмок (котловани, траншеї, канали, кар'єри) або при перепрофілюванні території.

Схилом називають укіс, який утворений природним шляхом і обмежує масив ґрунту природного походження.

У разі впливу негативних факторів масив ґрунтів, обмежений укосом або схилом, може перейти в неврівноважений стан і втратити стійкість [10].

Головними причинами втрати стійкості укосів і схилів є:

- 1) спорудження неприпустимо крутого укосу або підрізання схилу, який знаходиться у стані, близькому до граничного;
- 2) збільшення зовнішнього навантаження (зведення споруд, складування матеріалів на укосі або поблизу його брівки);
- 3) зміна внутрішніх сил (збільшення ваги ґрунту при зростанні його вологості або вплив зважувального тиску води на ґрунти);
- 4) неправильне призначення розрахункових характеристик міцності ґрунту або зниження його опору зсуву, наприклад за рахунок збільшення вологості;
- 5) прояв гідродинамічного тиску води, сейсмічних сил, вплив інженерної діяльності людини (рух транспорту, заглиблення паль, вибухові роботи тощо).

На практиці проєктування застосовують інженерні методи розрахунку стійкості, які містять різні спрощувальні припущення.

Найбільш розповсюджений з них – метод круглоциліндричних поверхонь ковзання, які відносять до схеми площинної задачі (рис. 4.7).

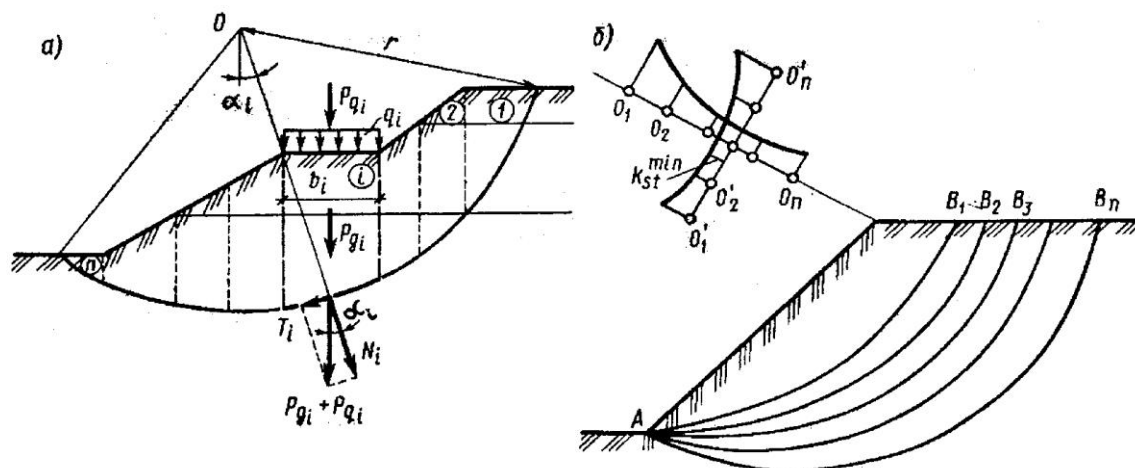


Рис. 4.7. Схема до розрахунку стійкості укосів методом круглоциліндричних поверхонь ковзання: а – розрахункова схема; б – визначення положення найбільш небезпечної поверхні ковзання; 1, 2, ... – номери елементів

Припустимо, що втрати стійкості укосу або схилу можуть статися в результаті обертання укосу ґрунтового масиву відносно деякого центра O . Поверхня ковзання буде подана як дугою кола з радіусом r і центром у точці O . Масив, який зміщується, розглядають як недеформований відсік, всі точки якого беруть участь у загальному русі. Коефіцієнт стійкості

$$K_{st} = \frac{M_{sr}}{M_{sa}}, \quad (4.1)$$

де M_{sr} та M_{sa} – моменти відносно центра обертання O всіх сил, які утримують і зміщують відсік.

При $K_{st} \geq K_{st}^H$ стійкість відсіку масиву ґрунту відносно вибраного центра обертання O вважають забезпеченою.

Контрольні питання

1. Які роботи входять до складу геотехнічних вишукувань?
2. Перелічіть польові методи досліджень при геотехнічних вишукуваннях.
3. Як проводиться випробування ґрунтів статичними навантаженнями?
4. Як проводиться випробування ґрунтів на зсув і зріз?
5. Перелічіть види методу зондування ґрунтів.
6. Опишіть методику лабораторних досліджень при геотехнічних вишукуваннях.
7. Які головні причини втрати стійкості укосів і схилів?

5. ДОСЛІДЖЕННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

У районах розвитку небезпечних геологічних процесів проводиться додатковий комплекс досліджень. За ДБН А.2.1-1-2008 [2], небезпечні процеси та явища – геологічні та інженерно-геологічні процеси й гідрометеорологічні явища, які призводять до негативного впливу на території, господарські об'єкти і життєдіяльність людей (зсуви, обвали, карст, селеві потоки, снігові лавини, буревії, смерчі, підтоплення та затоплення територій тощо).

Інженерно-геологічні процеси викликані певними природними геологічними явищами.

Ущільнення порід в основах споруд – ущільненням осадків у процесі діагенезу під впливом ваги наступних відкладів, ущільненням порід під впливом навантажень від льодовиків і т. п.

Просадкові явища в лесах внаслідок протікань з водогонів та фільтрації води з каналів – ущільненням лесів у процесі епігенезу з утворенням степових блюдець.

Мерзлотні деформації порід в основах споруд і пучіння на дорогах – наледями, льодяними буграми, термокарстом і т. п.

Деформація штучних укосів – зсувами, спливанням, обвалами, осипами.

Переробка берегів водосховищ – абразією по берегах морів та озер.

Зрушення гірських порід при підземних роботах – провалами над карстовими порожнинами.

Дослідження інженерно-геологічних процесів і явищ виконують на основі аналізу інформації, отриманої на всіх етапах виконання польових, лабораторних і камеральних робіт. За необхідності до програми виконання робіт включають спеціальні види робіт.

5.1. Карст

Карст – сукупність явищ, які супроводжуються розчином підземними водами гірських порід з утворенням у них порожнин (рис. 5.1).

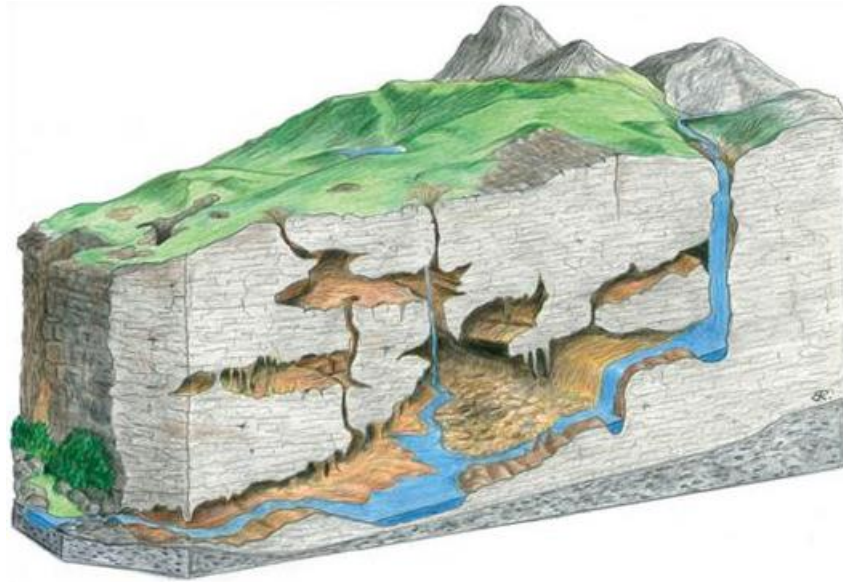


Рис. 5.1. Утворення карсту в масиві порід

У районах розвитку карсту проводять такі дослідження:

- встановлюють природні фактори, що призвели до розвитку карсту; характер та інтенсивність його прояву, історію й закономірності розвитку; проводять районування території за характером і ступенем закарстованості; встановлюють можливість змін природних умов під час будівництва та експлуатації проєктованих об'єктів і їхній вплив на активізацію карсту; розробляють рекомендації з запобігання наслідкам небезпечних змін геологічного середовища для існуючих і проєктованих будівель і споруд;

- під час районування за результатами виконаних вишукувань встановлюють категорії стійкості території відносно карстових провалів за інтенсивністю провалоутворення та за середніми діаметрами карстових провалів згідно з ДБН А.2.1-1-2008 [2].

Під час вишукувань у районах розвитку карстових процесів сітку гірничих виробок згущують для оконтурювання й виявлення карстових порожнин, окремі свердловини проходять через усю зону активного розвитку карсту з заглибленням не менш ніж на 5 м у підстильні та незакарстовані породи, використовують статичне, динамічне, вібраційне зондування, радіоізотопний каротаж.

Максимально використовують наземні і свердловинні геофізичні методи для вивчення умов розвитку карсту, вивчення похованого карстового рельєфу, потужності і ступеня тріщинуватості карстівної товщі, картування карстових порожнин, вивчення тріщинно-карстових вод, визначення змінюваності фізико-механічних властивостей гірських порід у межах карстівної товщі.

Для дослідження процесів міграції підземних вод виконують польові дослідно-фільтраційні роботи: кущові відкачування з декількома променями спостережних свердловин; кущові наливи у свердловини; нагнітання води та повітря у свердловини, а також застосовують індикаторні методи.

Лабораторні роботи включають визначення складу, стану і фізико-механічних властивостей порід, що входять до складу карстівної товщі та покриваючих відкладень, у тому числі вивчення заповнювача карстових порожнин і тріщин. Аналітичними та експериментальними методами проводять визначення хімічного складу підземних і поверхневих вод, їхню агресивність до карстівних порід.

У комплексі зі стаціонарними гідрометеорологічними спостереженнями проводять стаціонарні спостереження за зміною напружено-деформованого стану масиву гірських порід, режимом підземних вод, за розвитком проявів карсту на земній поверхні.

5.2. Суфозія

Розрізняють механічну і хімічну суфозію. Хімічна суфозія – це карстові явища.

Механічна суфозія (суфозія) – механічне вимивання частинок породи, найчастіше піщаної, текучою підземною водою, що супроводжується просіданням вищерозміщених товщ і утворенням западин (суфозійних воронок, блюдець, западин) діаметром до 10 і навіть 100 м (рис. 5.2).

Для отримання даних про суфозійну стійкість ґрунтів (гранулометричний склад, вміст розчинних солей), гідрогеологічні особливості та наявність порожнин у масиві ґрунтів у районах розвитку суфозійних процесів виконують комплекс польових і лабораторних досліджень.

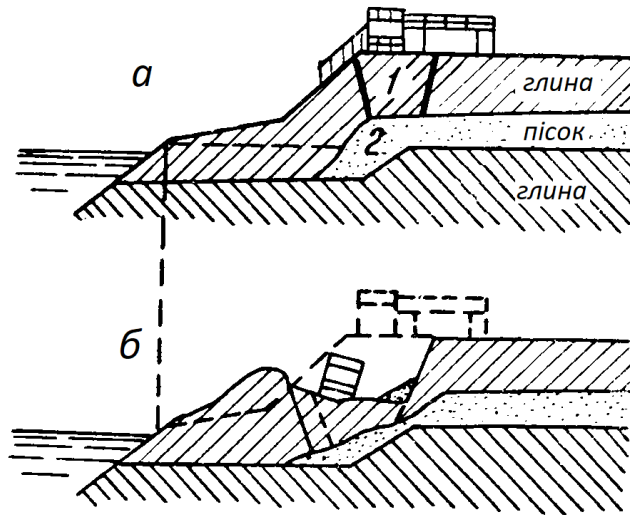


Рис. 5.2. Зсув, викликаний винесенням водою піску з підстильного пласту: а – початок зсуву; б – проміжний стан зсуву; 1 – зсувний схил; 2 – підстильний пласт

За результатами інженерно-геологічних вишукувань встановлюють тип суфозійного процесу (механічний, хімічний); глибину поширення, характер проявлення; розробляють рекомендації з підвищення суфозійної стійкості масиву ґрунтів.

5.3. Схилкові процеси

До схилкових процесів відносять осипи, обвали, вивалювання та зсуви.

Осипи – це повільне переміщення униз скупчення уламків гірських порід по схилах під дією сили тяжіння.

Обвали – раптове падіння мас гірських порід по крутих схилах.

Вивалювання – обвалення окремих глиб і каміння зі скельних порід, які складають виїмки та круті схили.

Зсувами називають повільні переміщення гірських порід по схилу під впливом сили ваги, пов'язане з діяльністю поверхневих і підземних вод (рис. 5.3).

Зсувні та обвальні процеси ідентифікуються за результатами визначення їхнього типу за механізмом зміщення, розмірів зміщення за площею, глибини охоплення схилу, базисів зміщення, віку зсувних і обвальних накопичень, приуроченості цих процесів

до морфологічних елементів схилів і їхньої залежності від геологічної будови, літології, гідрогеологічних і геокріологічних умов згідно з ДБН В.1.1-46:2017 [4].

У районах розвитку схилових процесів на основі інженерно-геологічних вишукувань виконують інженерно-геологічне районування території за небезпекою виникнення схилових процесів, оцінюють стійкість схилів і можливості виникнення схилових процесів, їх місцезнаходження, розміри, величини і швидкість переміщення ґрунтових мас, оцінюють непрямі наслідки, викликані схиловими процесами.

На зсувних і обвальних схилах інженерно-геологічні вишукування проводять упродовж усього схилу й у прилеглий до верхньої бровки зоні (для берегових схилів із обов'язковим захопленням їхніх підводних частин), у тому числі у випадках, коли територія проєктованого об'єкта займає частину схилу, а впоперек схилу – для виявлення улоговин стоку.

