

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

ІНЖЕНЕРНІ ВИШУКУВАННЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання
зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2025

УДК 626/627

Інженерні вишукування : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія / В. Ю. Єгупов, Г. Г. Стріжельчик, І. В. Храпатова [та ін.] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 75 с.

Автори:

канд. техн. наук, проф. В. Ю. Єгупов,
канд. геол.-мінер. наук, Г. Г. Стріжельчик,
канд. техн. наук, доц. І. В. Храпатова,
канд. техн. наук, доц. С. В. Єсакова,
канд. техн. наук, доц. О. І. Бондаренко

Рецензент

О. В. Кротов, кандидат технічних наук, доцент, провідний інженер Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.

Рекомендовано кафедрою геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва, протокол № 1 від 20.08.2024

© В. Ю. Єгупов, Г. Г. Стріжельчик,
І. В. Храпатова, С. В. Єсакова,
О. І. Бондаренко, 2025

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Змістовий модуль 1 Склад та види інженерних вишукувань.....	7
Тема 1 Загальні питання вишукувань.....	7
1.1 Загальні завдання та вимоги до інженерно-геологічних досліджень.....	8
1.2 Технічні завдання на дослідження.....	9
1.3 Підготовка та складання програми робіт.....	10
Тема 2 Інженерно-геологічні вишукування.....	14
2.1 Комплексні інженерно-геологічні дослідження. Цілі та склад комплексних вишукувань.....	14
2.2 Цілі та завдання геофізичних досліджень.....	15
Тема 3 Бурові роботи.....	16
3.1 Методи, глибини, відстані між свердловинами.....	16
3.2 Типи бурових верстатів та обладнання.....	17
Тема 4 Геотехнічні польові роботи.....	20
Змістовий модуль 2 Геотехнічні та гідрогеологічні вишукування.....	25
Тема 5 Геотехнічні лабораторні роботи.....	25
5.1 Види досліджень та випробувань.....	25
5.2 Лабораторне устаткування.....	29
5.3 Державні стандарти на різні види робіт.....	31
Тема 6 Гідрогеологічні роботи у складі комплексних вишукувань та самостійні роботи.....	31
6.1 Облаштування гідрогеологічних свердловин.....	32
6.2 Польові методи визначення коефіцієнта фільтрації: відкачування води зі свердловин, наливи води в шурфи.....	36
Тема 7 Камеральна обробка бурових та гірничопрохідницьких даних.....	40

7.1 Бурові журнали, опис та документування шурфів та інших розвідувальних виробок.....	40
Тема 8 Камеральна обробка лабораторних геотехнічних даних.....	43
8.1 Журнали та таблиці геотехнічних спостережень та випробувань...	43
Тема 9 Камеральна обробка гідрогеологічних матеріалів.....	45
9.1 Обробка даних пробних кущових та одиночних відкачувань зі свердловин та наливів у шурфах.....	45
Тема 10 Особливості вишукувань на ділянках поширення ґрунтів зі специфічними властивостями.....	49
10.1 Показники та особливі характеристики специфічних ґрунтів (просадні, набрякні, засолені, заторфовані, слабкі мулисті, техногенні).....	49
Змістовий модуль 3 Інженерні вишукування в складних інженерно-геологічних умовах.....	56
Тема 11 Дослідження на ділянках розвитку небезпечних процесів.....	56
11.1 Вимоги до складу та змісту вишукувань на ділянках з розвитком небезпечних процесів (обвали, зсуви, селі, лавини, абразія, ерозія, карст, суфозія, підтоплення).....	56
Тема 12 Питання прогнозування.....	63
12.1 Оцінки сучасного стану та розвитку і змін природно-техногенних умов у часі.....	63
Тема 13 Моделювання в інженерній геології та гідрогеології.....	65
13.1 Види моделювання: аналогове фізичне, математичне та аналітичне, комп'ютерне.....	65
Тема 14 Оцінка ризиків.....	68
14.1 Визначення та опис ризиків: (незначний, істотний, катастрофічна ситуація).....	68

Тема 15 Розробка пошукових та нормативних прогнозів.....	70
15.1 Вимоги до пошукових та нормативних прогнозів під час вишукувань.....	70
Тема 16 Вимоги до науково-технічного звіту.....	72
16.1 Склад і зміст технічного звіту про інженерні вишукування для будівництва.....	72
Список використаних джерел.....	74

ВСТУП

Конспект лекцій розроблено відповідно до робочої програми курсу «Інженерні вишукування» та до вимог програми підготовки бакалаврів, які навчаються за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Метою дисципліни є вивчення загальних практичних питань інженерно-геологічних, гідрогеологічних та гідрометеорологічних вишукувань, для використання їх під час вибору будівельних ділянок та розташування на них окремих споруд на етапах проектування та будівництва.

Дисципліна розглядає теорію і практику визначених завдань і складається з трьох змістових модулів: «Склад та види інженерних вишукувань», «Геотехнічні та гідрогеологічні вишукування», «Інженерні вишукування в складних інженерно-геологічних умовах».

У змістовому модулі «Склад та види інженерних вишукувань» розглядаються: загальні питання вишукувань та їхня мета; види вишукувань на різних стадіях проектування; загальні завдання та вимоги до інженерно-геологічних досліджень; технічні завдання на дослідження; підготовка та складання програми робіт. Комплексні інженерно-геологічні дослідження; цілі та склад комплексних пошуків; цілі та завдання геофізичних досліджень; методи, глибини, відстані між свердловинами, типи верстатів та обладнання; відбір упаковки та транспортування зразків не порушеної та порушеної структури; штампи, пресіометрія, зрізи у шурфах, статичне та динамічне зондування.

Змістовий модуль «Геотехнічні та гідрогеологічні вишукування» вивчає: види досліджень та випробувань; лабораторне устаткування; державні стандарти на різні види робіт; облаштування гідрогеологічних свердловин; польові методи визначення коефіцієнта фільтрації: кущові та одиночні відкачування води зі свердловин, наливи води в шурфи.

У змістовому модулі «Інженерні вишукування у складних інженерно-геологічних умовах» розглядаються; завдання інженерно-гідрологічних вишукувань; завдання інженерно-метеорологічних вишукувань; вишукування в складних природних умовах; склад та зміст науково-технічного звіту про інженерні вишукування для будівництва.

Вивчення матеріалу, викладеного в цій дисципліні, дасть змогу майбутнім фахівцям – будівельникам правильно оцінити й навчитися обирати будівельні ділянки та розташовувати на них окремі споруди на етапах проектування та будівництва.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

СКЛАД ТА ВИДИ ІНЖЕНЕРНИХ ВИШУКУВАНЬ

Тема 1 Загальні питання вишукувань

Дисципліна «Інженерні вишукування» базується на низці курсів, зокрема на висновках і положеннях фізики, інженерної геології та геодезії. Метою дисципліни є вивчення та засвоєння здобувачами будівельних спеціальностей загальних практичних питань інженерно-геологічних, гідрогеологічних та гідрометеорологічних вишукувань для подальшого використання під час вибору будівельних ділянок і розміщення на них окремих споруд на етапах проектування та будівництва.

Фахівці-проектувальники повинні знати склад і порядок підготовки технічного завдання для інженерно-геологічних вишукувань, а також програми вишукувальних робіт. Вони мають володіти навичками інтерпретації результатів інженерно-геологічних і гідрогеологічних досліджень та ухвалювати технічно здійсненні й економічно доцільні проєктні рішення щодо будівництва об'єктів.

Для встановлення обсягу необхідних для освоєння території інженерних заходів проводяться інженерно-геологічні та гідрогеологічні вишукування.

Результати досліджень дозволяють встановити інженерно-геологічні умови зведення різних будівель і споруд (цивільних, промислових, гідротехнічних тощо), проаналізувати окремі ділянки за отриманими даними вишукувальних робіт, визначити можливий вплив споруд на стан і властивості ґрунтів основ та фундаментів. Таким чином, з'являється можливість ухвалювати обґрунтовані проєктні рішення та здійснювати інженерні заходи, що забезпечать стійкість та експлуатаційну надійність будівель і споруд.

1.1 Загальні завдання та вимоги до інженерно-геологічних досліджень

Інженерні вишукування у сфері будівництва – це різновид науково-технічної діяльності відповідно до Закону України «Про наукову та науково-технічну діяльність». Вони спрямовані на дослідження природних і техногенних характеристик територій (будівельних ділянок), а також на створення прогнозів щодо взаємодії об'єктів будівництва з навколишнім середовищем.

Ці вишукування також містять розробку всіх типів проєктів, серед яких і проєкти інженерної підготовки територій, захисту ділянок та об'єктів від загрозливих процесів. Виконання інженерних вишукувань здійснюється згідно з чинними законодавчими нормами, нормативними актами і документами, які регламентують діяльність у відповідних сферах та на визначених територіях. При цьому обов'язковим є дотримання вимог із техногенної безпеки, цивільного захисту, охорони праці та захисту навколишнього середовища.

Інженерні вишукування, які виконуються для будівництва, охоплюють такі види досліджень: інженерно-геодезичні, інженерно-геологічні, геотехнічні та інженерно-гідрологічні (які можуть бути частиною комплексних інженерно-геологічних вишукувань або проводитися окремо); інженерно-гідрометеорологічні; вишукування для ефективного використання і захисту навколишнього середовища, а також спеціалізовані (умовно вишуквальні) роботи.

Згідно з ДБН А.2.2-3, залежно від етапу підготовки проєктної документації, обсяги вишуквальних робіт розподіляються так:

– для передпроєктних досліджень та розробки ескізного проєкту (ЕП) – на основі інформації з літературних і фондівих джерел, включно з матеріалами державного картографо-геодезичного фонду, а також обґрунтованого обсягу польових і лабораторних робіт;

- на стадіях техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) або техніко-економічного розрахунку (ТЕР), проєкту (П) або робочого проєкту (РП) – здійснюються основні обсяги вишукувань (до ста відсотків);

- на стадії робочої документації (Р) – додаткові вишукувальні роботи, за умови їх обґрунтування у технічному завданні.

Під час проєктування об'єктів підвищеної відповідальності та об'єктів, розташованих у складних інженерно-геологічних умовах, порядок проведення вишукувальних робіт на різних стадіях визначається відповідно до технічного завдання та програми виконання вишукувань.