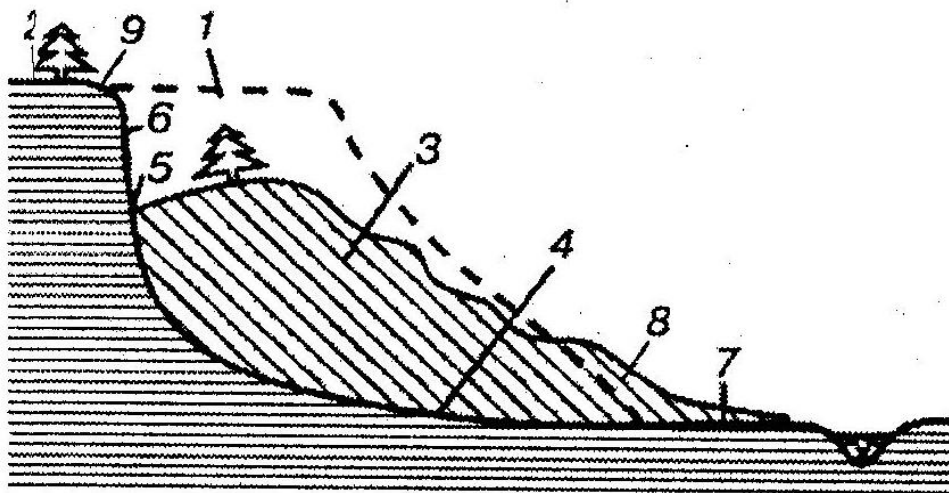


Рис. 5.3. Схема зсуву: 1 – початкове положення схилу; 2 – непорушений схил; 3 – тіло зсуву; 4 – поверхня сковзання; 5 – зсувна тераса; 6 – надзсувний уступ; 7 – підшва зсуву; 8 – бугор випирання; 9 – брівка зсуву (бровка зриву, тріщина відриву)

Додатково під час інженерно-геологічних вишукувань у районах поширення схилових процесів встановлюють:

- розміри, гіпсометричне положення, кути нахилу, історію розвитку, вік і генезис морфологічних елементів рельєфу;

- наявність поверхонь і зон ослаблення в масиві ґрунту, фізико-механічні властивості порід по цих зонах;
- напружено-деформований стан масиву гірських порід;
- сучасні тектонічні рухи, сейсмічність і тектонічну зрушеність гірських порід;
- властивості наявних гірських порід, що можуть впливати на розвиток схилових процесів;
- гідрогеологічні умови з оцінюванням їхнього впливу на розвиток зсувних і обвальних процесів;
- інтенсивність екзогенних процесів, що сприяють розвитку схилових процесів.

Проводять стаціонарні спостереження за зсувами і обвалами та роботою споруд інженерного захисту.

5.4. Селеві процеси

Селеві потоки – бурхливі тимчасові водяні потоки з великою концентрацією мінеральних частинок, що виникають у гірських районах внаслідок злив або швидкого танення снігів і льодовиків у горах (рис. 5.4).

Для забезпечення комплексного вивчення селів інженерно-геологічні вишукування в районах розвитку селевих процесів (селенебезпечних районах) обов'язково проводять разом з інженерно-гідрометеорологічними та інженерно-геодезичними вишукуваннями з урахуванням даних ландшафтних досліджень.

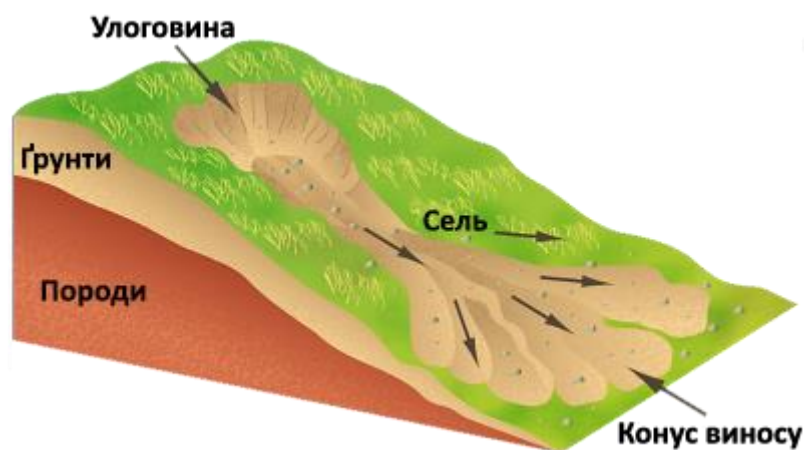


Рис. 5.4. Схема утворення селевих потоків

Під час інженерно-геологічних досліджень встановлюють генетичні типи селів, геоморфологічні характеристики селевих басейнів, механізм формування і типи селевих потоків, максимальні об'єми одноразових виносів селевої маси, масштабність процесу, динамічні параметри селів, фізико-механічні властивості ґрунтів у селевих осередках і зоні відкладень. За результатами досліджень розробляють рекомендації зі способів інженерного захисту об'єкта будівництва та оцінюють вплив проєктованого об'єкта на умови формування селів.

Для оцінювання селевої небезпеки території вивчають її непрямі ознаки, проводять камеральний аналіз топографічних та інженерно-геологічних карт, матеріалів аерофото- і космічної зйомки, а також обов'язково виконують маршрутні спостереження.

До складу геотехнічних досліджень включають визначення фізико-механічних властивостей селеформуєвальних ґрунтів і селевих відкладень – гранулометричного складу, щільності, пористості, вологості, пластичності, розмокання, кута природного укосу, коефіцієнта фільтрації, тиксотропних властивостей, міцнісних і деформаційних характеристик.

Дослідження селевих процесів за допомогою стаціонарних спостережень проводять у поєднанні з іншими видами робіт протягом трьох років або одного року, як виключення, якщо в даному районі дослідження селів проводилися раніше.

5.5. Ерозійні процеси

Руйнування гірських порід текучими водами називається ерозією. При цьому розрізняють площинне змивання, що супроводжується переробкою берегів (бокова ерозія) і глибинне розмивання (глибинна ерозія).

У районах розвитку бокової ерозії інженерно-геологічні вишукування супроводжуються гідрометеорологічними спостереженнями.

Вишуквальні роботи включають попередній аналіз існуючих матеріалів з переробки берегів і ефективності заходів інженерного захисту, маршрутні спостереження, інженерно-

геологічну зйомку майданчика будівництва й прилеглого узбережжя, кількісне оцінювання інтенсивності переробки берегів.

За результатами досліджень встановлюють основні геологічні та кліматичні фактори, що сприяють розвитку переробки берегів, оцінюють інтенсивність процесу переробки берегів у природних умовах, а також складають прогноз про вплив будівництва та експлуатації проєктованого об'єкта на ерозійні процеси і розробляють рекомендації з інженерного захисту безпосередньо як на майданчику вишукувань, так і на інших ділянках, близьких за природними умовами.

Стаціонарні спостереження за переробкою берегів і факторів, що її визначають, на майданчику проєктованого будівництва і типових (ключових) ділянках узбережжя виконують протягом усього періоду проєктування та експлуатації берегозахисних споруд.

5.6. Сейсмічні процеси

Сейсмічні процеси викликані землетрусами, вони являють собою коливальні рухи ґрунту, що створюють кінематичне збудження коливань будівельних об'єктів (рис. 5.5).

Інтенсивність сейсмічних впливів для району будівництва, майданчиків приймають у балах на підставі сейсмічного мікрорайонування та матеріалів інженерно-геологічних вишукувань відповідно до ДБН В.1.1-12:2014 [3]. Роботи з сейсмічного мікрорайонування виконують у складі інженерних вишукувань або окремо.

При розміщенні споруд на межах ділянок з різною сейсмічністю і в разі виявлення факторів, здатних вплинути на сейсмічність, проводять додаткові роботи з уточнення сейсмічності майданчика будівництва.

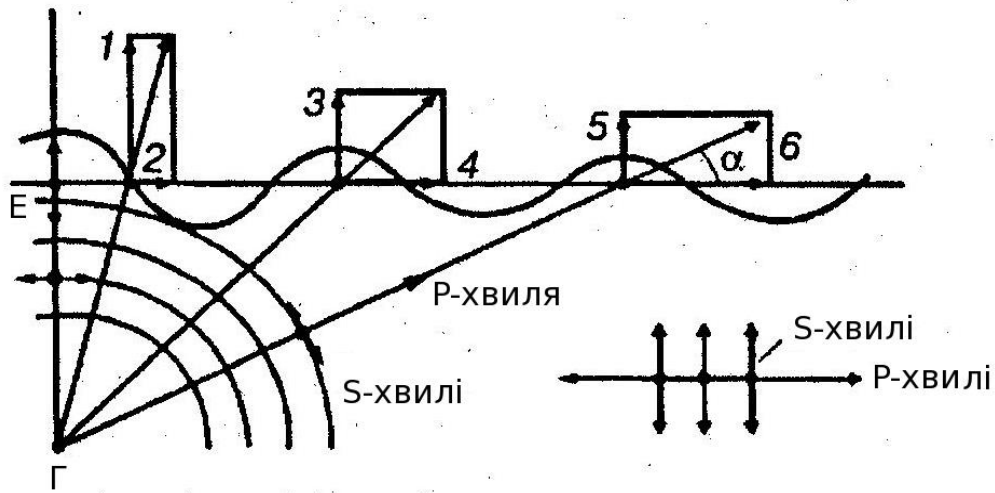


Рис. 5.5. Поширення коливальних рухів при землетрусах: Г – гіпоцентр; Е – епіцентр; Р – повздовжні хвилі; S – поперечні хвилі; 1-6 – нормальні та горизонтальні складові повздовжньої хвилі під час її виходу на поверхню

Контрольні питання

1. Якими природними геологічними явищами викликані інженерно-геологічні процеси?
2. Що спричиняє утворення зсувів?
3. Що таке карст?
4. Які існують різновиди суфозії?
5. Які причини утворення селевих потоків?
6. Що називається ерозією?
7. Які причини виникнення сейсмічних процесів?

6. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Безпосередньо дія підземних вод на умови будівництва та експлуатації будівель і споруд проявляється в такому:

- підтоплення частин інженерних споруд, комунікацій, будівельних котлованів, що знаходяться нижче поверхні землі, безпосередньо в ґрунті;
- корозійне руйнування матеріалів підземних конструкцій;
- вплив гідростатичного та гідродинамічного тиску підземних вод;
- зміна екологічних, санітарно-епідеміологічних і агрометеорологічних умов ділянок будівництва.

Опосередкований вплив підземних вод проявляється як зміна міцнісних і деформаційних властивостей ґрунтів, спричинення й активізація несприятливих для будівництва геологічних процесів (зсувів, карсту, просадок тощо) [11].

6.1. Види води в ґрунті

Об'єктом інженерно-гідрогеологічних вишукувань для будівництва є підземні води в усіх можливих станах, що впливають на інженерно-геологічні умови (рис. 6.1).

Водяна пара заповнює разом з повітрям не зайняті водою пори в гірських породах. Пароподібна вода має велику рухомість і пересувається з місць з більшою пружністю пари в місця з меншою її пружністю. Вона проникає в гірські породи, але може утворюватися в них за рахунок випаровування вологи.

Гігроскопічна вода утворюється на частинках породи в результаті згущення (конденсації) водяної пари, що проникає з повітря. Ця вода міцно утримується на поверхні частинок молекулярними силами, її можна усунути з породи тільки випаровуванням.

Гігроскопічна вода не рухається як рідина, а переміщується з одних шарів в інші тільки у вигляді водяної пари. Вміст гігроскопічної води в породі несталий і залежить від вологості повітря. Гірські породи містять різну кількість гігроскопічної води. Грубоуламкові породи містять її менше, ніж дрібнозернисті.

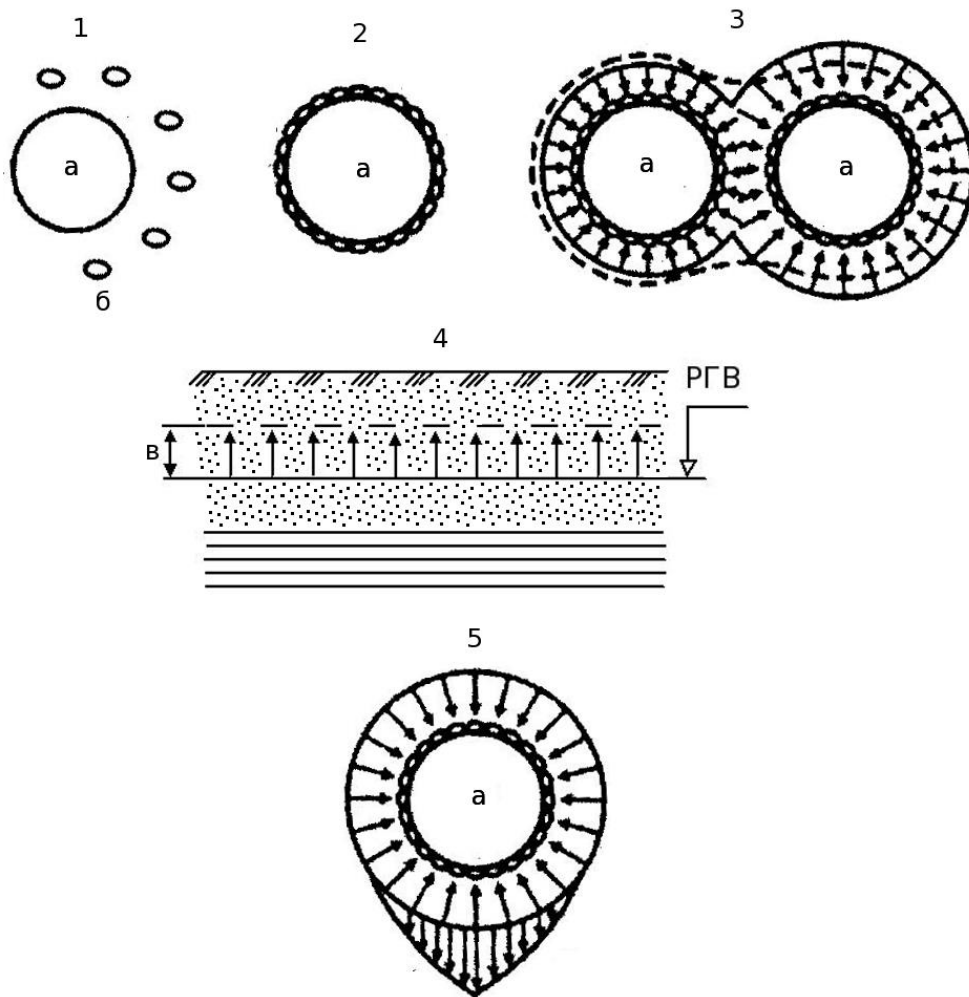


Рис. 6.1. Схеми різних станів води: 1 – пароподібна; 2 – гігроскопічна; 3 – плівкова; 4 – капілярна; 5 – вільна (гравітаційна); а – частинка гірської породи; б – молекула води; в – зона капілярного підняття води

Плівкова вода обволікає частинки породи у вигляді плівки, яка товстіша, ніж гігроскопічна вода. Плівкова вода теж утримується на частинках породи силами молекулярного притягання між частинками породи і молекулами води, причому молекулярні сили найміцніше зв'язують дуже тонкий шар води, який безпосередньо прилягає до частинки. Зі збільшенням товщини плівки ці сили швидко зменшуються і вплив їх на поверхню товстої водної плівки незначний.