1.2 Технічні завдання на дослідження

Конкретні цілі та основні вимоги до виконання інженерних вишукувань, відповідно до ДБН А.2.1-1:2014, формулюються в технічному завданні. Це завдання складається замовником за участі організації, яка виконує вишукування, а також генерального проєктувальника, і містить інформацію про:

- цільове призначення робіт;
- межі та площу ділянки вишукувань;
- додаткові вимоги замовника (підвищені точності та повнота планів, закладка реперів тощо).

Технічне завдання для проведення вишукувань є основою для розробки програми виконання робіт із інженерно-геологічних вишукувань. Воно повинно містити:

- назву об'єкта;
- інформацію про місце розташування та межі ділянки будівництва;
- цілі та види вишукувань;
- тип робіт (нове будівництво, реконструкція, технічне переоснащення), а також щодо існуючого об'єкта (консервація, ліквідація тощо);
- дані про стадійність проєктування і будівництва;

- клас наслідків (відповідальності) та категорію складності об'єкта;
- характеристики проєктованих об'єктів: інформацію про конструктивні рішення надземної частини, типи фундаментів, глибини їх закладання та орієнтовні навантаження на основи;
- відомості про необхідні заходи інженерного захисту об'єктів і території;
- інформацію про раніше виконані інженерні вишукування та дослідження на території запланованого будівництва;
- дані про потребу у проведенні вишукувань у процесі будівництва;
- додаткові вимоги, що виникають внаслідок галузевої специфіки об'єкта.

1.3 Підготовка та складання програми робіт

Програму виконання інженерно-геологічних вишукувань розробляють на основі відповідного технічного завдання, оцінки категорії складності інженерно-геологічних умов (табл. 1.1), складності геотехнічного будівництва (табл. 1.2), рівня вивченості ділянки (території) та порядку підготовки проєктної документації. Якщо будівництво планується в умовах із простими інженерно-геологічними характеристиками, на достатньо вивченій території або якщо передбачаються будівлі та споруди, які належать до класу незначних наслідків (відповідальності) та I–III категорій складності, то замість програми виконання робіт дозволяється підготувати технічний припис.

За своїм складом інженерно-геологічні вишукування є комплексними та охоплюють різноманітні роботи, спрямовані на вивчення геологічної будови, стану та властивостей ґрунтів, гідрогеологічних умов, а також інженерно-геологічних процесів і явищ. До того ж, вони містять розробку основних типів прогнозів – пошукового та нормативного. Види та обсяги інженерно-геологічних робіт визначаються залежно від:

- рівня інженерно-геологічної вивченості території;
- цілей проведення вишукувань;
- складності геологічних умов;
- наявності ґрунтів зі специфічними властивостями;
- глибини залягання та режиму підземних вод;
- зони активної взаємодії з геологічним середовищем;
- категорії складності будівельних об'єктів та класу наслідків (відповідальності).

Таблиця 1.1 – Оцінка складності інженерно-геологічних умов (згідно з ДБН А.2.1-1-2014)

Фактори	I (проста)	II (середньої складності)	III (складна)
1	2	3	4
Геоморфологічні умови	майданчик (ділянка) у межах одного геоморфологічного елемента; поверхня горизонтальна, нерозчленована	майданчик (ділянка) у межах декількох геоморфологічних елементів одного генезису; поверхня похила, слабо розчленована	майданчик (ділянка) у межах декількох геоморфологічних елементів одного генезису; поверхня сильно розчленована
Геологічні фактори в сфері взаємодії будівель і споруд із геологічним середовищем	не більше двох різних за літологією шарів, що залягають горизонтально або слабо похило (ухил не більше 0,1); потужність змінюється на простягання; незначний ступінь неоднорідності за показниками властивостей ґрунтів, що незначно змінюються в плані й за глибиною; скельні ґрунти залягають із поверхнею або перекриті малопотужним шаром не скельних ґрунтів	не більше чотирьох різних за літологією шарів, що залягають похило або з виклинцюванням; потужність змінюється закономірно; закономірна зміна характеристик ґрунтів у плані або за глибиною; скельні ґрунти мають нерівну поверхню й перекриті нескельними ґрунтами	більше чотирьох різних за літологією шарів; потужність різко змінюється; лінзоподібне залягання шарів; значний ступінь неоднорідності за показниками властивостей ґрунтів, що закономірно і (або) закономірно змінюються в плані або за глибиною; скельні ґрунти мають сильно нерівну поверхню й перекриті нескельними ґрунтами

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Гідрогеологічні фактори в сфері взаємодії будівель і споруд із геологічним середовищем	підземних вод немає або витримані горизонти підземних вод з однорідним хімічним складом	два (або більше) водоносні горизонти із різним хімічним складом або з неоднорідним хімічним складом до 20 %, що не створює потенційної підтоплюваності	горизонти підземних вод не витримані за заляганням і потужністю, з неоднорідним хімічним складом > 20 %; чергування водоносних і водотривких шарів; напори підземних вод змінюються за площею; територія зазнає підтоплення і потребує заходів захисту
Геологічні процеси, що негативно впливають на умови будівництва й експлуатації будівель і споруд	немає, районна сейсмічність < 6 балів	мають обмежене поширення, районна сейсмічність = 6 балів, ділянки ≤ 6 балів	мають велике поширення й вирішально впливають на проектування й будівництво, районна сейсмічність ≥ 6 балів, ділянки > 6 балів
Специфічні ґрунти в сфері взаємодії будівель і споруд із геологічним середовищем	Немає	не чинять істотного впливу на вибір проектних рішень; мають витримане залягання	вирішально впливають на вибір проектних рішень; ускладнюють будівництво й експлуатацію
Примітка. Категорії інженерно-геологічних умов встановлюють за сукупністю встановлених або прогнозованих факторів, зазначених у додатку К ДБН А.2.1-1-2014. Якщо який-небудь окремий фактор належить до більш високої категорії складності і є визначальним під час ухвалення основних проектних рішень, то категорію складності інженерно-геологічних умов встановлюють за таким фактором. У цьому випадку повинні бути збільшені обсяги або додатково передбачені ті види робіт, які необхідні для з'ясування впливу на проєктовані будівлі та споруди саме цього фактора.			

Таблиця 1.2 – Оцінка складності геотехнічного будівництва (згідно з ДБН А.2.1-1-2014)

Критерії оцінки	Критерії складності		
	1	2	3
Планування території і влаштування котловану	планування або відсипання на висоту менше ніж 2 м; глибина котловану менше ніж 3 м, без або з простим кріпленням укосів	відсипання більше ніж 3 м; глибина котловану – 3–12 м із анкерами або з шпунтовими огорожувальними конструкціями	планування висотою більше ніж 5 м із відсипанням ґрунтів, влаштування складного котловану глибиною більше ніж 12 м з огорожувальними анкерами або інженерними конструкціями
Будівельне водозниження, дренажування	без водозниження, відкритий водовідвід	водозниження глибинне, дренаж	складні системи водозниження, протифільтраційні конструкції, дренаж
Вид основ	природне на ґрунтах природної будови	штучне: ґрунтові подушки, поверхневе ущільнення трамбуванням, вібропресом	штучне: на основі буронабивних технологій, хімічне закріплення
Типи фундаментів, навантаження на фундаменти	стрічкові, плитні, палі довжиною до 8 м; навантаження: прогонове менше ніж 300 кН/м ²	стрічкові, перехресні палі – 8–15 м; навантаження: прогонове 300–1 000 кН/м ²	палі більше за 15 м; навантаження більше за 1 000 кН/м ²
Можливість негативного впливу на існуючу забудову	у зоні впливу будівлі на відстані більше ніж 5 м	менше ніж 5 м від будівель і споруд	близьке розташування, менше ніж 5 м від існуючих будівель і споруд

Тема 2 Інженерно-геологічні вишукування

2.1 Комплексні інженерно-геологічні дослідження. Цілі та склад комплексних вишукувань

Інженерно-геологічні вишукування зазвичай є комплексними дослідженнями, які містять різні види робіт, спрямованих на вивчення геологічної структури, стану та властивостей ґрунтів, гідрогеологічних умов, а також інженерно-геологічних процесів і явищ. Крім того, ці вишукування передбачають розробку основних типів прогнозів – пошукового та нормативного. Обсяги і типи інженерно-геологічних робіт визначаються на основі:

- ступеня вивченості території в інженерно-геологічному відношенні;
- цілей, для яких проводяться вишукування;
- складності геологічних умов;
- наявності ґрунтів з особливими характеристиками;
- глибини залягання і режиму підземних вод;
- зони активної взаємодії з геологічним середовищем;
- категорії складності будівельних об'єктів та класу наслідків (відповідальності).

У рамках комплексних інженерно-геологічних вишукувань реалізуються такі види робіт:

- оцінка ступеня вивченості території;
- рекогносцирувальні обстеження;
- геофізичні дослідження;
- буріння та гірничопрохідницькі роботи;
- геотехнічні вишукування, що містять лабораторні та польові дослідження;
- гідрогеологічні вишукування;

- стаціонарні спостереження;
- аналіз інженерно-геологічних процесів і явищ;
- камеральна обробка отриманих матеріалів.

За наявності відповідних вимог у замовленні та технічному завданні можуть виконуватися такі види робіт: інженерно-геологічна та інженерно-гідрогеологічна зйомки різних масштабів, сейсмічне мікрорайонування, розвідка місцевих ґрунтових матеріалів для будівництва споруд, моніторинг під час вишукувальних робіт для будівництва, а також додаткові інженерно-геодезичні дослідження.

2.2 Цілі та завдання геофізичних досліджень

До мети та завдань геофізичних робіт належать:

- виявлення структурно-тектонічної будови території;
- визначення меж поширення та потужності ґрунтів різного літологічного складу, їхнього стану та властивостей;
- визначення рівнів підземних вод;
- встановлення напрямку та швидкості руху водних потоків;
- виявлення інженерно-геологічних процесів і геофізичних аномалій;
- проведення сейсмічного мікрорайонування.

Геофізичні роботи проводяться в поєднанні з гірничопрхідницькими, геотехнічними та гідрогеологічними дослідженнями або виконуються перед ними.

Тема 3 Бурові роботи

3.1 Методи, глибини, відстані між свердловинами

Бурові та гірничопрохідницькі роботи здійснюються з метою отримання інформації та виконання таких завдань:

- визначення складу ґрунтів та умов їх залягання;
- встановлення глибини залягання ґрунтових вод та інших водоносних горизонтів, наявності напору та особливостей рівневого режиму;
- відбір зразків ґрунтів і проб води для лабораторних аналізів;
- проведення польових досліджень властивостей ґрунтів;
- облаштування системи моніторингу компонентів геологічного середовища;
- визначення меж поширення інженерно-геологічних процесів.

Розташування, кількість і глибина гірничих виробок (закопущ, розчисток, канав, шурфів, дудок, свердловин) визначаються з урахуванням необхідності забезпечення повного та достовірного відображення інженерно-геологічних умов ділянки будівництва, залежно від складності цих умов і конструктивних особливостей запланованих будівель чи споруд.

Гірничі виробки (свердловини) розташовуються вздовж контурів та/або осей проєктованих об'єктів. Додаткові виробки потрібно облаштовувати у місцях різких змін навантажень на фундамент, глибини його закладання, висоти споруд, а також на межах різних геоморфологічних елементів. Якщо є потреба вивчити взаємодію проєктованих будівель і споруд з геологічним середовищем або існуючою забудовою, а також за наявності небезпечних процесів, виробки потрібно розміщувати за межами контуру проєктованої будівлі чи споруди.

Мінімальну кількість гірничих виробок у межах контуру кожної будівлі або споруди, а також відстань між ними, визначають з урахуванням вже наявних

виробок та розташування суміжних об'єктів, якщо планується проектування групи будівель чи споруд, відповідно до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Мінімальна кількість гірничих виробок у контурі будівлі (споруди) і відстань між ними

Категорія складності	Відстань між гірничими виробками (м) – у чисельнику; мінімальна кількість (шт.) – у знаменнику	
	Клас наслідків (відповідальності) будівель та споруд	
I (прості)	СС-3: 75...50 (не менше 3)	СС-2: 100...75 (не менше 3)
II (середньої складності)	СС-3: 40...30 (не менше 4–5)	СС-2: 50...40 (не менше 3)
III (складні)	СС-3: 25...20 (не менше 4–5)	СС-2: 30...25 (не менше 3)

3.2 Типи бурових верстатів та обладнання

Для вирішення інженерно-геологічних та геотехнічних завдань найчастіше використовуються такі методи буріння свердловин: ударно-канатний, ударно-обертальний, колонковий, вібраційний і шнековий.

Свердловини – це вертикальні циліндричні виробки, що створюються шляхом буріння. Як і в шурфах, у свердловинах виокремлюють гирло (місце початку на поверхні землі), стінки та забій (дно).

Буріння може виконуватися як вручну, так і за допомогою механічних засобів. Ручне буріння застосовується у важкодоступних місцях, де існують перешкоди для використання механізмів (підвали, болота, забудовані території, круті схили тощо). Для цього використовуються штанги завдовжки 0,8–1,0 м і діаметром близько 20 мм, а також стакан висотою 0,4 м і діаметром 70 мм.

Такий тип буріння зазвичай використовується під час реконструкції або надбудови споруд для уточнення інженерно-геологічних умов. Основним

недоліком цього методу є обмежена глибина буріння – від 5 м до 10 м. Ручне ударно-обертальне буріння (рис. 3.1) дозволяє значно збільшити глибину свердловини.

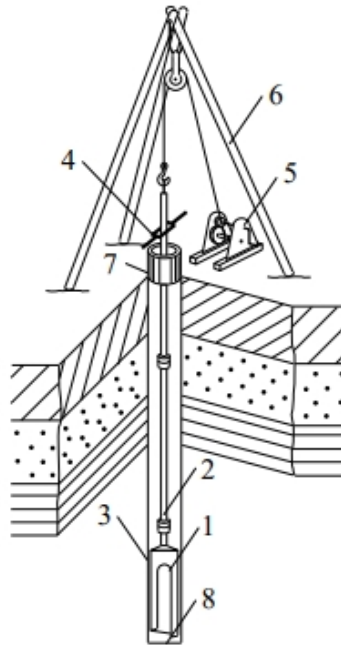


Рисунок 3.1 – Схема установки та обладнання для ручного буріння:
1 – буровий інструмент; 2 – штанга; 3 – обсадна труба; 4 – хомут; 5 – лебідка;
6 – копер; 7 – устя свердловини; 8 – забій

Свердловини здебільшого бурять за допомогою ударно-канатного методу з використанням бурових установок різних конструкцій. У практиці розвідувальних робіт широко використовується установка УГБ-50М, змонтована на базі автомобілів ГАЗ-66 або ЗІЛ-130 (рис. 3.2). Ця установка застосовується також для шнекового і колонкового буріння. Під час проходки свердловин ведеться буровий журнал.

У процесі проходки розвідувальних виробок відбирають зразки ґрунтів двох типів – з порушеною та непорушеною структурою (моноліти) за природної вологості. Зразки з порушеною структурою для визначення вологості повинні бути законсервовані, наприклад, у мішечках з еластичної плівки, щоб зберегти природну вологість.

Для оцінки показників властивостей порід необхідно відібрати як зразки з порушеною структурою, так і зразки, що зберегли свою природну структуру (моноліти), у відповідній кількості – за масою та об'ємом (табл. 3.2).

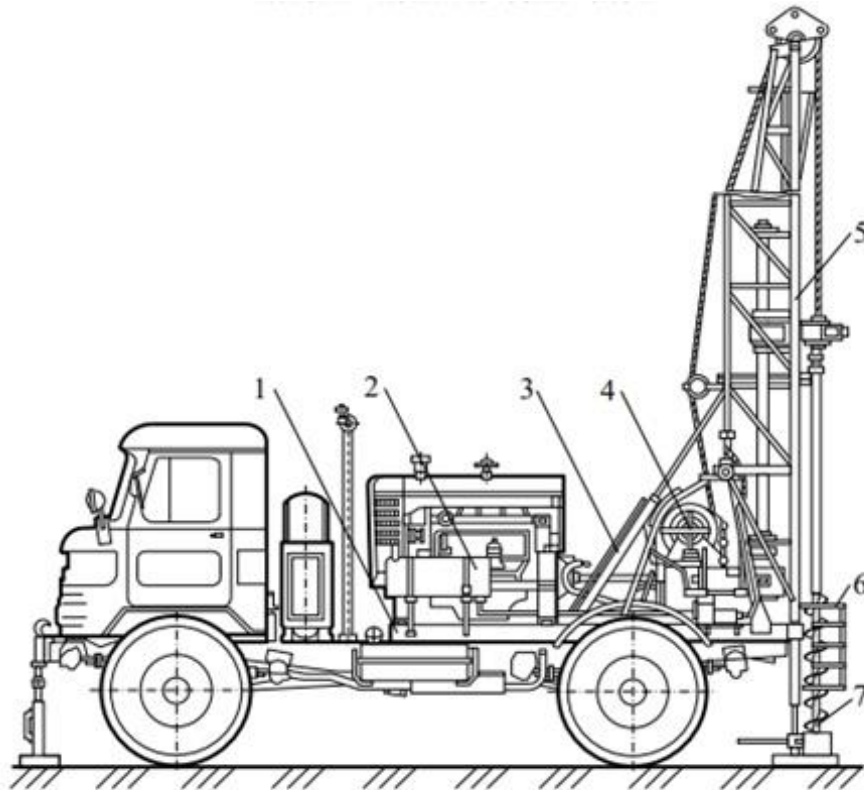


Рисунок 3.2 – Схема установки та обладнання для механічного буріння:
1 – рама; 2 – двигун; 3 – гідроциліндри; 4 – лебідка; 5 – щогла;
6 – огороження; 7 – шнек

Моноліти відбирають із кожного типу ґрунту, але не рідше ніж через 1–2 метри. У лабораторії з відібраних у виробках монолітів вирізають невеликі зразки, які використовуються для безпосереднього визначення таких параметрів, як щільність, коефіцієнт стисливості, опір зрушенню, коефіцієнт фільтрації тощо.

Важливо підкреслити, що основним завданням під час відбору та транспортування монолітів є збереження їхньої структури та природної вологості.

Таблиця 3.2 – Оптимальні розміри зразків гірських порід непорушеної структури, які відбирають із бурових свердловин

Породи	Висота зразка, мм	Мінімальний діаметр зразка, мм	Середня товщина порушеної зони зразка з порушеною будовою, мм
Скельні	700–1500	80	2
Глинисті:			
тверді, напівтверді	700	90	9
тугопластичні, м'якопластичні	400–700	100	10
текучопластичні, текучі	300–500	80	3
Піщані:			
щільні	500	90	7
пухкі	500	90	5
водонасичені	700	90	3

Тема 4 Геотехнічні польові роботи

До польових геотехнічних робіт належать, наприклад, випробування ґрунтів під статичними навантаженнями (штампові випробування). Ці випробування проводяться для визначення стисливості ґрунтів та одного з найважливіших параметрів – модуля деформації.

Випробування здійснюються в тих зонах ділянки, де планується розміщення будівель і споруд, для яких необхідно розрахувати осідання. При цьому підлягають випробуванню всі ґрунти, що залягають у межах активної зони. Випробування проводять за допомогою штампів, які імітують фундаментні конструкції. Відповідно до ДСТУ, використовуються сталеві круглі жорсткі штампи з площами 5 000 см², 2 500 см² і 600 см² та діаметрами 79 см, 8 см, 56 см, 5 см і 27,7 см відповідно.

Штампи площею 5 000 см² і 2 500 см² призначені для випробувань у шурфах, інших гірничих виробках, а також у будівельних котлованах. Великі

штампи застосовуються для випробування крупнозернистих, піщаних ґрунтів середньої щільності, а також пухких і глинистих ґрунтів із показником текучості $I_L > 0,25$. Маленькі штампи використовують для щільних піщаних і глинистих ґрунтів у разі $I_L \leq 0,25$. Штампи площею 600 см² призначені для випробувань у свердловинах.

Випробування у шурфах та свердловинах проводять за допомогою установок різної конструкції. На рисунку 4.1 подана установка для статичних випробувань ґрунтів штампами в шурфах розпірної конструкції. Розміри шурфів в плані становлять від 1,6 м × 1,6 м до 2,0 м × 2,0 м. Стінки шурфів зміцнюються відповідно до типу пройдених ґрунтів.

Штампи встановлюють у забої в гнізді глибиною 3–4 см, а в умовах м'якопластичних і текучо-пластичних глинистих ґрунтів – у приямку глибиною 40–60 см. Установка штампа в приямок необхідна для запобігання випинанню ґрунту з-під штампа, при цьому ґрунт, що знаходиться за межами штампа, забезпечує необхідне привантаження.