Плівкова вода здатна дуже повільно переміщуватися під впливом молекулярних сил від частинок з товстішими плівками до частинок з тоншими. Отже, плівкова вода може переміщуватися від вологіших шарів породи до менш вологих

шарів. Плівкова вода не підлягає силі ваги, оскільки сили молекулярного притягання, що утримують плівкову воду в частинках породи, значно більші за силу ваги. Плівкова вода не передає гідростатичного тиску, бо вона не заповнює цілком усіх пор породи.

Плівкова вода переходить у пароподібну вже при звичайній температурі, тобто повітряно суха порода не містить плівкової води.

Плівкова вода міститься в більшій кількості в дрібнозернистих породах і в меншій – у грубозернистих.

Гравітаційна вода поділяється на *капілярну* та *вільну*;

- *капілярна вода* заповнює капілярні пори і утримується в них силами поверхневого натягу. Капілярні сили до певної міри перевищують сили ваги, тому капілярна вода може підійматися над рівнем вільної поверхні підземних вод на ту чи іншу висоту, утворюючи так звану капілярну зону;

- *вільна вода*, на відміну від капілярної, заповнює всі пори породи. Переміщується виключно під впливом сили ваги і часто утворює підземні потоки.

Вода у твердому стані зустрічається в гірських породах, що мають від'ємну температуру. Гірські породи в мерзломому стані утворюють сезонну та багаторічну мерзлоту.

Кристалізаційна та хімічно зв'язана вода. Такі води входять до складу кристалічної решітки різних мінералів.

6.2. Види і обсяги гідрогеологічних досліджень

Інженерно-гідрогеологічні вишукування виконують у комплексі інженерно-геологічних вишукувань або окремо з метою отримання відомостей про інженерно-гідрогеологічні умови території і даних для проєктів будівництва або проєктів захисту будівель, споруд і територій від небезпечних процесів [11].

Види й обсяги інженерно-гідрогеологічних робіт визначаються цільовим призначенням вишукувань і ступенем гідрогеологічної вивченості території.

До складу інженерно-гідрогеологічних вишукувань входять:

1) *дослідно-фільтраційні роботи* (відкачки, наливи, нагнітання), виконувані з метою отримання гідрогеологічних

параметрів для розрахунків дренажів, водознижувальних систем, протифільтраційних завіс, водопритоку в котловани й колектори, тунелі, витоків із водосховищ, накопичувачів, а також для розроблення прогнозів;

2) *гідрохімічне опробування та хімічний аналіз підземних вод*, виконувані для оцінювання агресивних властивостей води до бетонів і металів, а також оцінювання видів і ступеня забруднення підземних вод; кількість відібраних проб і аналізів має бути не меншим трьох;

3) *стаціонарні спостереження*, проводжувані з метою отримання інформації про розвиток інженерно-геологічних і гідрогеологічних процесів, їхню циклічність, вплив на стан і експлуатаційну придатність будівель і споруд.

У процесі гідрогеологічних вишукувань у першу чергу визначають такі фізичні властивості підземних вод: температуру, колір, прозорість, смак і запах.

Температура змінюється в широких межах. У зонах багаторічної мерзлоти води мають температуру мінус 5 °С і нижче. У районах вулканічної активності і виходу гейзерів може перевищувати 100 °С. Температура підземних вод, які неглибоко залягають у середніх широтах, змінюється в межах 5-12 °С.

Колір залежить від мінеральних та органічних домішок. Жовтуватого та буруватого кольору надають органічні домішки, закисні з'єднання заліза та сірководень надають воді зеленувато-блакитних відтінків. Частіше підземні води не мають кольору.

Прозорість залежить від кількості мінеральних та органічних речовин. Для визначення ступеня прозорості треба заміряти висоту стовпа води в сантиметрах, через який можна прочитати спеціальний шрифт.

Смак залежить від мінеральних та органічних речовини, газів і домішок, розчинених у воді. При вмісті хлористого натрію до 500 мг/л вода має солодкуватий смак, якщо більше 500 мг/л – солоний; сульфати магнію надають гіркового присмаку; солі заліза – терпкого; органічні речовини солодкуватого, гідрокарбонати кальцію та магнію, а також вільна вуглекислота – приємного освіжаючого. Слабомінералізовані дощові води мають неприємний смак. Для визначення смаку беруть воду, нагріту до температури 20-30 °С.

Запаху підземні води майже не мають. Іноді сірководень надає воді запаху тухлих яєць. Зустрічаються води з «болотним», гнилісним, пліснявілим запахом. Для визначення запаху воду підігрівають до температури 50-60 °С. Питна вода не повинна мати жодного запаху.

Хімічний склад води свідчить, що в підземних водах знайдено більше 80 елементів періодичної системи Д. І. Менделєєва, тобто підземні води є природними розчинами. Хімічні властивості води визначаються кількістю і співвідношенням катіонів та аніонів.

Активна реакція. При температурі 22 °С у чистій воді кількість водневих і гідроксильних іонів дорівнює 10^7 , тобто для нейтральних вод $pH = 7$. Якщо $pH > 7$, вода має лужну реакцію, при $pH < 7$ – кислу.

Частіше підземні води мають слаболужну реакцію.

Жорсткість – це особлива якість води, обумовлена присутністю іонів Ca^{2+} та Mg^{2+} . Розрізняють:

а) *загальну жорсткість*, обумовлену присутністю у воді солей кальцію та магнію $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$, $CaSO_4$, $MgSO_4$, $CaCl_2$, $MgCl_2$;

б) *карбонатну* – присутність у воді бікарбонатів кальцію $Ca(HCO_3)_2$ і магнію $Mg(HCO_3)_2$, які випадають в осад;

в) *постійну*, яка залишається у воді після вилучення бікарбонатів.

Жорсткість виражають у міліграм-еквівалентах (мг-екв) Ca^{2+} та Mg^{2+} на 1 л води; 1 мг-екв відповідає вмісту 20,04 мг/л Ca^{2+} або 12,16 мг/л Mg^{2+} .

Для питних потреб найбільш прийнятні води з загальною жорсткістю 3-7 мг-екв.

6.3. Визначення ступеня агресивного впливу підземних вод на бетонні й залізобетонні конструкції

Підземні води можуть спричиняти корозію бетонних, залізобетонних та інших конструкцій за рахунок наявності в них розчинених неорганічних речовин – кислот, солі, луг, їхньої концентрації чи інших кількісних показників. Корозійну активність кількісно оцінюють ступенем агресивної дії та

індексом класу середовища згідно з ДСТУ Б В.2.6-145:2010 [8], залежно від яких призначають заходи захисту від корозії.

Для бетону показниками активності середовища є:

- *бікарбонатна лужність* – концентрація гідрокарбонатного іону HCO_3^- , мг-екв/л, або жорсткість, град (1 град = 0,35 мг-екв/л). М'яка вода з бікарбонатною лужністю, близькою до нуля, здатна спричиняти фізико-хімічну слабоагресивну дію (розчиняти і вимивати складові цементного каменю) на нещільний бетон (марки з водронепроникності W4 і менше). Із збільшенням бікарбонатної лужності ступінь агресивної дії знижується;

- *водневий показник pH* – десятковий логарифм концентрації іона водню, г-іон/л, із від'ємним знаком (наприклад при $\text{pH} = 7$ концентрація іона водню дорівнюється 10^{-7} г-іон/л). При значеннях pH від 0 до 7 середовища є кислими, при $\text{pH} = 7$ – нейтральними, при pH від 7 до 14 – лужними. Із зменшенням pH , тобто зі збільшенням кислотності, ступінь агресивної дії рідких середовищ на бетон зростає;

- *вміст агресивної вуглекислоти $\text{CO}_{2\text{агр}}$* (розчиненого у воді вуглекислого газу), *магnezіальних солей* у перерахунку на іон Mg^{2+} , *амонійних солей* у перерахунку на іон NH_4^+ , *їдких луг* у перерахунку на іони Na^+ і K^+ , мг/л. Ці агенти спричиняють хімічну дію на цементний камінь бетону, їхній ступінь агресивної дії зі збільшенням концентрації зростає;

- *сумарний вміст розчинних солей* – хлоридів, сульфатів, нітратів тощо, мг/л, тільки за наявності в конструкції поверхонь, що випаровують. Такі поверхні обумовлюють наявність у конструкції градієнта вологості, пересування рідкого середовища до цих поверхонь і кристалізацію солей під нею за рахунок випаровування, тобто фізико-хімічну дію. Ступінь агресивної дії зі збільшенням концентрації зростає. При повному зануренні конструкції чи відсутності поверхонь, що випаровують, ця дія не проявляється;

- *вміст сульфатів* у перерахунку на іон SO_4^{2-} , мг/л. Сульфати реагують з алюмінатними складовими цементного каменю з утворенням продукту корозії, що кристалізується в порах бетону, спричиняючи фізико-хімічну дію. Ступінь агресивної дії зі збільшенням концентрації також зростає.

Вміст вказаних агентів у ґрунтових, стічних та інших водах визначають за результатами їхнього хімічного аналізу.

Крім того, ступінь агресивної дії визначається такими показниками:

- наявністю гідростатичного напору (для напірних споруд), від якого залежить рух у бетоні агресивних агентів і продуктів корозії;

- коефіцієнтом фільтрації ґрунту (при дії ґрунтових вод) – чим нижчою є фільтруюча здатність, від якої залежить швидкість підведення агресивних агентів і введення продуктів корозії, тим меншим є ступінь агресивної дії. Коефіцієнт фільтрації ґрунту визначають за результатами його лабораторного аналізу;

- маркою бетону з водонепроникності – чим вищою є водонепроникність, а отже, щільність бетону, від яких залежить швидкість руху в бетоні агресивних агентів і продуктів корозії, тим меншим є ступінь агресивної дії;

- видом цементу – тільки за показником вмісту сульфатів. При використанні для виготовлення конструкції портландцементу ступінь агресивної дії є максимальним, шлакопортландцементу – дещо меншим, сульфатостійких цементів – мінімальним, у зв'язку зі зменшенням у наведеному ряді цементів кількості алюмінатних складових.

Для арматури залізобетону показником агресивності є *вміст хлоридів* у перерахунку на іон Cl^- , мг/л, які спричиняють електрохімічну дію на сталеву арматуру. При цьому ступінь агресивної дії залежить від характеру впливу рідкого середовища – більш агресивним є середовище при періодичному змочуванні конструкції, аніж при постійному зануренні.

Ступінь агресивної дії рідких неорганічних середовищ, у тому числі ґрунтових вод, на бетон, а також інші цементні матеріали – азбестоцемент, мурувальні цементні розчини, залежно від наведених вище показників визначають за табл. 6.1, 6.2, на арматуру залізобетонних конструкцій – за табл. 6.3 (ДСТУ Б В.2.6-145:2010) [8].

Індекс класу середовища на бетонні і залізобетонні конструкції визначають за табл. 6.4 (ДСТУ Б В.2.6-145:2010) [8].

Таблиця 6.1

Ступінь агресивної дії рідких неорганічних середовищ і ґрунтових вод на бетон, залізобетон, азбестоцемент, цементні розчини¹

Показник агресивності	Показник агресивності рідкого середовища для споруд, розташованих у ґрунтах з коефіцієнтом фільтрації понад 0,1 м/доба, у відкритому водоймищі та для напірних споруд при марці бетону з водонепроникності ²		Ступінь агресивної дії
	W4	W6	
Бікарбонатна лужність, мг-екв/л (град) ³	Понад 0 до 1,05 (3)	-	Слабоагресивний
Водневий показник рН	Понад 5 до 6,5 " 4 " 5 " 0 " 4	Понад 4 до 5 " 3,5 " 4 " 0 " 3,5	Слабоагресивний Середньоагресивний Сильноагресивний
Вміст агресивної вуглекислоти, мг/л	Понад 10 до 40 " 40	Понад 40 ⁴ -	Слабоагресивний Середньоагресивний
Вміст магнезійних солей, мг/л, у перерахунку на іон Mg ²⁺	Понад 1000 до 2000 " 2000 " 3000 " 3000	Понад 2000 до 3000 " 3000 " 4000 " 4000	Слабоагресивний Середньоагресивний Сильноагресивний
Вміст амонійних солей, мг/л, у перерахунку на іон NH ₄ ⁺	Понад 100 до 500 " 500 " 800 " 800	Понад 500 до 800 " 800 " 1000 " 1000	Слабоагресивний Середньоагресивний Сильноагресивний
Вміст їдких лугів, мг/л, у перерахунку на іони Na ⁺ і K ⁺	Понад 50000 до 60000 " 60000 " 80000 " 80000	Понад 60000 до 80000 " 80000 " 100000 " 100000	Слабоагресивний Середньоагресивний Сильноагресивний
Сумарний вміст сульфатів, хлоридів, нітратів та інших солей, мг/л, за наявності поверхонь, що випаровують ⁵	Понад 10000 до 20000 " 20000 " 50000 " 50000	Понад 20000 до 50000 " 50000 " 60000 " 60000	Слабоагресивний Середньоагресивний Сильноагресивний

Примітки: ¹ Показники агресивності для залізобетону, азбестоцементу, цементних розчинів приймати як для бетону W4.

² Для конструкцій, розташованих у слабофільтруючих ґрунтах з коефіцієнтом фільтрації менше 0,1 м/доба, значення показників необхідно помножити на 1,3.

³ При будь-яких значеннях бікарбонатної лужності середовище неагресивне для бетонів W6 і більше, а також W4 при коефіцієнті фільтрації ґрунту менше 0,1 м/доба.

⁴ При більших значеннях показника ступінь агресивної дії не зростає.

⁵ Вміст сульфатів не має перевищувати границь, вказаних у табл. 6.2.

Таблиця 6.2

Ступінь агресивної дії сульфатвмісних рідких середовищ і ґрунтових вод на бетон, залізобетон, азбестоцемент, цементні розчини

Цемент	Показник агресивності рідкого середовища з вмістом сульфатів у перерахунку на іони SO_4^{2-} , мг/л, для споруд, розташованих у ґрунтах з коефіцієнтом фільтрації понад 0,1 м/доба, у відкритому водоймищі та для напірних споруд при вмісті іонів HCO_3^- , мг-екв/л ¹			Ступінь агресивної дії на бетон марки з водопроникності W_4^2
	Понад 0,0 до 3,0	Понад 3,0 до 6,0	Понад 6,0	
Портландцемент	Понад 250 до 500 " 500 " 1000 " 1000	Понад 500 до 1000 " 1000 " 1200 " 1200	Понад 1000 до 1200 " 1200 " 1500 " 1500	Слабоагресивний Середньоагресивний Сильноагресивний
Портландцемент з вмістом у клінкері $\text{C}_3\text{S} \leq 65\%$, $\text{C}_3\text{A} \leq 7\%$, $(\text{C}_3\text{A} + \text{C}_4\text{AF}) \leq 22\%$ і шлакопортландцемент	Понад 1500 до 3000 " 3000 " 4000 " 4000	Понад 3000 до 4000 " 4000 " 5000 " 5000	Понад 4000 до 5000 " 5000 " 6000 " 6000	Слабоагресивний Середньоагресивний Сильноагресивний
Сульфатостійкі цементи	Понад 3000 до 6000 " 6000 " 8000 " 8000	Понад 2000 до 3000 " 3000 " 4000 " 4000	Понад 8000 до 12000 " 12000 " 15000 " 15000	Слабоагресивний Середньоагресивний Сильноагресивний

Примітки: ¹ Для конструкцій, розташованих у слабофільтруючих ґрунтах з коефіцієнтом фільтрації менше 0,1 м/доба, значення показників необхідно помножити на 1,3.