Штампи розміщують на шарі дрібного піску товщиною 1–2 см. У літній період навколо штампа на дно шурфу укладають шар тирси, вологість якого відповідає вологості ґрунту, що захищає ґрунт від висихання. Для запобігання промерзанню ґрунту взимку дно шурфу та штамп накривають шаром сухої тирси товщиною 30–40 см або іншим теплоізоляційним матеріалом. Крім того, необхідно забезпечити захист ґрунту в забої шурфу від можливого зволоження поверхневими водами (дощовими або талими).

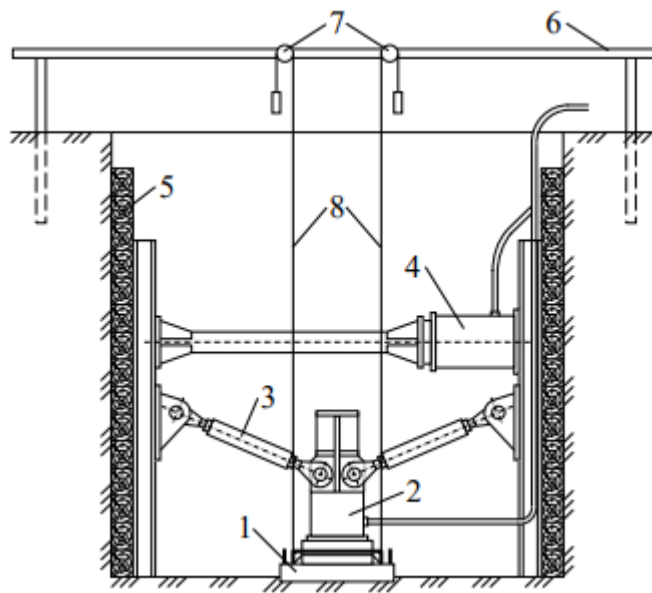


Рисунок 4.1 – Схема розміщення штампа та допоміжного обладнання:
 1 – штамп; 2 – домкрат для навантаження штампа; 3 – гвинтові упори;
 4 – домкрат для горизонтального розпору; 5 – вінцеве кріплення; 6 – реперна система; 7 – прогиномір; 8 – дріт

До польових дослідних робіт також належить зондування ґрунтів. Простота та невисока вартість цього методу сприяли його широкому використанню. Зондування проводять у піщаних і глинистих ґрунтах на глибину до 15–30 м. Цей метод є безперервним за глибиною випробування і ґрунтується на тому, що ґрунти з різними властивостями чинять різний опір проникненню зонда. Зонд складається з наконечника та штанг, найбільш поширеними з яких є конічні наконечники.

Зондування дозволяє визначати характер залягання шарів ґрунту по глибині та простору, а також оцінювати фізико-механічні властивості ґрунтів. У зв'язку з цим існують дві основні схеми застосування зондування в інженерно-геологічних дослідженнях. Перша схема полягає у виділенні інженерно-геологічних елементів для раціонального розміщення розвідувальних виробок (шурфів і свердловин) та визначення їхньої кількості. Друга схема має на меті уточнення залягання виділених інженерно-геологічних елементів між вже пройденими розвідувальними виробками.

Крім того, за допомогою зондування можуть бути вирішені й інші задачі, такі як контроль за укладанням ґрунту в земляні споруди (греблі, дамби, насипи), визначення несучої здатності палів тощо.

Залежно від методу занурювання зонда, розрізняють динамічне та статичне зондування. У випадку динамічного зондування зонд занурюють у ґрунт ударами молота, тоді як у разі статичного зондування зонд втискають за допомогою різних механічних установок. Схеми установок для динамічного та статичного зондування подані на рисунку 4.2.

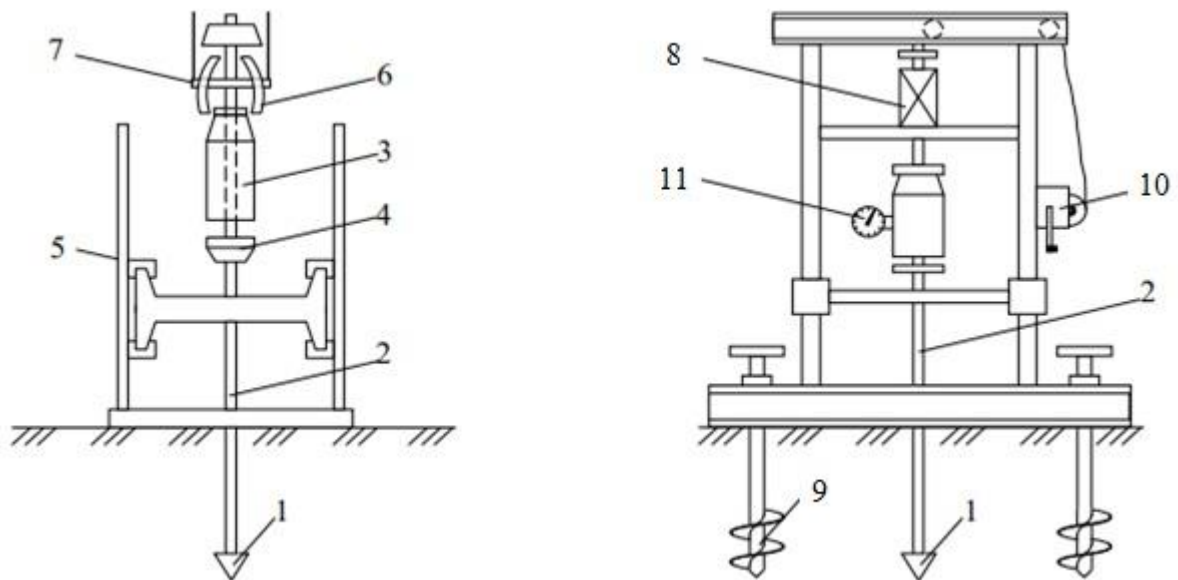


Рисунок 4.2 – Схема обладнання для динамічного та статичного зондування:
1 – конус; 2 – штанга; 3 – молот; 4 – підбабник; 5 – напрямна;
6 – захоплювач; 7 – обмежувач; 8 – домкрат; 9 – анкер; 10 – лебідка;
11 – динамометр

Кожен із методів має свої переваги та недоліки. Основною перевагою динамічного зондування є можливість дослідження ґрунтів з високим опором занурюванню конуса, таких як піщані ґрунти. Крім того, для його проведення потрібне просте обладнання. Однак до недоліків цього методу належать ймовірність розрідження деяких ґрунтів під впливом ударних навантажень. З цієї

причини динамічне зондування не зовсім підходить для використання у пілуватих пісках, які насичені водою, а також у глинистих ґрунтах із м'якопластичною та текучопластичною консистенцією.

Статичне зондування, зі свого боку, позбавлене цих недоліків, але вимагає більш складного обладнання з використанням анкерних або інших пристроїв для сприйняття зусиль, які прикладаються до зонда.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

ГЕОТЕХНІЧНІ ТА ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ВИШУКУВАННЯ

Тема 5 Геотехнічні лабораторні роботи

5.1 Види досліджень та випробувань

Лабораторні дослідження виконуються в спеціалізованих геотехнічних лабораторіях, які обов'язково мають бути сертифіковані.

Метою цих випробувань є визначення класифікаційних, фізичних, міцнісних, деформаційних та інших характеристик ґрунтів, а також хімічних властивостей ґрунтових вод. Ці дані необхідні для ухвалення проектних рішень та проведення інженерно-технічних розрахунків щодо основ, фундаментів, захисних та інших споруд.

Відбір, пакування, транспортування та зберігання ґрунтових зразків із порушеною та непорушеною структурою здійснюється відповідно до ДСТУ Б В.2.1-8.

Методи визначення властивостей обираються на основі характеристик ґрунтів згідно з таблицею 5.1.

Кількість лабораторних досліджень регламентується програмою робіт відповідно до ДСТУ Б В.2.1-5. Вона визначається залежно від неоднорідності ґрунтів, класу наслідків об'єкта та необхідної точності даних. Також враховуються попередні результати досліджень. Важливо отримати не менше ніж 10 значень фізичних характеристик та щонайменше 6 значень міцнісних і деформаційних показників для кожного інженерно-геологічного елемента.

Таблиця 5.1 – Методи визначення властивостей ґрунтів (згідно з ДСТУ Б В.2.1-17:2009)

Властивість ґрунту, що визначається		Метод визначення	Ґрунти (сфера застосування методу)
Вологість	Зокрема гігроскопічна	Висушування до постійної маси	Всі ґрунти
	Сумарна	Середньою пробую	Мерзлі шаруватої та сітчастої криогенної текстури
	Границя текучості	Пенетраційним конусом	Пилувато-глинисті
	Границя розкочування	Розкочування в джгут	Те саме
Пресування		Те саме	
Щільність	Ґрунту	Ріжучим кільцем	Ґрунти, що легко зазнають вирізання або не зберігають своєї форми без кільця, сипкомерзлі та з масивною криогенною текстурою
		Зважування у воді парафінованих зразків	Пилувато-глинисті немерзлі, схильні кришитися або ті, що важко зазнають вирізання
		Зважування у нейтральній рідині	Мерзлі
	Сухоґрунту	Розрахунковий	Всі ґрунти
	Часток ґрунту	Пікнометричний з водою	Всі ґрунти, крім засолених та набухаючих
		Пікнометричний із нейтральною рідиною	Засолені та набухаючі
Метод двох пікнометрів		Засолені	

Склад та обсяг лабораторних робіт визначаються залежно від мети досліджень та наявності ґрунтів зі специфічними властивостями. Якщо це передбачено програмою робіт, до лабораторних досліджень можуть бути додатково додані:

- вивчення змін властивостей ґрунтів під впливом різних факторів (замочування, висушування, ущільнення, хімічної обробки, вібродинамічних навантажень тощо);

- моделювання поведінки штучно створених геотехнічних масивів.

Фізичні властивості ґрунтів повинні визначатися для принаймні двох паралельних зразків, відібраних із досліджуваної проби. Показники

розраховуються як середнє арифметичне значення за результатами паралельних вимірювань.