² Для бетонів W_6 і більше значення показників необхідно помножити на 1,3, а для W_8 – на 1,7.

Таблиця 6.3

Ступінь агресивної дії хлоридвмісних рідких середовищ і ґрунтових вод на залізобетон

Вміст хлоридів ¹ у перерахунку на іон Cl^- , мг/л	Ступінь агресивної дії на арматуру залізобетонних конструкцій при постійному зануренні		при періодичному змочуванні ²
	Неагресивний	"	
Понад 250 до 500	Неагресивний	"	Слабоагресивний
Понад 500 до 5000	"	"	Середньоагресивний
Понад 5000	Слабоагресивний	"	Сильноагресивний

Примітки: ¹ У зоні змінного рівня рідкого середовища і капілярного підняття.

² При одночасному вмісті хлоридів і сульфатів вміст сульфатів перераховують у вміст хлоридів множенням на 0,25 і сумують з вмістом хлоридів.

Таблиця 6.4

Класифікація експлуатаційних середовищ за дією на бетон і залізобетонні конструкції

Індекс класу середовища	Характеристика середовища	Приклад середовища
1	2	3
1. Середовище без ознак агресивної дії		
XO	Для бетону без арматури і закладних деталей – всі середовища, крім дії попереминого заморожування – відтавання, стирання або хімічної агресивної дії. Для залізобетону – дуже сухе середовище	Всередині сухих приміщень
2. Середовище з попереминим заморожуванням і відтаванням в умовах:		
XF1	помірного водонасичення без антиобморожувачів	Вертикальні поверхні будівель і споруд при дії дощу і морозу
XF2	помірного водонасичення з застосуванням антиобморожувачів	Вертикальні поверхні транспортних споруд
XF3	сильного водонасичення без антиобморожувачів	Горизонтальні поверхні доріг та інших споруд при дії дощу і морозу
XF4	сильного водонасичення (у т. ч. морською водою) із застосуванням антиобморожувачів	Горизонтальні поверхні доріг і мостів, сходи зовнішніх сходів і т. ін. Зона змінного рівня для морських споруд при дії морозу
3. Середовище, що містить хімічно активні речовини, у т. ч. ґрунт і ґрунтові води:		
XA1	з незначною кількістю агресивних речовин	–
XA2	з помірним вмістом агресивних речовин	–
XA3	з великим вмістом агресивних речовин	–
4. Середовище, що містить хлориди (крім морської води), виключно солі, що застосовують як антиобморожувачі, і обумовлює корозію сталевій арматурі залізобетону або закладних деталей:		
XD1	помірно вологе	Бетон піддається дії аерозолів, що містять хлориди
XD2	вологе, іноді сухе	Плавальні басейни. Бетон піддається дії промислових вод, що містять хлориди
XD3	в умовах попереминого зволоження і висушування	Покриття доріг, тротуарів, мостів

Продовження табл. 6.4

1	2	3
5.	Морська вода або аерозолі морської води, які обумовлюють корозію сталевий арматури залізобетону або закладних деталей:	
XS1	за відсутності прямого контакту конструкції з морською водою	Берегові споруди
XS2	при постійному перебуванні конструкції у воді	Фундаменти морських споруд
XS3	перебуванні конструкції у припливній зоні, дії на неї бризок, хвиль	Частини морських споруд у зоні змінного рівня води
6.	Середовище, що містить вуглекислий газ і обумовлює карбонізацію захисного шару бетону залізобетонних конструкцій:	
XC1	постійно сухе або постійно вологе	Всередині сухих приміщень з низькою вологістю. Бетон постійно під водою
XC2	вологе, іноді сухе	Поверхня бетону піддається тривалому зволоженню. Більшість фундаментів
XC3	помірно вологе (вологі приміщення, вологий клімат)	Бетон всередині приміщень з помірною вологістю. Бетон на відкритому повітрі, але захищений від опадів
XC4	Попереміне зволоження і висушування	Поверхня бетону періодично має контакт з водою

Примітка. ¹ Агресивна дія має бути додатково досліджена:

- при перевищенні границь вмісту хімічно активних речовин;
- хімічному забрудненні ґрунту і води;
- швидкості течії води, що містить хімічно активні речовини, понад 1 м/с.

Контрольні питання

1. У чому проявляється вплив підземних вод на умови будівництва?
2. У якому вигляді знаходиться вода в ґрунті?
3. Які роботи входять до складу інженерно-гідрогеологічних вишукувань?
4. Які фізичні властивості підземних вод визначають під час гідрогеологічних вишукувань?
5. Перелічіть показники корозійної активності середовища для бетону.
6. Перелічіть показники корозійної активності середовища для арматури залізобетону.
7. Яким чином наявність сульфатів впливає на бетон конструкцій?
8. Що таке жорсткість води?

7. ОСОБЛИВИ ВИДИ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

7.1. Стаціонарні спостереження

Стаціонарні спостереження за станом елементів геологічного середовища, конструкцій будівель і споруд, якщо це передбачено програмою, починають виконувати в рамках інженерно-геологічних вишукувань у процесі моніторингу та продовжують у процесі виконання безпосередньо вишукувальних робіт.

Системи стаціонарних спостережень створюють при будівництві об'єктів у складних інженерно-гідрогеологічних умовах з метою визначення показників динамічного розвитку небезпечних процесів, визначення ступеня впливу будівельного об'єкта на резонансні фактори навколишнього середовища і оцінювання впливу цього середовища на об'єкт.

Стаціонарні спостереження проводять з метою отримання інформації про розвиток інженерно-геологічних і гідрогеологічних процесів, їхню циклічність, вплив на стан і експлуатаційну придатність будівель і споруд.

У деяких випадках стаціонарні спостереження виконують у процесі будівництва, якщо процес будівництва викликає зміни умов з реалізацією проєктних рішень, за відсутності доступу до місця робіт, а також як контроль за дотриманням проєктних рішень і нормативних вимог, при здійсненні функцій авторського нагляду.

Під час стаціонарних спостережень виконуються такі види робіт:

- геотехнічний контроль;
- обстеження котлованів, траншей, тунелів та інших будівельних виїмок як основ для фундаментів;
- контрольні визначення характеристик властивостей ґрунтів після їхньої технічної меліорації (ущільнення, цементації, силікатизації тощо);
- визначення відповідності фактичних інженерно-геологічних умов прийнятим у проєкті;

- контроль рівня підземних вод, у тому числі при будівельному водозниженні;

- спостереження за розвитком інженерно-геологічних процесів і факторів, обумовлених господарським освоєнням території, уточнення прогнозу розвитку небезпечних процесів.

Під час стаціонарних спостережень фахівцям необхідно забезпечити отримання достовірних кількісних показників зміни всіх складових геологічного середовища як у часі, так і просторі. Найбільш ефективними засобами проведення стаціонарних спостережень є режимні геофізичні дослідження, які включають періодичні вимірювання одних і тих самих точок або профілів, вимірювання за допомогою прикріплених датчиків і приймачів, а також проведення режимних спостережень на спеціально обладнаних для цього гідрогеологічних свердловинах.

Тривалість процесу спостереження становить не менше, ніж один гідрологічний рік або сезон, під час якого проявляється процес, а періодичність спостережень має повною мірою забезпечувати реєстрацію екстремальних змін складових геологічного середовища за весь термін спостереження. Спостереження проводяться на спеціально відведених для цього пунктах, частину з яких можна використовувати для проведення спостережень під час і після завершення будівництва.

7.2. Спеціалізовані вишукування

Під час інженерно-геологічних вишукувань з метою раціоналізації дослідницького та будівельного процесу додатково проводяться спеціалізовані вишукування, які можуть включати моніторинг навіколишнього середовища, інжиніринг будівельних об'єктів, кадастрові роботи, бурові та гірничопрохідницькі роботи під час будівництва, екологічні дослідження – дослідження забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод, випробування натурних палів та ін.

Широко використовуються спеціалізовані методи, що включають пошук і розвідку підземних вод, а також проєктування та буріння розвідувально-експлуатаційних свердловин для питного й технічного водопостачання. При цьому виконується такий комплекс робіт: збір і аналіз матеріалів про гідрогеологічні

умови району досліджень і експлуатації діючих водозаборів підземних вод; проходка гірничих виробок для забору проб води та дослідно-фільтраційних робіт; дослідження складу і санітарного стану підземних вод.

Розвідування ґрунтових будівельних матеріалів виконується для отримання необхідних і достатніх даних про джерела, кількість і якість ґрунтових будівельних матеріалів (піщаних, глинистих, напівскельних і скельних, а також відвалів гірських порід і промислових підприємств), призначених для зведення земляних споруд (дамб, гребель, доріг і т. п.). До складу досліджень ґрунтових будівельних матеріалів входять такі роботи: збір і вивчення матеріалів вишукувань минулих років; проходка гірничих виробок для відбору проб ґрунту; геофізичні та гідрогеологічні дослідження; лабораторні дослідження проб ґрунтових матеріалів.

При будівництві залізниць найчастіше проводиться такий вид спеціалізованих вишукувань, як створення штучних геотехнічних масивів – насипів і виїмок. Крутість укосів насипу і виїмок слід визначати залежно від виду ґрунту, висоти насипу і глибини виїмки з урахуванням геологічних, гідрогеологічних, гідрологічних і кліматичних умов місцевості, а також намічуваних способів виконання робіт.

Технічне завдання на спеціалізовані вишукування складають з обов'язковим зазначенням конкретної мети робіт і вимог до кінцевих результатів. Програма виконання спеціалізованих вишукувань має містити дані про цілі, обсяги, методи виконання робіт і вимоги до результатів цих робіт.

7.3. Космічна зйомка

Розвиток космічної техніки забезпечив збільшення масштабів космічних знімків, що призвело до поєднання аеро- і космічних методів у єдиний напрям геологічних досліджень – дистанційне геологічне зондування.

У наш час у геології застосовують результати різних видів космічних зйомок [1].

Космічна фотографічна зйомка поверхні Землі з висоти 150-200 км здійснюється за допомогою пілотованих космічних

кораблів, орбітальних станцій автоматичними ручними камерами, фотографуючими автоматами та напівавтоматами.

Відмінною рисою космічної фотозйомки є високий ступінь обзорності, охоплення знімком великих площ поверхні.

Залежно від типу використовуваної апаратури і фотоплівок фотографування може здійснюватись у всьому видимому діапазоні електромагнітного спектра, а також у ближньому інфрачервоному (ІЧ) діапазоні.

Телевізійна космічна зйомка відрізняється від фотозйомки тим, що дає зображення з меншим розділенням. Переваги космічної ТБ-зйомки – велика швидкість і оперативність. ТБ-зйомка має багатоступінчасту і складну передачу телезображення і виконується з втратами інформативності. Растрові смуги, характерні для ТБ-зображення, заважають дешифруванню.

Сканерна космічна зйомка використовує багатоспектральні оптико-механічні системи-сканери, встановлені на штучних супутниках Землі різного призначення. За допомогою сканерів формують зображення, яке складається з багатьох окремих послідовно одержаних елементів. Сканерне зображення можна одержувати у всіх спектральних діапазонах, особливо ефективними є видимий та ІЧ-діапазони.

За якістю сканерний знімок уступає фотографічному, але в нього є переваги – легкість одержання, швидка автоматична подача сигналів з різних штучних супутників Землі на Землю, можливість подання в цифровому вигляді, зручному для обробки та коригування на ЕОМ (електронно-обчислювальних машинах).

Радіолокаційна (радарна) зйомка (РЛ-зйомка) – важливий вид дистанційних досліджень. Використовується в умовах, коли безпосередньому дослідженню поверхні планет перешкоджають природні умови: туман, щільна хмарність. При РЛ-зйомці застосовують радіолокатори бокового обзору, встановлені на літаках і штучних супутниках Землі.

За допомогою бокового огляду РЛ-зйомка здійснюється в радіодіапазоні електромагнітного спектра.

При дешифруванні РЛ-зйомків треба враховувати тон радарного зображення та його текстуру. Смуриста текстура РЛ-зйомків характерна для гірських районів, де масиви

складаються чергуванням пластів осадових і метаморфічних порід, масивна – для районів, де розповсюджені глибинні магматичні породи. Краще за все на РЛ-зйомках виходить гідросітка.

Інфрачервона зйомка заснована на виявленні теплових аномалій шляхом фіксації теплового випромінювання об'єктів Землі, обумовленого ендегенним теплом або сонячним випромінюванням.

Температурні неоднорідності поверхні Землі виникають у результаті неоднорідного нагрівання різноманітних її ділянок.

Сонячне (зовнішнє) та ендегенне (внутрішнє) тепло нагріває геологічні об'єкти по-різному залежно від літологічних властивостей порід, теплової інерції, вологості та інших причин. ІЧ-випромінювання, проходячи крізь атмосферу, вибірково поглинається, у зв'язку з чим теплову зйомку можна проводити тільки в зоні розташування так званих вікон прозорості – місць пропускання ІЧ-променів.

У вікні (до 0,84 мкм) використовують віддзеркалене сонячне випромінювання, застосовують спеціальні фотоплівки. Зйомку в цьому діапазоні називають ІЧ-фотозйомкою. В інших вікнах прозорості працюють вимірювальні пристрої – тепловізори, які перетворюють невидиме ІЧ-випромінювання у видиме за допомогою електронно-променевих трубок, фіксуючи теплові аномалії.

ІЧ-зйомка допомагає вивчати дно шельфу континентів, застосовується при пошуку підземних вод і в інженерній геології.

Спектрометрична зйомка проводиться з метою вимірювання відзеркалювальної здатності гірських порід. Знання значень коефіцієнта спектральної яскравості гірських порід допомагає дешифрувати геологічні знімки. За допомогою спектрометричної зйомки складають банк даних коефіцієнтів спектральної яскравості відомих гірських порід.

Магнітна зйомка з космосу проводиться з 1958 р. Дані магнітних вимірювань після обробки на ЕОМ дозволяють одержувати кругосвітні профілі або карти головного магнітного поля Землі. Магнітометри, встановлені на автоматичних міжпланетних станціях, дають можливість вивчати магнітне поле планет Сонячної системи.

Лазерна зйомка заснована на використанні монохроматичного випромінювання з фіксованою довжиною хвилі. Постійність довжини хвилі лазера дає можливість уточнювати параметри орбіти Землі та інших планет, фіксувати переміщення окремих блоків у земній корі.

7.4. Аерометоди

Аерометоди являють собою сукупність методів досліджень і картування поверхні Землі, природних явищ та об'єктів природного і культурного ландшафтів з літальних апаратів. Аерометоди поділяють на такі види:

1) аерофотографічні, застосовують в усій видимій частині спектра (0,4-0,8 мкм) та інфрачервоної, близькій до неї (0,8-1,1 мкм);

2) фотоелектронні, які працюють у тих самих частинах спектра, що й попередні, а також в ультрафіолетових (0,01-0,4 мкм), інфрачервоних (1,2-25 мкм) і радіохвильових (від 1 мм до декількох метрів) променях. Вони відрізняються від попередніх більш вузьким спектральним діапазоном;

3) аерогеофізичні, які базуються на реєстрації гамма-випромінювання Землі та параметрів її фізичних полів;

4) аеровізуальні – обмежені видимою частиною спектра.

Аерометоди можуть використовуватися як у комбінаціях між собою, так і в комплексі з наземними методами досліджень і картування місцевості, наприклад при геологічних дослідженнях разом з вивченням відслонень гірських порід, буріння тощо.

Аерофотографічні методи застосовуються з початку ХХ ст., вони головні за обсягом і повнотою використання. Реєстрація інформації виконується за допомогою аерофотоапарата на чорно-білих і кольорових плівках різної світлочутливості. Дані, одержані за допомогою аерометодів, застосовують при інвентаризації лісів, меліорації, проєктуванні залізниць та автомобільних доріг, ліній дротових передач і трубопроводів; також при всіх видах географічних досліджень; різних геологічних роботах: складання карт, вивчення тектонічних процесів, будови морського узбережжя; гідрологічні, інженерно-геологічні дослідження та пошуки корисних копалин; вивчення

рельєфу, ґрунтів і рослинності, процесів по берегах водоймищ; вирішення містобудівельних і транспортних проблем.

Фотоелектронні методи знаходяться на стадії становлення. Їх почали застосовувати у 60-ті рр. ХХ ст. Вони необхідні для одержання зображення місцевості у видимій частині спектра зі значно більшою диференціацією об'єктів за їхньою спектральною яскравістю в більш вузьких ділянках спектра, ніж при аерофотозйомці.

Практично використовують такі види фотоелектронних методів: спектрометричний, ультрафіолетовий, інфратепловий, радіотепловий і радарний.

Спектрометрична зйомка найбільш ефективна для передачі особливостей ландшафту при аерофотозйомці та безпосереднього збільшення інформації про гірські породи та рослинність.

Ультрафіолетова аерозйомка заснована на властивості деяких гірських порід і рослин під впливом ультрафіолетового випромінювання (зокрема з повітря) флюоресціювати, що дозволяє фіксувати їхні контури на аерознімках. Позитивні результати одержано при пошуках нафти, газу, урану, виділенні серед посівів уражених ділянок.

Інфратеплова та радіотеплова аерозйомки дають можливість реєструвати різницю об'єктів за їхніми температурними характеристиками. Завдяки цьому на «теплових» аерознімках можна виявляти водотоки під покривом рослинності, течії, косяки риб у водоймах, геотермічні аномалії вулканічного походження, контакти деяких гірських порід, контури вогню в диму лісових пожеж тощо.

Радарна аерозйомка може бути виконана при різній довжині хвиль, частотах і формах імпульсів. Це дає можливість незалежно від стану атмосфери в будь-яку годину доби одержати таке зображення місцевості, за яким частково можна дешифрувати речовий склад, структуру та вологість поверхневих гірських порід, морського льоду. Скануючий радіолокаційний промінь визначеного параметра дозволяє проникнути крізь сніг, наземну рослинність, покривні відкладення гірських порід на глибину декількох метрів.

Аерогеофізичні методи, які з'явилися всередині ХХ ст., ґрунтуються на фіксації та вимірюванні гама-випромінювання

Землі, а також параметрів її магнітного, гравітаційного, електричного полів. Порівняно з іншими методами ці дозволяють досягти більшої «глибинності» вивчення земної кори.

Аерогеофізичні методи містять аеромагнітну, аерорадіометричну, аерогравіметричну зйомки, аероелектророзвідку та аеросейсморозвідку.

Аеровізуальні методи використовують як приймач інформації око людини, яке розрізняє об'єкти за їхніми яскравістю і кольоровими контрастами у видимій частині спектра електромагнітних хвиль. Ці методи дозволяють вивчати з повітря будь-який наземний об'єкт у його натуральному вигляді. Аеровізуальні спостереження застосовують частково як доповнення, а частково замість наземних досліджень. Це стосується територій, які ще не обстежувались, з метою підвищення ефективності топографічних, геологічних та інших робіт.

Контрольні питання

1. Яка мета проведення стаціонарних спостережень?
2. Які з інженерно-геологічних вишукувань належать до спеціалізованих?
3. Якими бувають методи космічної зйомки?
4. Класифікація аерометодів.

8. ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В СПЕЦИФІЧНИХ УМОВАХ

8.1. Інженерно-геологічні вишукування для підземного будівництва

Тунелі та інші підземні споруди закладають у товщі земної кори, їхні конструкції, методи і засоби побудови великою мірою залежать від властивостей гірського масиву.

Інженерно-геологічні вишукування для обґрунтування підземного будівництва слід здійснювати з повнотою, достатньою для оцінювання умов будівництва та розроблення прогнозів взаємодії геологічного середовища з підземними спорудами [6, 7, 9].

При підземному будівництві досліджується товща ґрунтів, що на 30-40 м вище і на 8-10 м нижче лотка споруди, а за відсутності вище зводу стійких ґрунтів – вся товща ґрунтів від поверхні землі до відміток на 8-10 м нижче лотка споруди.

Інженерно-геологічні вишукування для підземного будівництва включають такі етапи робіт:

1. Підготовчий етап – оцінювання вивченості території, вивчення наявних літературних і картографічних матеріалів з топографії, геології і гідрогеології району.

2. Проведення інженерно-геологічної зйомки території будівництва – вивчення відслонень земної кори, стійкості ґрунтових мас, потужності і хімічного складу джерел, що виходять на поверхню, характеру рельєфу. Під час цього етапу вишукувань проводиться визначення географічного положення і транспортних зв'язків району будівництва, орографія і гідрографія, кліматичні умови, наявність будівельних матеріалів.

3. Вибір просторового розміщення підземної споруди – призначення варіантів траси тунелю для детальних геологорозвідувальних робіт. Вибір місця тунельної прокладки ліній, кількості колій у тунелі, його висотного положення і розташування в повздовжньому профілі і плані необхідно виконувати з урахуванням умов експлуатації ділянки залізниці, забезпечення потрібної пропускної здатності, запланованих способів і строків виконання робіт, інженерно-геологічних, гідрогеологічних, мерзлотно-ґрунтових та інших місцевих

особливостей, а також досвіду зведення тунелів в аналогічних умовах. При цьому, як правило, слід уникати закладення тунелів у зонах тектонічних розломів, зсувних ділянок і місцях підвищеного водозбору (у понижених місцях, під сідловинами вододілів та ін.).

4. Безпосередньо глибинні геологорозвідувальні роботи і гідрогеологічні дослідження.

Вивчення геологічної будови (стратиграфія, літологія), геоморфології, тектоніки, складу та властивостей ґрунтів проводиться в межах території можливого впливу при будівництві та експлуатації об'єкта.

При проведенні інженерно-геологічних вишукувань для підземного будівництва особлива увага має звертатися на виявлення:

- зон і поверхонь ослаблення в масиві, у яких породи відрізняються значно нижчими властивостями міцності порівняно з навколишніми породами (великі тектонічні порушення, прошарки пластичних глин, прошарки водонасичених піщано-глинистих відкладень та ін.);

- зон з високими фільтраційними властивостями ґрунтів і високим гідростатичним напором;

- ґрунтів і підземних вод з високим ступенем агресивності до матеріалів конструкцій;

- середовищ вибухонебезпечних, що мають шкідливий вплив на здоров'я людей (висока температура, газоносність, радіоактивність та ін.).

При здійсненні підземного будівництва складними інженерно-геологічними умовами вважаються умови, при яких наявний один чи кілька таких факторів: пасивний опір відсутній; гідростатичний тиск більше $1,5 \text{ кгс/см}^2$ і штучне зниження рівня ґрунтових вод не може бути здійснено; гірський тиск високий; ґрунти мають значну обводненість; наявність зон тектонічних порушень тощо.

Гірничопрохідницькі роботи

Глибина і кількість розвідувальних виробок мають бути достатніми для освітлення інженерно-геологічних умов зони підземної споруди.

Основним видом інженерно-геологічних вишукувань для підземного будівництва є бурові роботи.

Спосіб буріння, тип бурового інструменту залежать від глибини свердловини і її призначення, діаметра буріння, характеру прохідних порід і умов проведення робіт.

Свердловини слід бурити з поділом водоносних горизонтів і встановленням рівнів води всіх горизонтів.

Розвідувальні свердловини в товщі піщаних, великоуламкових і глинистих ґрунтів необхідно бурити з відбором зразків пошарово, але не рідше ніж через 1 м, у товщі скельних і напівскельних ґрунтів – з суцільним відбором керна.

Найбільш поширеним і ефективним методом глибинного дослідження гірського масиву є ударно-обертальне буріння свердловин з відбором проб через 0,5 м у слабких породах і колонкове буріння зі взяттям керна в скельних породах.

При довжині гірського тунелю до 200 м з земної поверхні бурять сім свердловин, з яких три розташовують по осі тунелю, а чотири – на двох поперечниках. При більшій довжині тунелю свердловини розташовують уздовж його осі через 150 м і через кожні 200 м – поперечники з двох свердловин для вивчення поперечної будови масиву, що прорізається тунелем. У всіх випадках біля кожного з порталів додатково розміщують по одному поперечнику.

Особливо серйозної уваги вимагають бурові розвідувальні роботи для проєктування і будівництва тунелів метрополітенів. При недостатній вивченості геологічної будови масиву вздовж траси тунелю прохідницькі роботи пов'язані з небезпекою осаду поверхні і розташованих у смузі будівництва споруд. Тому кількість розвідувальних свердловин збільшують. На ділянках траси з відносно простою геологічною будовою слід пробурити три ряди свердловин через 50 м одна від одної; свердловини в рядах розташовують через 200 м в шаховому порядку. На ділянках траси зі складною геологічною будовою (карсти, зсуви, розмиви тощо) необхідно бурити п'ять рядів свердловин через 25 м одна від одної з розташуванням свердловин у рядах через 50 м в шаховому порядку. У місцях розташування станційних тунелів метрополітену бурять шість свердловин.

Глибину свердловин призначають на 6 м більше глибини закладення підосви тунелю, а в складних геологічних умовах свердловини заглиблюють на 2 м у пласт стійких порід, що залягають нижче тунелю.

У тих випадках, коли в межах будівництва можуть бути нестійкі ґрунти, окремі свердловини поглиблюються до розтину стійких ґрунтів для побудови гіпсометричного плану покрівлі стійких ґрунтів. Кількість свердловин, що розкривають стійкі ґрунти, має бути достатньою для побудови карти покрівлі стійких ґрунтів у гіпсометричних відмітках.

У початковій стадії вишукувань для проектування і техніко-економічного обґрунтування рішень проекту тунелю бурять тільки частину (не менше 50 %) свердловин з урахуванням складності умов у районі розташування останнього. Остаточне положення споруд, типи конструкцій і методи виконання робіт встановлюють за результатами розвідувального буріння, виконаного в повному обсязі.

Гідрогеологічні свердловини слід бурити ударно-канатним або обертальним способом без застосування для промивання глинистого розчину. Не менше 1/3 загальної кількості свердловин обладнують фільтрами. Зі свердловин здійснюють пробні відкачки з метою визначення дебіту, хімічного складу, температури і коливань рівня підземних вод, а також коефіцієнта фільтрації гірських порід.

Особливо цінні дані дають дослідження, що проводяться у виробках, закладених по осі тунелю. Такими виробками є, наприклад, напрямні штольні, прохідні від порталів, зі стовбурів вертикальних шахт або через штольні-«вікна».

У штольнях вимірюють гірничий тиск, визначають механічні та пружні характеристики гірських порід, приплив підземних вод, температуру виробки і уточнюють інші необхідні для проектування і побудови тунелю дані.

Геофізичні дослідження

При значній глибині закладення тунелю проведення детального геологічного дослідження ускладнюються, тому що буріння свердловин із взяттям зразків при глибині більше 300 м стає заскладним і вимагає багато часу.

У цьому випадку доводиться вдаватися до геофізичних методів розвідки, що дає уявлення про будову гірського масиву непрямым шляхом у результаті вимірювання різних фізичних величин. Так, електрометрія дає можливість виконувати буріння без відбору проб, що значно прискорює процес буріння. Метод електрометрії заснований на обліку різної величини електричного опору гірських порід. Застосування сейсмометрії засноване на вимірюванні швидкості розповсюдження ударних хвиль у гірському масиві за різними напрямками. При цьому враховується залежність швидкості поширення ударних хвиль від фізико-механічних властивостей різних гірських порід.

Під час проведення геотехнічних вишукувань виявлення зон деформацій підземних лінійних конструкцій рекомендується використовувати геополаритонне зондування, метод реєстрації природного імпульсного електромагнітного поля Землі та георадарні методи.

Геофізичні дослідження слід виконувати в комплексі з іншими видами робіт (гірничо-буровими, польовими, дослідними і лабораторними) для вирішення таких завдань:

- встановлення потужності четвертинних відкладень;
- встановлення потужності зон вивітрювання;
- виявлення і оконтурювання тріщинуватих зон і зон закарстованих ґрунтів;
- дослідження умов залягання і поширення підземних вод, визначення напрямку і швидкості їх руху;
- встановлення меж мерзлих ґрунтів.

Застосування і вибір геофізичних методів у кожному окремому випадку мають визначатися програмою вишукувань.

Значну допомогу геофізичні методи розвідки надають під час будівництва тунелів у дислокованих гірських породах, де відмічають порушення умов їх залягання, які змінюють гідрологічні умови.

Польові дослідні роботи

Польові дослідні роботи слід застосовувати на ділянках мілкового закладення споруд для визначення ступеня неоднорідності складу і стану ґрунтових товщ, опору ґрунтів стискувачим і зсувним зусиллям, типу ґрунтових умов з просідання. Польові дослідні роботи з визначення властивостей

ґрунтів слід виконувати в комплексі з лабораторними дослідженнями.