Методики проведення лабораторних досліджень регламентуються відповідними нормативними документами. Рекомендації щодо їх застосування наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Лабораторні методи випробувань ґрунтів (згідно з ДБН А.2.1-1-2014)

Види робіт	Завдання					
	Розчленовування геологічного розрізу на інженерно-геологічні елементи	Визначення				
		фізичних властивостей ґрунтів	фільтраційних властивостей ґрунтів	деформаційних властивостей ґрунтів	міцнісних властивостей ґрунтів	показників опору ґрунтів основи паль
1	2	3	4	5	6	7
Гранулометричний склад	+	+	+	-	-	-
Петрографічний склад	С	-	-	-	-	-
Мінеральний склад	С	-	-	-	-	-
Валовий хімічний склад	С	-	-	-	-	-
Сумарний вміст солей	С	-	-	-	-	-
Ступінь засоленості й розчинності скельних ґрунтів	-	+	-	-	-	-
Ємність поглинання і склад обмінних катіонів	С	С	-	-	-	-
Відносний склад органічних речовин для біогенних ґрунтів	-	+	-	-	-	-
Ступінь розкладання органічних речовин для торфів	-	+	-	-	-	-
Природна вологість	+	+	-	-	-	-
Щільність	-	+	-	-	-	-
Коефіцієнт порувасті	-	+	-	-	-	-
Максимальна щільність скелета ґрунту за оптимальної вологості	-	+	-	-	-	-
Щільність у щільному і пухкому стані	-	+	-	-	-	-
Щільність часток ґрунту	-	+	-	-	-	-

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4	5	6	7
Границі текучості та розкочування	-	+	-	-	-	-
Показник текучості	+	+	-	-	-	-
Кут природного укосу піщаних ґрунтів	-	+	-	-	+	-
Максимальна молекулярна вологемність	-	+	-	-	-	-
Коефіцієнт фільтрації	-	+	+	-	-	-
Коефіцієнт консолідації для водонасичених пілувато-глинистих ґрунтів у разі показника текучості більше ніж $1L > 0,5$, біогенних ґрунтів і мулів	-	-	-	+	-	-
Розмочуваність (швидкість розмокання) для просідних ґрунтів	-	+	-	-	-	-
Розчинність для просідних ґрунтів	-	+	-	-	-	-
Коефіцієнт вивітрюваності для елювіальних ґрунтів	-	+	-	-	-	-
Коефіцієнт розм'яккання скельних ґрунтів	-	+	-	-	-	-
Корозійна активність	-	+	-	-	-	-
Модуль деформації ґрунту	-	-	-	+	-	-
Відносна просадність, величина початкового просадного тиску і початкової критичної вологості для просадних ґрунтів	+	+	-	+	+	-
Відносне набухання, тиск набухання і лінійна усадка для набряклих ґрунтів	+	+	-	+	-	-
Кут внутрішнього тертя і питоме зчеплення ґрунту	-	-	-	-	+	-
Тимчасовий опір ґрунту на одноосьовий стиск для скельних ґрунтів	-	-	-	-	+	-
Опір ґрунту тривісному стиску для зв'язних ґрунтів	-	-	-	+	+	-
Опір penetрації	-	-	-	C	C	-
Позначення: «+» — виконуються; «-» — не виконуються; «C» — виконуються за спеціальним завданням						

5.2 Лабораторне устаткування

Перелік засобів та матеріалів, необхідних для визначення фізичних властивостей ґрунтів, наведений у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Лабораторне устаткування, засоби та матеріали для випробувань ґрунтів (згідно з ДБН А.2.1-1-2014)

Номер з/п	Засоби випробування та матеріали	Номер пунктів стандарту											
		Вологість					Щільність						
		6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,10	6,11	6,12	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	Шафа сушильна або вакуумна сушильна	+	+	+	+	+					+	+	+
2	Термометр зі шкалою від 0 °С до 200 °С, з поділкою 2 °С	+	+	+	+	+					+	+	+
3	Ексикатор з кальцієм хлористим (згідно з чинними нормативними документами), прожареним у муфельній печі	+	+	+	+	+					+	+	+
4	Стаканчики скляні або алюмінієві ВС-1 з кришками	+	+	+	+	+					+	+	+
5	Шпателі металеві	+	+	+	+	+					+	+	+
6	Ніж із прямим лезом	+	+	+	+	+	+	+	+				
7	Щипці тигельні	+	+	+	+	+					+	+	+
8	Ваги лабораторні з гирями згідно з ДСТУ 7328	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9	Ваги настільні циферблатні з гирями згідно з ДСТУ 7328		+										
10	Ступка порцелянова та пестик	+		+	+	+					+	+	+
11	Набір сит	+		+	+	+					+	+	+
12	Чашки порцелянова або таз пластмасовий, емальований		+	+	+	+							
13	Кільця-пробовідбірники (відповідно до табл. 6.1)						+						

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	Лопатка пласка		+	+	+	+	+			+	+	+
15	Штангенциркуль згідно з ДСТУ EN ISO 13385-1:2018				+		+					
16	Прес гвинтовий						+					
17	Насадка для вдавлювання кілець						+					
18	Пластинки гладкі (скло, метал тощо)				+		+					
19	Вазелін технічний			+			+					
20	Консистентне мастило (тавот тощо)			+			+					
21	Склянки лабораторні 0,5 л та 1 л							+	+			
22	Підставки різні			+				+	+			
23	Термометр зі шкалою від 0 °С до 50 °С, з ціною поділки 0,5 °С							+	+	+	+	+
24	Парафін							+				
25	Голка, нитка, лісочка							+				
26	Папір фільтрувальний			+	+	+					+	
27	Набір ареометрів згідно з ДСТУ 18481:2009 з ціною поділки 0,001 г/см ³ від 15 °С до 35 °С								+		+	
28	Нейтральна рідина (гас, лігроїн тощо)								+		+	
29	Пікнометри									+	+	
30	Баня піщана									+		
31	Ванна з водою									+	+	+
32	Піпетка або крапельниця									+	+	+
33	Вакуумна шафа зі скляними дверцятами або насос із вакуумною тарілкою або ковпаком										+	
34	Секундомір СМ-60			+			+					
35	Вода дистильована		+	+	+	+		+		+		+
36	Балансирний конус			+								
37	Лійка скляна									+	+	+
38	Посудина скляна (банка) з кришкою			+			+					
39	Тканина бавовняна			+			+					
40	Прес важільний або гідравлічний до 3 т						+					

Примітка. Балансирний конус – це металевий penetраційний конус (кут із вершиною 30°) із двома противагами, жорстко закріпленими на ньому так, щоб центр ваги пристрою в робочому положенні був опущений нижче вершини конуса для стійкості під час вимірювань. Конус має кільцеву позначку в 10 мм від вершини на загальну масу (76 ± 0,2)г. Комплектується чашкою для ґрунтової пасти й підставкою.

5.3 Державні стандарти на різні види работ

Основні положення та вимоги для виконання науково-технічної діяльності у сфері інженерних вишукувань для будівництва на території України регламентуються ДБН А.2.1-1-2014. Ці вимоги поширюються на нове будівництво, реконструкцію існуючих будівель і споруд як виробничого, так і невиробничого призначення, технічне переоснащення підприємств, ліквідацію будівель, а також на оцінку впливу на навколишнє середовище (ОВНС) для різних типів будівельних проєктів. Це також стосується техніко-економічних обґрунтувань інвестиційних проєктів, генеральних планів розвитку територій, складання земельних кадастрів та інженерного захисту територій. Окрім того, перелік спеціалізованих вишукувань (або вишукувальних робіт) також регулюється цим ДБН.

У цьому документі наведено список чинних нормативних актів для виконання польових і лабораторних робіт, а також вишукувань, пов'язаних із раціональним використанням природних ресурсів. Додаткові вимоги до інженерних вишукувань, з урахуванням регіональних та галузевих особливостей будівельних об'єктів, регламентуються галузевими нормативними документами.

Тема 6 Гідрогеологічні роботи у складі комплексних вишукувань та самостійні роботи

Гідрогеологічні роботи виконують у складі комплексних інженерно-геологічних вишукувань або окремо (для вирішення спеціалізованих гідрогеологічних завдань). Основний обсяг таких досліджень зазвичай проводиться на початкових етапах проєктування (ТЕО, ТЕР, ЕП, П), з можливістю коригування та доповнення на більш детальних стадіях (РП, Р). Об'єктом

гідрогеологічних вишукувань є підземні води у різних станах (гравітаційні, капілярні, плівкові тощо), що впливають на інженерно-геологічні умови території.

Види та обсяги гідрогеологічних досліджень у складі інженерно-геологічних вишукувань повинні забезпечити отримання даних, достатніх для прогнозування змін гідрогеологічних умов та їхнього впливу на територію, а також для ухвалення проєктних рішень із захисту споруд та ділянок.

Окремі гідрогеологічні вишукування виконуються для вирішення проблем, пов'язаних з негативним впливом підземних вод на геологічні умови, зокрема проблем підтоплення територій та споруд.

6.1 Облаштування гідрогеологічних свердловин

Вимоги до методів буріння та конструкцій гідрогеологічних свердловин залежать від їхнього призначення, геологічних умов регіону, економічних чинників та специфіки використання свердловин. Основна мета – отримання якісної гідрогеологічної інформації, проведення точного випробування водоносних горизонтів та виконання інших функцій свердловини за мінімальних витрат ресурсів.

Категорії гідрогеологічних свердловин за призначенням:

- пошукові;
- розвідувальні;
- розвідувально-експлуатаційні;
- спостережні;
- експлуатаційні (водозабірні, дренажні, нагнітальні, поглинаючі тощо).

Для виконання гідрогеологічних завдань у процесі проведення вишукувань використовуються переважно свердловини перших чотирьох категорій. Експлуатаційні свердловини призначаються для експлуатації підземних вод, їх видалення, регулювання та інших цілей.

До конструкцій гідрогеологічних свердловин різних категорій висуваються специфічні вимоги. Вони повинні забезпечувати:

- ефективне та безпечне виконання робіт із проходки свердловини та розкриття водоносних горизонтів;
- якісне випробування всіх досліджуваних водоносних горизонтів та їх відповідну ізоляцію;
- можливість розміщення в свердловині водопідіймального обладнання, випробувальних приладів та вимірювальних апаратів;
- ефективне і якісне виконання необхідного комплексу гідрогеологічних спостережень та досліджень;
- захист водоносних горизонтів від забруднень;
- надійність і стабільність умов експлуатації свердловини відповідно до її призначення;
- можливість спорудження свердловини з мінімальними витратами праці, часу та фінансів;
- швидке та ефективне виконання ремонтних і ліквідаційних робіт (за потреби) та можливість повторного використання обсадних труб і фільтрів.