До дослідних робіт для визначення коефіцієнта фільтрації та п'єзопровідності, водовіддачі, питомого водопоглинання, напрямку і швидкості руху підземних вод слід включати дослідні кушові і одиночні відкачки, наливи і нагнітання, витратометрію і резистивометрію, індикаторні досліді.

Дослідні фільтраційні роботи слід проводити на ділянках залягання рівня підземних вод вище лотка споруди. Результати цих робіт служать основою для визначення водоприпливів у гірничі виробки і проектування штучного водозниження і дренажу.

Лабораторні роботи

Слід проводити такі лабораторні визначення фізико-механічних властивостей і складу ґрунтів:

- для скельних і напівскельних ґрунтів – тимчасовий опір ґрунтів одноосьовому стиску в сухому і водонасиченому станах, об'ємна і питома вага, модуль пружності, швидкість поширення повздовжніх і поперечних сейсмічних хвиль, петрографічний склад, хімічний склад, кількість воднорозчинних солей і ступінь розчинності;

- великоуламкових ґрунтів незцементованих ґрунтів – гранулометричний і петрографічний склад;

- піщаних незцементованих ґрунтів – гранулометричний склад, об'ємна і питома вага, вологість, кількість рослинних залишків, мінералогічний склад, кут природного укосу, коефіцієнт фільтрації;

- глинистих ґрунтів – вологість, пластичність, об'ємна і питома вага, гранулометричний склад, опір зсувним зусиллям, модуль деформації і модуль осаду, набрякання, відносна просадність для макропористих ґрунтів, кількість рослинних залишків.

Геотехнічні дослідження інженерно-геологічних процесів

При розвитку в районі будівництва сучасних геологічних та інженерно-геологічних процесів у звіті про інженерно-геологічні вишукування мають бути наведені такі дані:

- літологічний тип, поширення, характер та інтенсивність розвитку карсту в районах його розповсюдження;

- тип ґрунтових умов з просадності, потужність лесоподібних товщ і потужність просідаючої товщі при поширенні макропористих ґрунтів;

- ступінь селенебезпеки і лавинонебезпеки, шляхи руху, періодичність, об'єм і динаміка можливих селевих потоків і лавин;

- розвиток мерзлотних явищ, поширення і умови залягання багаторічно мерзлих ґрунтів, їхній температурний режим, склад і будова, явища, що пов'язані з сезонним і багаторічним промерзанням і відтаванням;

- тип, стан і поширення зсувів у районах їхнього розвитку;

- ступінь сейсмічності і можливість неотектонічних рухів.

У період будівництва підземних споруд слід проводити контрольні інженерно-геологічні роботи зі складанням документації будівельних котлованів, виїмок і гірничих виробок для перевірки правильності та обґрунтованості висновків, що містяться у звітах до інженерно-геологічних вишукувань, а також отримання додаткових даних для уточнення або зміни у необхідних випадках прийнятих у проєкті способів виконання робіт і конструкцій з метою забезпечення безпеки їх виконання, необхідної міцності і довговічності споруд.

При декількох варіантах розміщення підземної споруди в плані і профілі інженерно-геологічні вишукування виконуються в повному обсязі для кожного з конкурентоспроможних варіантів.

8.2. Інженерно-геологічні вишукування в несприятливих умовах

Несприятливі процеси – це природні та техногенні інженерно-геологічні та екологічні процеси, що знижують експлуатаційну придатність будівель і споруд, призводять до здорожчання будівництва і/або мають негативний вплив на людину.

Небезпечні процеси та явища – геологічні та інженерно-геологічні процеси і гідрометеорологічні явища, які призводять до негативного впливу на території, господарські об'єкти і життєдіяльність людей (зсуви, обвали, карст, селеві потоки,

снігові лавини, буревії, смерчі, підтоплення та затоплення територій тощо) [4, 11].

Особливо важкі умови – це умови, що виключають можливість або техніко-економічно не виправдовують використання норм, які встановлені для основних або допускаються для важких умов.

Ділянки III категорії складності умов характеризуються складними інженерно-геологічними умовами. Для таких ділянок додатково виконується оцінювання інженерно-геологічних умов забудованих територій, існуючих та експлуатованих будівель і споруд за ступенем соціально-екологічного ризику:

III – умови складні; загроза втрат придатності або руйнування будівель і споруд відсутня;

IIIа – умови особливо складні; є потенційна загроза втрат придатності або руйнування будівель і споруд, а також загроза життєдіяльності населення;

IIIб – екстремальні умови; процеси, що розвиваються, несуть реальну загрозу руйнування будівель і споруд і загрозу життєдіяльності населення.

На ділянках IIIа та IIIб нове будівництво не допускається до вжиття заходів, що усувають загрозу втрат придатності (або руйнування) будівель і споруд і забезпечують життєдіяльність населення.

Віднесення ділянки до III категорії складності проводиться за умови відповідності її таким критеріям:

- необхідність спеціальної інженерної підготовки території або ділянки забудови (зрізання, підсипання, засипання ярів, водовідведення тощо);

- необхідність улаштування захисних споруд (підпірні стінки, дамби, буни, дренажі тощо);

- необхідність інженерної підготовки основи (заміна слабких ґрунтів та улаштування подушок, заповнення порожнеч, закріплення ґрунтів тощо);

- необхідність улаштування спеціальних фундаментних конструкцій (прорізання слабких ґрунтів палями, застосування консольних елементів фундаментів, застосування опускних колодязів тощо).

Крім того, до ділянок III категорії складності відносять також будівельні майданчики в умовах залягання структурно-нестійких ґрунтів (просідних і набрякаючих) [4].

При проведенні рекогносцировки в районах розвитку несприятливих фізико-геологічних процесів і явищ необхідно:

– установити орієнтовні контури площі розповсюдження цих процесів і явищ;

– виявити (по можливості) умови і причини їх виникнення й розвитку, а також наявність деформованих будівель і захисних споруд;

– намітити ділянки проведення стаціонарних спостережень і досліджень.

При проведенні інженерно-геологічної зйомки в районах розповсюдження особливих за складом і станом ґрунтів необхідно виявити їхні особливості, а також властивості, які ускладнюють будівництво.

При проведенні інженерно-геологічної зйомки в районах розвитку несприятливих фізико-геологічних процесів і явищ необхідно встановити площі їх прояву та зони інтенсивного розвитку, приуроченість до геоморфологічних елементів, форм рельєфу й літологічних видів ґрунтів, умови і причини виникнення, форми прояву та розвитку.

Контрольні питання

1. Які етапи робіт включають інженерно-геологічні вишукування для підземного будівництва?

2. Які роботи є основним видом інженерно-геологічної вишукувань для підземного будівництва?

3. З якою метою виконуються геофізичні дослідження для підземного будівництва?

4. Що являють собою несприятливі процеси?

5. Що являють собою небезпечні процеси та явища?

6. Які ділянки належать до III категорії складності?

9. КАМЕРАЛЬНА ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ

Кожен етап інженерно-геологічних досліджень завершується камеральними роботами, під час яких підводять підсумки проведеної роботи і складають звіти. Камеральне опрацювання матеріалів включає опис, аналіз і модельне відображення інформації про геологічну будову, властивості ґрунтів, стан і режим гідросфери, поширення і активність інженерно-геологічних процесів і явищ.

При виконанні інженерно-геологічних вишукувань камеральні роботи ведуться безперервно протягом усього часу проведення польових робіт і після їх закінчення.

У процесі камеральної обробки виконуються такі роботи: петрографічне, літологічне, хімічне, мінералогічне вивчення зібраних колекцій ґрунтів і їх класифікація; палеонтологічні визначення; визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів у лабораторії й статистична обробка отриманих результатів; повна геологічна інтерпретація підсумків геофізичних робіт і їх ув'язка з результатами, отриманими іншими методами; остаточне дешифрування аерофотоматеріалів; уточнення, корекція польових карт і розрізів і складання остаточних карт й інших графічних додатків до звіту; складання тексту звіту [3].

Основні завдання камеральних робіт зводяться до систематизації даних, отриманих у процесі польових робіт, їх зіставлення й аналізу для уточнення програми та організації польових робіт; контролю за якістю документації польових робіт; уточнення розміщення місць відбору зразків і номенклатури визначення показників властивостей ґрунтів і підземних вод; уточнення меж інженерно-геологічних елементів й узагальнення фактичного матеріалу, що характеризує всі елементи геологічного середовища об'єкта, який проектується; складання звіту за результатами інженерно-геологічної розвідки.

Обов'язковою складовою інженерно-геологічних робіт і обов'язковим елементом технічного звіту є розроблення пошукового та нормативного прогнозів, що виконується на завершальному етапі інженерно-геологічних вишукувань під час камеральних робіт. У пошуковому прогнозі здійснюють якісну та кількісну характеристику теперішнього стану та змін природно-

техногенних умов. У нормативному наводять рекомендації щодо досягнення потрібного (нормативного) стану природно-техногенних умов шляхом регулювання впливів і виконання спеціальних заходів (планування території, дренажування, будівництво стримувальних споруд, закріплення ґрунтів тощо).

Достовірність прогнозів забезпечується обсягом і якістю вихідної інформації, регламентованої відповідними нормативними документами. На основі прогнозів необхідно оцінювати ефективність і якість прийнятих проектних рішень.

Склад і оформлення звітної документації мають відповідати нормативним вимогам, а склад і зміст заключного звіту – цільовому призначенню робіт і нормативним документам.

Текст технічного звіту має включати вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних матеріалів.

Вступ містить обґрунтування виконання робіт, завдання інженерно-геологічних досліджень, місцезнаходження району вишукувань, дані про об'єкт, що проектується, види та обсяги виконаних робіт, строки їх проведення тощо.

Розділ «Вивченість інженерно-геологічних умов» включає відомості про раніше виконані дослідження, їхні основні результати, дані про освоєння та використання території, досвід місцевого будівництва, характер і причини деформацій будівель, якщо вони є, та ін.

Розділ «Фізико-географічні умови» містить опис рельєфу, гідрографії, геоморфології.

Розділ «Геологічна будова і гідрогеологічні умови» містить дані про умови залягання і тектонічну будову ґрунтів, літологічну та петрографічну характеристики виділених за генетичними типами шарів ґрунту, оцінку гідрогеологічних умов території та можливі їхні зміни під впливом будівництва та експлуатації будівель і споруд.

У розділі «Фізико-механічні властивості ґрунтів» наводиться характеристика складу, стану, фізичних і механічних властивостей ґрунтів і їхньої просторової мінливості.

Розділ «Інженерно-геологічні умови і районування» містить опис основних результатів вивчення геоморфологічних умов, геологічної будови, сейсмічності, гідрогеологічних умов, властивостей ґрунтів, розвитку геологічних процесів та інших

факторів, що впливають на будівництво (наявність опрацьовуваних територій, глибина промерзання ґрунтів тощо).

Необхідним елементом звіту є інженерно-геологічне районування території з обґрунтуванням і характеристикою виділених на інженерно-геологічній карті районів, ділянок, до нього додається порівняльна оцінка варіантів майданчиків і трас для будівництва. Наводяться рекомендації з інженерного захисту й підготовки території та можливого її використання. Підсумковий розділ містить основні висновки і рекомендації щодо прийняття проєктних рішень, проведення подальших вишукувань і необхідності виконання спеціальних робіт і досліджень.

Текстові додатки технічного звіту мають включати копію технічного завдання замовника; копію дозволу на проведення робіт; зведені таблиці результатів лабораторних визначень властивостей ґрунтів і хімічного складу підземних вод; таблиці результатів геофізичних і польових досліджень ґрунтів, стаціонарних спостережень та інших робіт; опис точок спостережень; каталоги координат і позначок виробок, точок зондування тощо.

Графічні додатки технічного звіту мають включати інженерно-геологічні, а за потреби – гідрогеологічні розрізи; геолого-літологічні колонки або опис виробок; графіки зондування, матеріали обробки лабораторних і польових досліджень ґрунтів, дослідно-фільтраційних робіт.

За необхідності текстові та графічні додатки можуть включати й інші матеріали. У тексті звіту мають бути явні посилання на використані літературні і фондові матеріали (або вказівка на їх відсутність).

Контрольні питання

1. Які роботи виконуються в процесі камеральної обробки?
2. Які обов'язкові розділи має включати технічний звіт?

10. ОХОРОНА ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ПРОЄКТУВАННЯ, БУДІВНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Будівництво та експлуатація кожної споруди завжди викликає ті або інші відхилення від стану природної екологічної рівноваги. Порушення її неминучі, навіть при найточнішому додержанні всіх норм і правил будівництва. Тому зусилля вишукувачів, проєктувальників, будівельників та інших спеціалістів мають бути направлені не на те, щоб залишити непричетною природу, а знайти такі методи ведення господарства, які б врахували природні зв'язки, розвивали та спрямовували природну рівновагу в напрямі мінімальних шкідливих наслідків або поліпшення природного потенціалу.

Проєктувальник (будівельник, експлуатаційник) повинен на основі глибоких знань природного середовища вміло використовувати дані, одержані під час інженерно-геологічних вишукувань. Він зобов'язаний передбачити заходи, які б максимально запобігали негативному впливу об'єкта, який проєктують, на навколишнє природне середовище як у процесі будівництва, так і при експлуатації.

ПТС – це природно-технічна система інженерної споруди з частиною геологічного середовища в зоні його впливу. Дослідники та спеціалісти вважають, що для успішного вирішення проблем, які стоять перед проєктувальниками, будівельниками та експлуатаційниками, потрібно розглядати будівлі та споруди у складі ПТС. У реальних умовах спостерігається ще більш складна взаємодія з геологічним середовищем не тільки однієї споруди, а й комплексу інженерних споруд (підземних комунікацій, шляхів сполучень та ін.).

На думку більшості вчених, особливості цієї взаємодії необхідно і достатньо можуть вирішуватись тільки при системних дослідженнях. У зв'язку з цим особливі вимоги висуваються до якості інженерно-геологічної інформації. Необхідні планові спостереження за можливими деформаціями інженерної споруди та змінами геологічного середовища в зоні його впливу.

Вважається, що до ПТС разом із комплексом інженерних споруд, геологічного середовища до зони їхнього впливу необхідно включати пристрої спостереження літомоніторингу та споруди інженерного захисту. Особливу увагу при інженерно-геологічних роботах у районах будівництва приділяють вивченню геологічного середовища – геологічній основі ПТС.

Послідовність цього вивчення така:

1. Аналіз інформації про геологічне середовище та інженерно-господарський вплив на неї.
2. Аналіз існуючих змін у кожній природно-технічній геосистемі.
3. Оцінювання та прогноз техногенних змін.
4. Контроль за станом геологічного середовища
5. Заходи керування геологічним середовищем.