Визначені вимоги та геолого-технічні умови проходки свердловин формують конструктивні особливості різних категорій гідрогеологічних свердловин, зокрема їхню глибину та діаметри, кількість колон обсадних труб, їхні діаметри та глибини (інтервали) спуску, способи обладнання водоприймальної частини, методи ізоляції та випробування водоносних горизонтів, а також гирлове та інше обладнання свердловин (рис. 6.1).

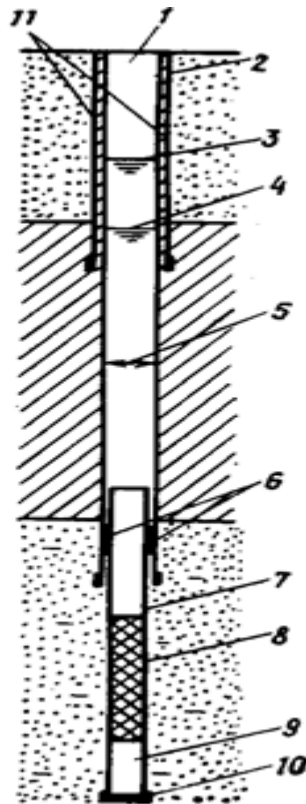


Рисунок 6.1 – Основні елементи конструкції гідрогеологічної свердловини:
 1 – гирло свердловини; 2 – перша обсадна колона; 3 – статичний рівень води; 4 – динамічний рівень води; 5 – експлуатаційна колона;
 6 – сальник; 7 – підфільтрова колона; 8 – робоча частина фільтрів;
 9 – відстійник; 10 – пробка; 11 – цементний стакан

Відповідно до чинних рекомендацій, у напівскельних нестійких, щербенистих, гравійно-галечникових та піщано-гравійних водоносних породах необхідно використовувати такі типи фільтрів:

- трубчасті з круглою або щілинною перфорацією;
- трубчасті з дротяною обмоткою;
- стрижневі фільтри, які можуть бути без обмотки або з водоприймальною частиною з неіржавної дротяної обмотки або штампованого листа.

У крупно- та середньозернистих пісках, із переважним вмістом частинок фракції $> 0,25$ мм, рекомендовано застосовувати:

– трубчасті та стрижневі фільтри з водоприймальною поверхнею з дротяної обмотки, сталевого штампованого листа або сітки з квадратним чи галунним плетінням;

– одношарову гравійну обсіпку для покращення роботи фільтра.

Для дрібнозернистих і глинистих пісків, де переважає фракція $> 0,1$ мм, доцільно використовувати трубчасті та стрижневі фільтри з одно-, дво- або тришаровою піщано-гравійною обсіпкою (так звані гравійні фільтри).

Для спостережних свердловин доцільно застосовувати фільтри, що мають проникність, подібну до водоносних порід. Це можуть бути дротові, сітчасті фільтри або фільтри зі штампованих матеріалів.

Довжину робочої частини фільтра (l_0) в напірних водоносних горизонтах із потужністю до 10 м необхідно обирати рівною потужності пласта. У безнапірних горизонтах довжина фільтра має враховувати можливе зниження рівня води, тобто фільтр повинен залишатися затопленим. У більш потужних водоносних горизонтах довжина робочої частини фільтра визначається з урахуванням забезпечення проєктного дебіту свердловини (Q), використовуючи таку емпіричну залежність для розрахунку:

$$l_0 = \frac{aQ}{d},$$

де Q – проєктний дебіт свердловини у $\text{м}^3/\text{год}$;

d – зовнішній діаметр фільтра у мм;

a – емпіричний коефіцієнт, який обирається залежно від коефіцієнта фільтрації водоносних порід в межах від 30 (для високопроникних піщано-гравійних порід) до 90 (для дрібнозернистих пісків).

До обладнання гирлових частин гідрогеологічних свердловин висуваються певні вимоги для забезпечення їх належної експлуатації. Оголовок свердловини повинен виконувати такі функції:

– регулювання процесу відкачування води або самовиливу;

- вимірювання рівнів води і дебіту;
- забезпечення можливості відбору проб води та газу;
- спуск вимірювальних інструментів;
- захист свердловини від атмосферних опадів та забруднень.

Окремі вимоги стосуються обладнання гирла фонтануючих та газуючих глибоких свердловин. Для них необхідна установка спеціальних елементів, таких як:

- фонтанна арматура;
- газовіддільники;
- манометри.

Це обладнання дозволяє контролювати тиск і безпеку роботи з такими свердловинами, а також забезпечувати їхнє ефективне функціонування.

6.2 Польові методи визначення коефіцієнта фільтрації: відкачування води зі свердловин, наливи води в шурфи

До польових дослідно-фільтраційних заходів належать гідродинамічні експерименти, спрямовані на визначення фільтраційних характеристик гірських порід. Ці роботи містять різні види відкачування, наливів і нагнітання у свердловини, наливи в шурфи, експрес-наливи, експрес-відкачування та інші методи.

Після проведення та аналізу дослідно-фільтраційних робіт залежно від поставлених завдань можна визначити такі ключові гідрогеологічні параметри: крива дебіту $Q = f(S_0)$, коефіцієнт фільтрації K (або водопровідність $T = Km$, або $T = K \cdot h_{cp}$), радіус впливу R тощо.

Основним та найпоширенішим видом дослідно-фільтраційних робіт є відкачування, яке зазвичай застосовується під час випробування водоносних порід, особливо під час досліджень для водопостачання, осушення і дренажу.

На ділянках з глибоким заляганням підземних вод або в умовах, які ускладнюють проведення відкачок (наприклад, за низької водозбагаченості і водовіддачі порід), для визначення гідрогеологічних параметрів ненасичених водою порід використовуються наливи і нагнітання в свердловини, а також дослідні наливи в шурфи. Дослідні нагнітання підходять для оцінки фільтраційних характеристик і питомого водопоглинання тріщинуватих скельних і напівскельних водоносних порід, тоді як наливи в свердловини зазвичай виконуються у неводонасичених пухких і тріщинуватих породах зони вивітрювання. Дослідні наливи в шурфи використовуються для вивчення водопроникності необводнених зв'язних і пухких гірських порід у природних умовах.

Основним видом фільтраційних робіт на стадіях попередньої та детальної розвідки є дослідні відкачки. Вони проводяться для вирішення таких завдань:

- визначення ключових гідрогеологічних параметрів водоносних горизонтів (дебіту, зниження рівня, коефіцієнтів фільтрації, водопровідності, п'єзо- і рівнепровідності, водовіддачі, перетікання, приведенного радіуса впливу, сумарного опору руслових відкладень тощо);
- дослідження граничних умов водоносних горизонтів у плані та розрізі (взаємозв'язок підземних і поверхневих вод, взаємодія сусідніх горизонтів тощо);
- встановлення оптимальної продуктивності експлуатаційних свердловин та зв'язку між дебітом свердловини і зниженням рівня в ній;
- визначення величини зниження рівня в межах водозабору у разі спільної роботи декількох експлуатаційних свердловин, які взаємодіють.

Дослідні відкачування поділяються на кущові та поодинокі. Поодинокі дослідні відкачування виконуються для встановлення залежності дебіту від зниження $Q = f(S_0)$ і, на відміну від пробних, проводяться на двох-трьох ступенях зниження рівня.

Кущові відкачування є основним видом дослідних робіт, коли метою є визначення гідрогеологічних параметрів, вивчення граничних умов, а також дослідне визначення величин зниження рівня.

Кущові дослідні відкачування дозволяють більш точно і всебічно вивчити параметри потоку в зоні впливу відкачування, уникнути впливу фільтра та привибійної зони центральної свердловини на точність визначення параметрів, а також безпосередньо визначити узагальнений опір свердловини (C_0), що є важливим для прогнозування умов роботи проєктованих водозабірних і дренажних споруд.

Дослідні наливи в шурфи. Найбільш вживаним і розробленим методом вивчення фільтраційних властивостей зв'язних і пухких порід зони аерації є дослідні наливи в шурфи, які дозволяють провести фільтраційне випробування порід на глибину до 5 м (у разі ярусного проведення дослідів – до 10–15 м).

Суть дослідів полягає в спостереженнях за інфільтрацією води з шурфів і в знятті характеристик інфільтраційного потоку за умови постійного рівня води в шурфі під час експерименту. Метод інфільтрації води з шурфів, вперше запропонований А. К. Болдиревим, використовується в різних модифікаціях (за Н. С. Нестеровим, Н. Н. Біндеманом та ін.). Під час експерименту важливо уникнути змикання інфільтрованої води з ґрунтовим потоком, тому дослідження наливу води в шурфи проводяться за глибини залягання рівня підземних вод не менше ніж 4–5 м.

За таких умов основними силами, що впливають на інфільтрацію води з шурфу, є гідростатичний напір водяного шару і капілярний тиск, що сприяє інфільтрації і проявляється в капілярному всмоктуванні води. Особливо суттєвим є вплив капілярного всмоктування на інфільтрацію води в суглинистих і глинистих породах, тоді як у добре проникних породах (пісках і супісках) його вплив є незначним. Проведення експерименту може ускладнюватися бічним розтіканням інфільтраційного потоку, впливом ущільненого в породах повітря, а

також неоднорідністю будови зони аерації. Метод Болдирева може бути використаний для приблизного визначення коефіцієнта фільтрації в піщаних і тріщинуватих породах, де вплив капілярних сил і бічного розтікання є незначним (рис. 6.2).