Вплив промислово-цивільного будівництва та шляхів сполучень на навколишнє природне і в першу чергу геологічне середовище враховується на всіх етапах будівництва та експлуатації об'єктів. Розроблення матеріалів оцінювання впливу заходів, що проводяться при новому будівництві, розширенні, реконструкції та технічному переоснащенні об'єктів промислового та цивільного призначення, виконується у складі проектної документації. При цьому проектувальники мають керуватись чинними нормативними рекомендаціями, викладеними в ДБН А.2.2-1-2003 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд».

10.1. Охорона природного середовища та завдання інженерно-геологічних вишукувань

Нормативно-технічна документація передбачає такі головні завдання, які стоять перед спеціалістами під час інженерно-геологічних вишукувань:

1. Забезпечення комплексного вивчення природних умов району, ділянки, траси будівництва, які проектуються.
2. Одержання необхідних і достатніх матеріалів для розроблення екологічно доцільних і технічно обґрунтованих рішень.
3. Урахування раціонального застосування і охорони природного середовища при проектуванні та будівництві об'єктів.

4. Одержання даних для складання прогнозу змін природного середовища під впливом будівництва та експлуатації підприємств, будівель і споруд.

Проведення інженерно-геологічних вишукувань у польових умовах може завдавати помітної шкоди природному середовищу, тому передбачають комплекс заходів, здатних відвернути можливі збитки (табл. 10.1).

Таблиця 10.1

**Охорона природного середовища при проведенні
інженерно-геологічних вишукувань**

Заходи	Призначення заходів	Схема технологічного процесу
1	2	3
Спорудження захисного покриття (екрана) на свердловинній ділянці до початку свердлування	Для захисту від підземних вод, забруднення паливно-мастильними матеріалами (ПММ) та іншими реагентами	Складування ґрунтового шару, виїмка, транспортування, укладання та трамбування захисного ґрунту, рекультивація земель
Ліквідація гірничих виробок	Охорона підземних вод, рослинного та тваринного світу	Ущільнення шарів з трамбуванням ґрунтів, які витягнені з виробок
Ліквідація залишків реагентів (ПММ) при проходці або випробуванні свердловин	Охорона рослинного та тваринного світу, охорона підземних і поверхневих вод від забруднення	Утилізація хімічних реагентів і розчинів у спеціально обладнаних місцях – коморах, ємностях, місцях захоронення
Скид підземних вод, які містять забруднюючі речовини при дослідних відкачках а) скид вод, які відкачують у котлован; б) закачування підземних вод, які відкачують у поглинальні свердловини	Для захисту ґрунтів, поверхневих і підземних вод від забруднення	Розробка котлованів, їх наступна засипка та рекультивація земель, спорудження водоводу до об'єктів скидання, свердлування та влаштування поглинальних свердловин, нагнітання у свердловини вод, які відкачують

Продовження табл. 10.1

1	2	3
Контроль вихлопних газів	Охорона атмосферного повітря	Заміри на вміст кількості граничних норм CO ₂ у вихлопних газах
Рекультивация земель	Охорона ґрунтів, гірських порід і підземних вод від забруднення	Механізована рекультивация (зняття ґрунту бульдозером, складування ґрунту та ін.). Очищення та планування ділянки для озеленення

Інженерні геологічні вишукування мають забезпечити необхідні матеріали для обґрунтування проектування об'єктів з урахуванням раціонального використання та охорони геологічного середовища, складання прогнозу змін інженерно-геологічних умов при будівництві та експлуатації підприємств, будівель і споруд.

Але державні та місцеві органи керування не завжди забезпечують необхідні дані для вирішення геоекологічних проблем, наприклад захоронення відходів, їх складування, рекультивации кар'єрів. Вибір ділянок будівництва в багатьох випадках виявляється необґрунтованим з точки зору раціонального природокористування та охорони навколишнього середовища.

Для вирішення цих нових проблем необхідні екологічні нормативи та відповідно новий вид вишукувань – інженерно-геоекологічні вишукування. Їхня мета – всебічне вивчення інженерно-геологічних умов та екологічний прогноз взаємодії споруди з геологічним середовищем. Вони стануть складовою інженерно-геологічних вишукувань для будівництва та охорони навколишнього природного середовища.

10.2. Охорона природного середовища при проєктуванні промислового, цивільного та шляхового будівництва

Питання охорони навколишнього природного середовища розглядаються у всіх видах проєктних розробок з будівництва та реконструкції об'єктів промислового, цивільного та шляхового призначення. Складовою всіх проєктів є спеціальний розділ «Охорона навколишнього природного середовища».

Цей розділ складається з таких підрозділів:

- загальна екологічна характеристика району;
- охорона атмосферного повітря;
- охорона поверхневих і підземних вод;
- охорона ґрунтово-рослинного покриву та відновлення порушених земель;
- охорона навколишнього середовища від впливу шуму, електромагнітних коливань, теплового забруднення та радіації;
- охорона тваринного світу;
- зберігання та поліпшення ландшафту;
- охорона рослинності та формування системи зелених насаджень;
- формування системи природних територій, що охороняються;
- інженерно-екологічне зондування та комплексна система охорони навколишнього середовища;
- ефективність заходів охорони навколишнього середовища.

Розділ «Охорона природи та поліпшення навколишнього середовища будівельними засобами в генеральних планах, проєктах планування та забудови і проєктах детального планування» містить такі дані:

- вибір та оцінювання ефективних планувальних способів поліпшення стану навколишнього природного середовища;
- урахування способів, які розробляють спеціалізовані організації, для охорони та поліпшення навколишнього природного середовища або його компонентів;
- комплексне оцінювання очікуваного стану навколишнього природного середовища після реалізації проєктних рішень і на віддалену перспективу.

У вигляді графічних матеріалів додають:

1) схему планувальних обмежень і комплексного оцінювання існуючого стану навколишнього середовища в масштабі від 25000 до 1:200 (залежно від кількості населення в місті);

2) схему інженерної підготовки території та прогнозованого стану навколишнього середовища.

На другій схемі вказують споруди для захисту населеного пункту від небезпечних геологічних процесів, заходи з рекультивації порушених територій, ділянок, які потребують дренажів, значних об'ємів зрізування або підсипання ґрунту та ін.

У тексті цього розділу, а також у проєктах окремих будівель і споруд вирішуються питання:

– захисту територій від небезпечних геологічних процесів (зсуви, яруги, підтоплення, селі та ін.);

– захисту поверхневих і підземних вод, атмосфери, ґрунтів і надр від забруднення;

– відведення земель для будівництва;

– вибору ділянок для будівництва;

– рекультивації земель, порушених під час будівництва;

– визначення потреб і проєктування санітарно-захисної зони між джерелами небезпечних забруднень і жилими територіями.

Велику увагу з урахуванням будівельної ПТС приділяють розробленню проєктів інженерного захисту територій від небажаних геологічних процесів. У проєктах інженерного захисту розглядається весь комплекс природоохоронних засобів.

Наприклад, у проєкті інженерного захисту територій від затоплення та підтоплення передбачено:

– попередження небезпечних розливів русла, берегів, а також ділянок сполучення захисних споруд з неукріпленим берегом;

– здійснення на території, яку захищають, комплексу агротехнічних, меліоративних і гідротехнічних заходів з боротьби з водною ерозією;

– озеленення частини територій, які захищають;

– попередження забруднення ґрунтів, водоймищ, сільськогосподарських земель і територій, які застосовують під

рекреацію, відходами промислового виробництва, нафтопродуктами та отрутохімікатами;

– збереження природних умов міграції тварин у межах захищуваних територій;

– збереження або створення нових нерестовищ замість витрачених у результаті осушення заплавлених озер, старикив і мілководдя водосховищ;

– попередження загибелі та травмування риб на об'єктах інженерного захисту;

– збереження на захищуваних територіях режиму озерно-болотяних угідь, які використовуються перелітними водоплавними птахами під час міграції.

До всіх проєктів будівництва нових об'єктів, реконструкції та розширення існуючих слід включати роботи з озеленення незайманих ділянок забудови, охорони, розвитку вже існуючих дерев, чагарників, трав'яної рослинності.

10.3. Вплив будівельно-монтажних робіт на природне середовище

У процесі будівництва навколишнє природне середовище підлягає істотному, а іноді й максимальному техногенному впливу. Переміщуються великі маси гірських порід, активізуються небезпечні геологічні процеси, погіршуються деякі властивості порід, руйнується ґрунтовий покрив та ін.

Найбільші зміни навколишнього природного середовища у процесі будівництва відбуваються при зведенні підземної частини будівель і споруд (рис. 10.1). Трансформується в першу чергу геологічне середовище – ґрунти, гірські породи та їхні масиви, підземні води. Ґрунтовий покрив руйнується землерийними машинами при вертикальному плануванні, спорудженні тимчасових підземних шляхів, будівництві підсобних приміщень.

Особливу увагу треба приділяти збереженню ґрунтово-рослинного шару в районах вічної мерзлоти, де під його захистом знаходяться мерзлі породи. Головні будівельно-монтажні роботи проводять у період від'ємних температур повітря. При плануванні будівельних ділянок під об'єкти уникають зрізування підвищених

місць, замінюючи їх підсипанням привозного ґрунту знижених місць.



Рис. 10.1. Вплив будівельно-монтажних робіт на природне середовище

Необхідно також строго дотримуватись встановлених генпланом меж будівельних ділянок і не порушувати ґрунтового покриву за їхніми межами.

Цей покрив слід оберегти від забруднення, яке відбувається під час засипання ярів будівельним сміттям, промисловими відходами, при порушенні технології робіт у разі хімічного

закріплення порід, неправильному збереженні та транспортуванні з іншими неродючими породами.

Будівельно-монтажні роботи впливають на стійкість масивів гірських порід. Будівництво споруд на схилах, підрізання схилів, динамічні та інші дії, знищення рослинного покриву можуть активізувати небезпечні геологічні процеси: зсуви, яроутворення, карсти, селі, обвали, соліфлюкцію, термокарст та ін. Вони значно погіршують геологічне середовище міських і промислових територій.

Особливо актуальні ці питання при будівництві на незручних і бросових землях (круті схили, заболочені землі та болота, закарстовані масиви, ділянки, прорізані ярами та балками).

При будівництві протизсувних, протиерозійних та інших природоохоронних споруд необхідно враховувати, що і самі ці споруди можуть негативно впливати на деякі компоненти природного середовища. Наприклад, при реалізації протизсувного захисту в Одесі не були передбачені заходи з інтенсифікації водообміну в огорожених хвилеломами прибережних ділянках моря, при цьому значно погіршилась екологічна обстановка.

Значного впливу зазнають при будівництві підземні води. Змінюється хімічний склад, режим, умови живлення та розвантаження підземних вод, які неглибоко залягають. Причинами цих явищ є перепланування земної поверхні, ущільнення ґрунтів, зведення підземних споруд, влаштування дренажу, інші роботи, які знижують рівень ґрунтових вод.

Забруднення підземних вод і підвищення їхньої агресивності можуть бути викликані хімічними методами меліорації гірських порід, влаштуванням звалищ будівельного сміття. Існують ще інші причини. Наприклад, мінералізовані, агресивні до бетону води можуть сформуватися при використанні великої кількості мінеральної солі для відтавання гірських порід при розробці будівельного котловану в зимовий період.

Дуже мінералізовані дренажні води не можна застосовувати для поливання сільськогосподарських культур, скид їх у поверхневі водоймища може викликати небажані екологічні наслідки. При проведенні робіт із штучного закріплення слабких ґрунтів передбачають заходи з відвернення забруднення

підземних вод горизонтів, які залягають нижче. Не слід допускати некерованого вилу на земну поверхню артезіанських вод, розкритих свердловинами.

У процесі будівельно-монтажних робіт при виготовленні бетонів, розчинів, митті машин і механізмів, охолодженні технологічних пристроїв теплопостачання широко застосовують поверхневі води. Вони легко забруднюються при зливах із забруднених будівельних майданчиків, виконанні свердловальних і вибухових робіт, розробці піску, гравію з русла річок.

Особливо небезпечне забруднення поверхневих вод викликане токсичними речовинами, такими як пластифіковані домішки до бетону, розчинники, лаки, полімерні смоли. Для запобігання забрудненню вод необхідно дотримуватися технології виготовлення розчинів і бетонів, не порушуючи умов їх транспортування та складування.

Будівельний майданчик є джерелом забруднення атмосферного повітря. Стан повітряного басейну погіршується у процесі таких робіт:

- 1) виготовлення асфальтобетонних сумішей;
- 2) спалення відходів і залишків матеріалів (автопокришок, рулонів на бітумній основі та ін.);
- 3) термічного та хімічного закріплення гірських порід;
- 4) розпилення цементу, вапна та інших забруднювальних матеріалів;
- 5) викидання вихлопних газів машин, механізмів, транспортних засобів, які працюють від двигунів внутрішнього згорання.

Для оздоровлення атмосферного повітря необхідно дотримуватися технології процесів хімічного закріплення ґрунтів, правил експлуатації будівельної техніки і транспорту, здійснювати перехід будівельних машин і механізмів (компресорів, палубних агрегатів та ін.) на електропривід, природний газ та інші екологічно небезпечні види палива.

Шумове забруднення під час будівельних робіт виникає при застосуванні транспортних засобів і будівельних машин і механізмів. Зменшити шум на будівельних майданчиках можна, застосовуючи електропривід у таких механізмах, як бульдозери,

екскаватори, компресори, поліпшуючи стан доріг і підземних шляхів, обмежуючи звукову сигналізацію на будівництві.

Великої екологічної шкоди при будівництві завдають лісонасадженням. На будівельних майданчиках, а часто і на прилеглих землях, практично повністю руйнується біоценотичний покрив (біоценоз), на формування якого пішло багато років.

На думку спеціалістів, до початку будівництва необхідно проводити докладну інвентаризацію всіх дерев і чагарників. За знищення насаджень на ділянках будівництва слід передбачати не матеріальну компенсацію, а витрати на збереження і пересадження рослинності.

Негативно впливає будівництво на тваринний світ, один з компонентів навколишнього природного середовища. Будівельно-монтажні роботи помітно погіршують умови життя тварин у малонаселених районах. Екологічний збиток тваринному світу завдається в результаті відчуження пасовиськ під будівництво, шуму будівельної техніки, безконтрольного відстрілу диких тварин, механічного пошкодження рослинного покриву.

10.4. Вплив експлуатації будівель і споруд на природне середовище

Будівлі та споруди, повністю збалансовані з навколишнім природним середовищем, зустрічаються не часто. Більш розповсюджені випадки, коли промислові та цивільні будівлі у процесі експлуатації негативно впливають на геологічне середовище. Відбуваються в першу чергу зміни гідросфери, гірських порід і їхніх масивів.