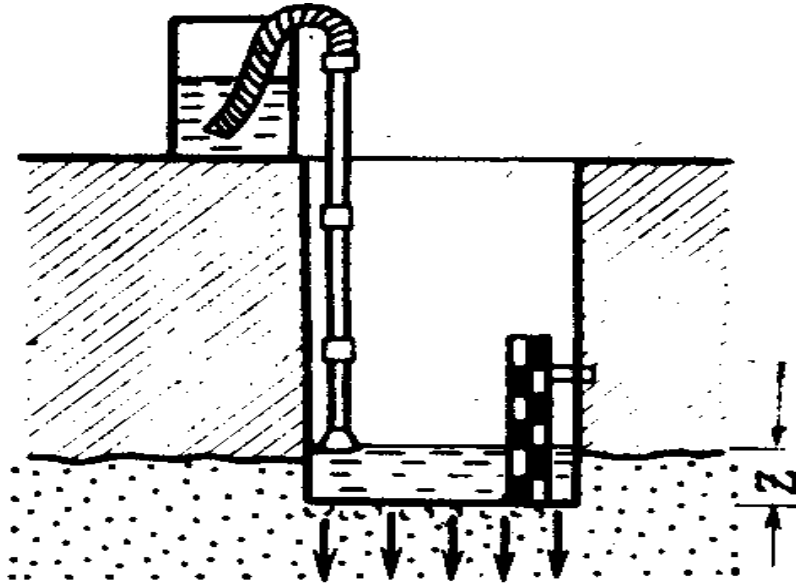


Рисунок 6.2 – Схема дослідної інфільтрації води з шурфу за способом А. К. Болдирева

Щоб зменшити вплив бокового розтікання, Н. С. Нестеров запропонував встановлювати на вирівняне дно шурфу два сталеві циліндри різного діаметра, розташовані концентрично, втискуючи їх на глибину 5–10 см (рис. 6.3). В обидва циліндри наливається вода (висота шару – 2–10 см), і протягом усього експерименту рівень води підтримується на однаковій висоті за допомогою двох посудин Маріотта, заповнених водою. Дослід триває до моменту стабілізації витрати води через внутрішнє кільце пристрою в часі.

результатів. Польовий звіт містить фактичні дані про стан, терміни та обсяги польових робіт, а також інформацію про рівень виконання роботи в цілому та за окремими видами досліджень. Особливу увагу необхідно приділити висвітленню геологічних результатів та нових даних щодо інженерно-геологічних умов досліджуваної території. До польового звіту додаються карти та розрізи, а також план виконання камеральних робіт із зазначенням необхідних графічних матеріалів (карт, розрізів, схем тощо).

Камеральне оброблення матеріалів містить опис, аналіз та модельне відображення інформації про геологічну будову, властивості ґрунтів, стан і режим гідросфери, а також поширення і активність інженерно-геологічних процесів і явищ.

Бурові журнали ведуться під час проведення бурових робіт. У період камеральної обробки їх доопрацьовують і додають до технічного звіту. У буровому журналі для кожної свердловини повинні бути зазначені такі дані: назва об'єкта і його адреса, дата буріння, номер свердловини, діаметр та абсолютна відмітка гирла, глибини залягання кожного шару ґрунту (початок і закінчення шару), його опис, наявність ґрунтових вод (глибина появи та рівень, що встановився наступної доби). Також фіксуються глибини відбору зразків ґрунту та їхній характер – порушеного чи непорушеного (монолітного) складання. Приклад оформлення бурового журналу наведено на рисунку 7.1.

Обстеження, опис і фотографування залягання ґрунтів у шурфах та інших гірничопрохідницьких виробках (канавах, розчистках, закопушах тощо) проводяться безпосередньо після завершення їх улаштування. Приклад розгортки (зображення стінок і дна шурфа) наведено на рисунку 7.2

БУРОВИЙ ЖУРНАЛ

Об'єкт: **Нове будівництво за адресою:**
м. Харків, вул. Букова
 Дата буріння: **11.08.2021р.**

Номер свердловини: **1**
 Відмітка гирла свердловини: **105.00**
 Діаметр свердловини, мм: **137**

Інтервал дослідження, м	Глибина відбору типового зразка, м	Зразок ґрунту	Пояснення
0,0 1,1			ГРЩ, насипний, чорнозем, суглинок коричневатий
1,1 2,6	1,3/1,3 ▲ 1,4		Піски коричневато-жовті, дрібні з лінзами та прошарками пілуватих, водонасичені
2,6 4,7	▲ 2,0		Піски жовті, сірі, дрібні з лінзами та прошарками пілуватих, водонасичені
4,7 10,0	▲ 5,0 ▲ 9,0 ▲ 10,0		Глина сіро-блакитна із зеленуватим відтінком

■ – моноліт, ▲ – стакан (валова), з'яв./стал. РГВ

Рисунок 7.1 – Приклад оформлення бурового журналу

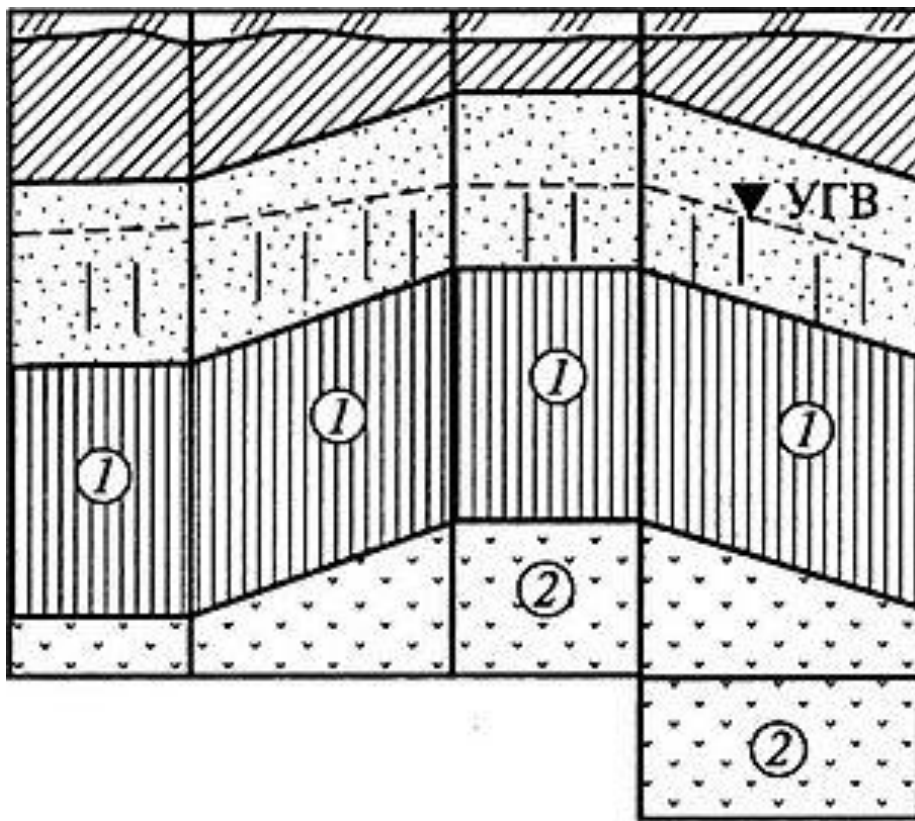


Рисунок 7.2 – Розгортка шурфу

Результати камеральної обробки бурових та гірничопрохідницьких даних повинні відповідати технічному завданню, програмі виконання робіт і вимогам, що висуваються до звіту про вишукування.

Тема 8 Камеральна обробка лабораторних геотехнічних даних

8.1 Журнали та таблиці геотехнічних спостережень та випробувань

Камеральна обробка лабораторних геотехнічних даних здійснюється відповідно до вимог ДСТУ Б А.1.1-25-94 Система стандартизації та нормування в будівництві. Ґрунти. Терміни та визначення, а також ДСТУ Б В.2.1-17:2009 Методи лабораторного визначення фізичних властивостей. Цей стандарт поширюється на ґрунти без жорстких структурних зв'язків і визначає методи

Тема 9 Камеральна обробка гідрогеологічних матеріалів

9.1 Обробка даних пробних кущових та одиночних відкачок зі свердловин та наливів у шурфах

Відкачки проводять у разі неглибокого залягання підземних вод. На ділянці, де планується визначення водопровідності порід, встановлюють одну або кілька свердловин на водоносний горизонт і відкачують воду. Внаслідок цього рівень підземних вод знижується, утворюючи навколо свердловини депресійну лійку. Дебіт свердловини залежить від коефіцієнта фільтрації, величини зниження рівня підземних вод і радіуса впливу. Визначивши під час відкачки дебіт, динамічний рівень та радіус впливу, можна обчислити коефіцієнт фільтрації.

Відкачування поділяються на одиночні та кущові. Одиночні відкачування здійснюють з однієї свердловини без спостереження за депресійною лійкою. У випадку кущових відкачувань бурять групу свердловин, одна з яких є центральною та слугує дослідною (з неї відкачують воду), а інші використовуються для спостереження за поширенням депресійної лійки навколо центральної свердловини. Спостережні свердловини розташовують по одній або 2–4 лініях, що відходять від центральної свердловини, причому одна з ліній повинна збігатися з напрямком руху підземного потоку. На кожній лінії встановлюють не менше двох спостережних свердловин. Отримане значення коефіцієнта фільтрації за даними експериментального відкачування є середнім для всіх порід, охоплених дослідним кущем свердловин.

Для визначення коефіцієнта фільтрації за результатами одиночних відкачувань застосовують формули, які використовують для обчислення припливу води до колодязів і свердловин, розв'язуючи їх відносно K_f . При цьому радіус впливу можна обрати для крупного піску рівним 500 м, для піску середньої крупності – 150–100 м, для дрібного піску – 75–50 м, а для пилюватих пісків і

супісків – 30–20 м. Невелика неточність у визначенні радіуса впливу не надто вплине на розрахунки, оскільки цей параметр входить у формулу під знаком логарифма.