Актуальною проблемою, яка хвилює спеціалістів, є процеси підтоплення територій внаслідок присутності слабкопроникних ґрунтів, поганого дренажу та необачного втручання людей у процеси екологічної рівноваги. Основні фактори підтоплення при експлуатації будівель і споруд: інфільтрація витоків з водонесучих комунікацій, зменшення випаровування під будівлями та покривами, порушення умов підземного стоку, накопичення води в ґрунтах зворотних засипок. Підтоплення

провокує розвиток явищ просідання в лесових ґрунтах, зсуви, карсти та інші небажані геологічні процеси.

Характерним прикладом впливу підтоплення на явища в лесових ґрунтах є досвід експлуатації Південнотрубного заводу в місті Нікополі.

Будівництво заводу здійснювалось на лесових просідаючих ґрунтах товщиною 30-40 м. До початку будівництва рівень ґрунтових вод фіксували на глибині 32-40 м. У процесі експлуатації заводу (1938-1970 рр.) рівень ґрунтових вод піднявся на 8,5-13,5 м.

Подальше підняття рівня ґрунтових вод супроводжувалося просіданням забудованої території від власної ваги ґрунту і розташованих на ній будівель і споруд. Екологічний стан геологічного середовища у зв'язку з цим процесом різко погіршився. Швидкість просідання території та будівель склала 20-60 мм/р., а по окремих ділянках, на яких були споруджені планувальні насипи, доходила до 120-150 мм/р. Загальні сумарні величини осідання та просідання склали в середньому 400-600 мм, а під насипами – до 850-1000 мм.

У процесі експлуатації промислових споруд заводу просідання ґрунту відбувалося не тільки на забудованій території, але і за її межами, досягало 200-400 мм/р. У результаті просідання території заводу від власної ваги ґрунту відбувалося просідання будівель і споруд, розташованих на ній.

У необхідних випадках охорону та раціональне використання навколишнього середовища при експлуатації будівель і споруд здійснюють за допомогою системи контролю та керування геологічним середовищем.

За результатами досліджень залягання осадових порід можуть коригуватися схеми інженерного захисту природно-технічної системи (ПТС), режим експлуатації.

На територіях, складених лесовими просадочними ґрунтами, особливого значення надають контролю за станом водонесучих комунікацій і проведенню спостережень за просіданнями фундаментів, геодезичних знаків і глибинних реперів, встановлених на забудованих територіях.

10.5. Вплив будівництва залізниць на природне середовище

Дорожньо-транспортний комплекс – необхідний елемент народного господарства країни, але одночасно він є активним забруднювачем навколишнього середовища. Встановлено, що викиди забруднювальних речовин різними видами транспорту поділяються таким чином: автомобільний – 58 %; залізничний – 25 %; дорожньо-будівельний – 14 %; повітряний – 2 %; річковий і морський – 1 %.

Специфіка транспортних перевезень в Україні наприкінці ХХ ст. склалась така, що переважна частина вантажних і пасажирських перевезень припадає на залізничний транспорт. Ця обставина достатньо позитивно позначається на екологічній ситуації навколишнього середовища, тому що залізниці більш «екологічні» та економічні порівняно з автомобільним транспортом.

Залізничний транспорт має нижчі питомі втрати палива на одиницю транспортної роботи, широке застосування електричної тяги, менше відчуження земель під будівництво залізничної колії. Наприклад, одна смуга для автошляхів I та II категорії має ширину 3,75 м, чотири смуги – 15 м, шість – 22,5 м. До цього слід додати 3,75 м, які відводять для узбіччя. На двоколіїні залізниці припадає 10-12 м при ширині колії 1,52 м. Одночасно вплив залізничного транспорту на екологічне становище в країні досить значний.

Будівництво залізничних колій потребує відчуження земель для підготовки траси, розробки в кар'єрах піску та щебеню для баласту, спорудження ділянок для складування будматеріалів. Одночасно з цим на окремих ділянках траси, яка будується, починається тимчасова експлуатація тепловозів, транспортування вагонів з будматеріалами, які викидають у повітря багато пилу, робота будівельних машин, придорожного транспорту, спорудження опалювальних агрегатів і підсобних цехів. Таким чином, будівництво залізничної колії являє собою великий виробничо-будівельний майданчик, що забруднює природне середовище.

Широке застосування залізобетонних шпал значно покращує екологічну ситуацію в країні, тому що заводи, де обробляють дерев'яні шпали, під час виробництва викидають в атмосферу нафталін, антрацен, аценафтен, бензол, толуол, ксилол, фенол, які належать до токсичних речовин. Стічні води цих підприємств насичені антибіотиками, смолами, фенолами.

В Україні видобуток щебеню здійснюється відкритим способом у кар'єрах із застосуванням вибухових робіт, з навантаженням екскаваторами та доставкою у дробильно-сортувальні цехи. Під час вибухів, навантаження, транспортування, подрібнення виділяється великий об'єм пилу, який містить кремній (діоксид кремнію). Стічні води щебених заводів потрапляють у водоймища і становлять значну небезпеку для екосистеми.

Під час будівництва залізниць через лісові масиви йде їх знищення: 1 км колії призводить до вирубки від 3 до 20 га лісу.

Природно, що багато питань будівництва залізниць слід ставити на стадії проектування.

10.6. Вплив експлуатації залізниць на природне середовище

Під час експлуатації залізниць виділяють два типи джерел забруднення природного середовища: рухомі та стаціонарні.

До рухомих джерел належать: а) магістральні та маневрові локомотиви; б) вагони з токсичними вантажами і тими, які виділяють пил, нафтопродуктами; в) пасажирські вагони з пичним опаленням; г) шляхова техніка.

Найбільш екологічно забруднюючими природне середовище вважають тепловози з дизельними силовими установками – магістральні, маневрові, ті, що тимчасово працюють.

Магістральні тепловози під час роботи викидають в атмосферу за годину 28 кг оксиду вуглецю, 17,5 кг оксиду азоту, до 2 кг сажі. За хімічним складом ці гази аналогічні вихлопам автомобільних двигунів, але інтенсивність викидів газу тепловозами менша у зв'язку з більш рівномірним і стабільним режимом їхньої роботи.

Під час роботи маневрових тепловозів, які працюють у змінних режимах з частими початками рухів, прискоренням і гальмуванням, навпаки, кількість викидів різко збільшується. Аналогічну ситуацію відмічають у тепловозів тимчасової експлуатації.

При перевезеннях і вантажно-розвантажувальних роботах з вагонів за рік втрачаються тисячі тонн руди, різних солей, мінеральних добрив. Відмічається постійне витікання нафтопродуктів з цистерн внаслідок негерметичності клапанів і зливних вузлів, недостатньої щільності люків, при зупинках і початку руху поїздів з букс колісних пар виливаються мастильні матеріали. До цього слід додати серйозну потенційну небезпеку переміщення радіаційних, хімічних, токсичних, отруйних речовин, які під час транспортування, зберігання, перевантаження можуть викликати пожежі, вибухи, пошкодження споруд, загибель людей або завдання серйозних пошкоджень їхньому здоров'ю. Перелік таких вантажів складає більше 890 найменувань.

Пасажирські вагони систематично забруднюють залізничну колію сухим сміттям і стічними водами (60 % на перегонах і 40 % на станціях). При опаленні вагонів вугіллям в атмосферу викидаються речовини, які містять сірку, вуглекислий і чадний гази.

Усі об'єкти, які переміщуються залізничними коліями або обслуговують перевезення, характеризуються значним шумовим впливом. Для оцінювання цього впливу вимірюють такі показники: а) інтенсивність шумового впливу; б) висоту звуку; в) строк впливу звуку.

Небезпечним для організму людини є нечутний інфразвук, який при великих амплітудах коливань входить у резонанс з коливаннями внутрішніх органів. Інфразвук виникає при роботі компресорних установок, гальмівних систем поїздів, тягових електродвигунів, дизелей, а також землетрусах, ураганах, штормах.

Ультразвук людина не чує, але він теж шкідливий для здоров'я. Ультразвук виникає при металообробці, зварюванні, дефектоскопії тощо.

Гіперзвук у транспортних процесах не виникає.

Для зниження шуму маневрові тепловози обладнують глушниками, застосовують гумові підрейкові підкладки, укладають безстиковий шлях; удосконалюють гальмівні пристрої з уведенням уповільнювачів, зменшують масу поїздів.

До стаціонарних джерел забруднення належать:

- 1) підприємства промислового залізничного транспорту;
- 2) промивально-пропарювальні станції;
- 3) локомотивно-вагоноремонтні заводи;
- 4) заводи з ремонту шляхової техніки;
- 5) щебеневі заводи;
- 6) шпальні заводи;
- 7) вантажні та сортувальні станції;
- 8) котельні;
- 9) локомотивні та вагонні депо.

Підприємства промислового залізничного транспорту, вагонні та локомотивні депо, заводи з ремонту рухомого складу виконують значний ряд виробничих операцій з технічного обслуговування та ремонту рухомого складу всіх видів транспорту. Виконуються роботи з фарбування, при цьому в атмосферу викидаються десятки тонн забруднюючих речовин. Під час завантаження сухого піску в гальмівні системи локомотивів викидають у повітря значну кількість пилу (при цьому не на всіх підприємствах встановлені пилоуловлювачі).

Підготовка вантажних і пасажирських вагонів, їхніх внутрішніх і зовнішніх поверхонь потребує змивання бруду, при цьому стічні води містять мінеральні та органічні домішки, розчинені солі, залишки вантажів, які перевозять, бактеріальні забруднення.

10.7. Екологічна небезпека транспортних аварій

Наприкінці ХХ ст. в Україні різко збільшилась кількість аварій і катастроф на транспорті, у тому числі на залізниці. Причин цього є багато, головні з них – зношеність рухомого складу та обладнання, використання застарілих технологій, перевищення меж пропускної та провізної здатності, порушення швидкісного режиму, недостатня увага до суб'єктивних причин, людський фактор.

Виділяють два види екологічної небезпеки впливу транспорту на здоров'я людини та навколишнє середовище – постійне та короткострокове.

До першого належить підвищене та систематичне забруднення середовища уздовж транспортних магістралей. До другого відносять виникнення аварійних ситуацій при перевезенні небезпечних вантажів, у результаті чого забруднюється атмосфера, води, ґрунти, гинуть рослини і тварини.

Ця проблема актуальна для транспортних систем України, яка є транзитною державою для переміщення багатьох різновидів вантажів залізничними коліями та автомобільними шляхами, розгалуженої системи газо- та нафтопроводів. Аварії, які сталися на залізниці за останні роки, свідчать про недостатню увагу керівництва країни до взаємозв'язку стану рухомого складу та колії на здоров'я людей і навколишнє середовище.

Контрольні питання

1. Головні завдання охорони природного середовища, які вирішують під час інженерно-геологічних вишукувань.
2. Які питання розглядають у спеціальному розділі проєктів «Охорона навколишнього природного середовища»?
3. При яких видах будівельно-монтажних робіт здійснюється максимальний вплив на природне середовище?
4. Чому будівельний майданчик вважають джерелом забруднення атмосферного повітря?
5. Як будівництво впливає на рослинний і тваринний світ?
6. Які зміни в стані природного середовища викликає експлуатація будівель і споруд?
7. Як розподіляються різні види транспорту за показником викидів забруднювальних речовин у повітря?
8. Які роботи під час будівництва залізниць більшою мірою впливають на природне середовище?
9. Як розподіляють джерела забруднення природного середовища під час експлуатації залізниць?
10. Які види техніки відносять до рухомих джерел забруднення?

11. Які види впливу на природне середовище здійснюють рухомі джерела забруднення?
12. Що відносять до стаціонарних джерел забруднення?
13. Які види впливу на природне середовище здійснюють стаціонарні джерела забруднення?
14. Які види екологічної небезпеки впливу транспорту на природне середовище розрізняють?

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Борзяк О. С., Трикоз Л. В., Герасименко О. С. Інженерна геологія: навч. посіб. Харків: УкрДУЗТ, 2017. 227 с.
2. ДБН А.2.1-1-2008. Інженерні вишукування для будівництва. Чинний від 05-02-2008. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2008. 75с.
3. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. Чинний від 04-06-2014. Київ: Мінрегіон України, 2014. 40 с.
4. ДБН В.1.1-46:2017. Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. Чинний від 25-04-2017. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2014. 43 с.
5. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. Чинний від 16-05-2014. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2014. 110 с.
6. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Основи та підвалини будинків і споруд . Ґрунти. Класифікація (ГОСТ 25100-95). Чинний від 01-11-1996. Київ: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. 47 с.
7. ДСТУ Б В.2.1-5-96 (ГОСТ 20522-96). Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань. Чинний від 15-05-1996. Київ: Будівельник, 1997. 41 с.
8. ДСТУ Б В.2.6-145:2010. Конструкції будинків і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги (ГОСТ 31384-2008, NEQ). Чинний від 26-10-2010. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 77 с.
9. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти: підручник / М. Л. Зоценко, В. І. Коваленко, А. В. Яковлев та ін. Полтава: ПНТУ, 2003. 446 с.
10. Лучко Й. Й. Ґрунтознавство, механіка ґрунтів, основи та фундаменти: навч. посіб. Львів : Каменярь, 2013. 320 с.
11. Седенко М. В. Геология, гидрогеология и инженерная геология. Минск: Вышэйшая школа, 1975. 374 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Бікарбонатна лужність 53
буріння 16
вибої 16
вивалювання 42
вібраційне буріння 19
геоморфологічні дослідження 12
геотехнічні дослідження 26
геофізичне дослідження свердловин 25
геофізичні дослідження 22
гирло 16
гігроскопічна вода 48
гірничі виробки 20
гравірозвідка 24
гравітаційна вода 50
електрозондування 24
електропрофілювання 24
електророзвідка 23
ерозія 45
закопушки 15
зондування ґрунтів 31
інженерні вишукування 5
інженерно-геодезичні дослідження 5
інженерно-геологічні дослідження 7
інженерно-гідрометеорологічні дослідження 5
канави 15
карст 39
кільцевий зріз 31
колонкове буріння 19
магніторозвідка 24
метод круглоциліндричних поверхонь ковзання 37
механічне буріння 17
обвали 42
обертальний зріз 31
обертач-ротор 20
осипи 42
плівкова вода 49
поступальний зріз 31
радіоактивний 24
рекогносцирувальне обстеження 11
розчистки 15
роторний спосіб буріння 20
свердловини 16
сейсморозвідка 23
селеві потоки 44
суфозія 41
схил 36
ударно-канатне буріння 18
укос 36
шахтні стовбури 15
штольні 15
шурфи 16

Навчальний посібник

Борзяк Ольга Сергіївна,
Лютий Віталій Анатолійович,
Романенко Олександр Валерійович
та ін.

ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА

Відповідальний за випуск Подтележнікова І. В.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 29.06.2021 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк. арк. 5,0. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.