Коефіцієнт фільтрації визначається за такими формулами:

1) для безнапірних вод:

$$k_{\phi} = 0.732Q \frac{\lg R - \lg r}{S(2H-S)};$$

2) для напірних вод:

$$k_{\phi} = 0.366Q \frac{\lg R - \lg r}{mS}$$

За наявності двох спостережних свердловин (рис. 9.1) коефіцієнт фільтрації визначається за такими формулами:

1) для безнапірних вод (рис. 9.1, а) на ділянці центральної (ц) – першої спостережної (1с) свердловини:

$$k_{\phi_{ц-1с}} = 0.732Q \frac{\lg l_1 - \lg r}{(2H - S - S_1)(S - S_1)}$$

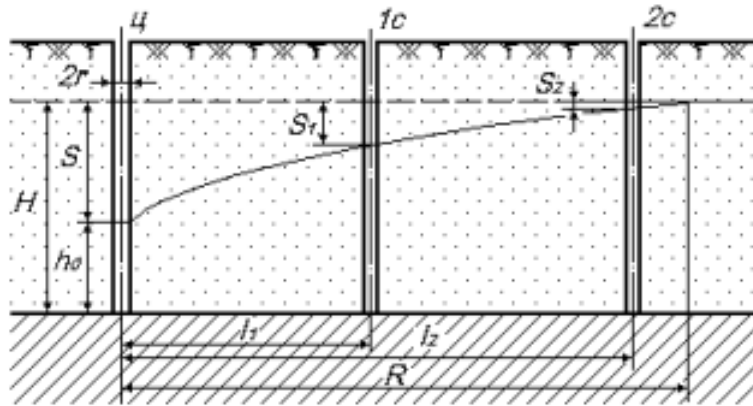
2) на ділянці між спостережними свердловинами (1с та 2с):

$$k_{\phi_{1с-2с}} = 0.732Q \frac{\lg l_2 - \lg l_1}{(2H - S_1 - S_2)(S_1 - S_2)}$$

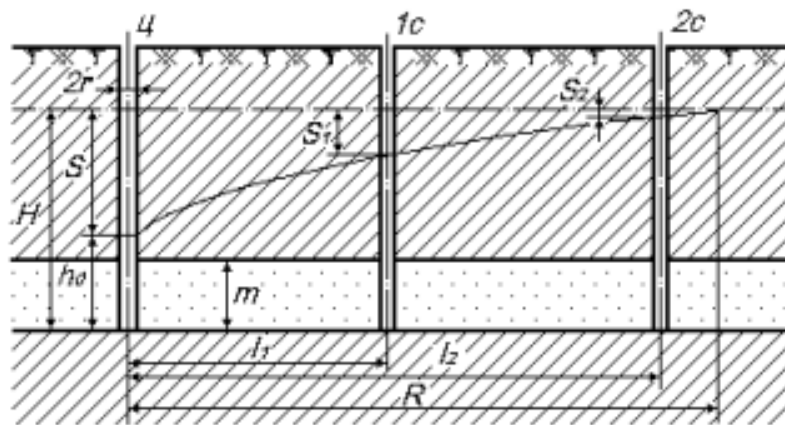
Іноді коефіцієнт фільтрації (K_{ϕ}) також визначають на проміжку між центральною та другою спостережною свердловинами. З отриманих двох або трьох значень коефіцієнта фільтрації обчислюють середнє значення, вважаючи його за істинне. Для напірних вод (рис. 9.1, б) визначення проводять аналогічно:

$$k_{\phi_{ц-1c}} = 0.366Q \frac{lg l_1 - lg r}{m(S - S_1)}$$

$$k_{\phi_{1c-2c}} = 0.366Q \frac{lg l_2 - lg l_1}{m(S_1 - S_2)}$$



а



б

Рисунок 9.1 – Схема кущових відкачувань з водоносного горизонту:
а – безнапірних вод; б – напірних вод

Метод наливу води в шурф за способом Болдирєва використовують для визначення водопроникності верхніх шарів порід. Воду подають у шурф таким чином, щоб рівень над дном становив близько 10 см. Витрату води визначають, поділивши об'єм профільтрованої води на час. Коефіцієнт фільтрації обчислюють за відповідною формулою:

$$K_{\phi} = \frac{Q}{F},$$

де Q – витрата води, м³/добу;

F – площа поперечного перерізу шурфа, м².

Точніші результати дає спосіб, що ґрунтується на застосуванні приладу ПВН (прилад водопроникності Нестерова).

Прилад складається з двох кілець, які втискуються в породу на дні шурфа або закопушки (закопушка – це гірнича виробка, призначена для дослідження порід, що залягають безпосередньо під ґрунтово-рослинним шаром на глибині до 0,5 м). Прилад ПВН використовують для визначення коефіцієнта фільтрації у слабоводопроникних породах, таких як супіски та суглинки. Інфільтрація води по краях потоку поширюється в формі віяла, що ускладнює точне визначення площі фільтрації. У центральній частині потоку вода фільтрується вертикально. Припускається, що поперечний переріз інфільтраційного потоку з внутрішнього кільця дорівнює його площі. Підтримуючи рівень води однаковим в обох кільцях, визначають сталу витрату з ємності, з якої вода інфільтрується через внутрішнє кільце.

Коефіцієнт фільтрації розраховується за такою формулою:

$$k_{\phi} = \frac{Q}{F(H_k + h + l)},$$

де Q – величина сталої витрати, м³/добу;

F – площа внутрішнього кільця, м²;

H_k – величина капілярного тиску в метрах, яка обирається залежно від складу породи: пісок крупний – 0,01; пісок середньої крупності – 0,01–0,02; пісок дрібний – 0,02–0,03; супісок – 0,03–0,05; суглинок – 0,05–0,10;

h – висота шару води в кільцях, м;

l – глибина просочування води у метрах, яка визначається бурінням після закінчення досліджу.

Тема 10 Особливості вишукувань на ділянках поширення ґрунтів зі специфічними властивостями

10.1 Показники та особливі характеристики специфічних ґрунтів (просідаючі, набрякаючі, засолені, заторфовані, слабкі мулисті, техногенні)

Геотехнічні вишукування на ділянках, де поширені ґрунти зі специфічними властивостями (просідаючі, набрякаючі, засолені, слабкі мулисті, техногенні), виконують за спеціальною програмою (технічним приписом) відповідно до ДБН А.2.1-1:2014. Така програма містить додаткові вимоги до робіт для забезпечення оптимальних будівельних рішень.

Під час проведення вишукувань у районах, де поширені просідаючі ґрунти, визначають і детально описують у звіті:

- поширення і розташування просідаючих ґрунтів щодо певних геоморфологічних елементів або форм рельєфу;
- джерела замочування, стан і характер деформацій існуючих будівель та споруд;
- особливості мікрорельєфу та розвиток просадних процесів і явищ (розміри й форми просадних блюдць, подів, межувальних знижень, балок, лесового псевдокарсту, ярів і рівчаків, такірів, солончаків, солонців, вертикальних тріщин – усихання, віддільності тощо);
- потужність лесових відкладень і просадної товщі, їх зміна за площею;
- особливості структури (характер вертикальних і горизонтальних макропор, їх розташування за глибиною і площею; пилуватість, агрегованість тощо), текстури (тонка шаруватість, тріщинуватість, наявність конкрецій, розподіл карбонатів у розрізі, сліди органогенного походження, викопні кріогенні прояви тощо);

- циклічність будови просадної товщі, особливості контактів між шарами та їх комплексами;
- фізичні властивості ґрунтів;
- зміни вологості та межі пластичності ґрунтів за глибиною, особливо в шарах, що контактують із похованими ґрунтами;
- відносну деформацію просідання під тиском від власної ваги ґрунту і загального тиску (від власної ваги та зовнішнього навантаження від проєктованих будівель і споруд, ваги насипу під час планування підсипання);
 - початковий тиск просідання;
 - залежність відносної деформації просідання від тиску;
 - початкову вологість просідання;
 - модуль деформації за природної вологості та у насиченому водою стані;
- ступінь варіативності просадних властивостей ґрунтів у плані та за глибиною;
- питоме зчеплення і кут внутрішнього тертя просадних ґрунтів у природному стані та у насиченому водою (залежно від вирішуваної задачі);
 - склад і вміст водорозчинних солей;
 - фільтраційні властивості просадних ґрунтів;
 - величину осідання ґрунту від його власної ваги;
 - характер змін просадності за площею та глибиною;
 - просадні властивості ґрунтів у зниженнях рельєфу (просадні блюдця, улоговини тощо) і на ділянках між ними;
- глибину залягання, літологічний склад і характеристики підстилаючих непросадочних ґрунтів з оцінкою їх фільтраційних властивостей (за спеціальним завданням).

Під час проведення вишукувань у районах, де поширені набрякаючі ґрунти, встановлюють і детально відображають у звіті:

- наявність процесів і явищ, пов'язаних із набрякаючими ґрунтами, а також їхню належність до певних геоморфологічних елементів;
- умови залягання набрякаючих ґрунтів, їхню потужність, мінералогічний і літологічний склади, будову (наявність карманів, лінз і прошарків пилюватого та піщаного матеріалу), структурно-текстурні особливості, характер і умови залягання покривних і підстильних ґрунтів;
- величину розкриття, глибину та напрямок поширення усадкових тріщин, потужність тріщинуватої зони;
- відносне вільне набухання;
- вологість набухання;
- тиск набухання;
- відносне набухання під навантаженнями;
- лінійну усадку ґрунту;
- об'ємну усадку ґрунту;
- відносну усадку ґрунту;
- вологість на межі усадки.

За спеціальним завданням визначають:

- горизонтальний тиск під час набухання;
- набухання ґрунтів у розчинах (техногенних водах і промислових стоках проєктованих підприємств).

Під час вишукувань у районах, де поширені *слабкі ґрунти*, встановлюють та додатково відображають у звіті:

- для торф'яних і заторфованих ґрунтів: генезис і геоморфологічний тип боліт, їх поширення та потужність, умови залягання болотних відкладень, склад і характеристики товщі болотних відкладень і підстильних мінеральних ґрунтів;

- для похованих слабких ґрунтів різних типів: генезис, глибини, умови залягання, склад і властивості, а також характеристики підстильних і перекриваючих ґрунтів;

- вміст органічних речовин, ступінь розкладання та зольність для торф'яних і заторфованих ґрунтів.

Враховують специфічні властивості слабких ґрунтів, які характеризуються:

- високими значеннями пористості (коефіцієнт пористості $> 1,0$) і вологості (ступінь вологості дорівнює або перевищує 0,8);

- браком жорстких структурних зв'язків;

- модулем деформації, що дорівнює або менше ніж 5 МПа;

- низькою міцністю і високою стискуваністю, а також тривалістю консолідації під час ущільнення і зменшенням міцності під час повзучості;

- значними змінами деформаційних, міцнісних і фільтраційних властивостей ґрунтів під час порушення їхньої природної структури, а також в процесі ущільнення або висихання (осушення);

- чутливістю до динамічних впливів;

- появою усадки з утворенням тріщин у процесі висихання (осушення);

- нестабільністю в зоні аерації органічних сполук, рослинних залишків і продуктів їх розкладання;

- підвищеною агресивністю та корозійною активністю ґрунтів і підземних вод щодо бетону та металів.

Під час проведення вишукувань на ділянках, де поширені *заторфовані ґрунти*, встановлюють та додатково зазначають у звіті:

- тип торфу: низинний або верхівковий;

- різновиди заторфованих ґрунтів: їхній склад та властивості;

- джерела обводнення покладу: атмосферні, ґрунтові, поверхневі або змішані води, з вказівкою на місце розташування виходу джерел, а також наявність озер і сплавин;
- загальна тенденція розвитку болота: деградація або прогресуюче заболочування прилеглих територій;
- для торфів і заторфованих ґрунтів: вологість, щільність у водонасиченому стані, вміст органічних речовин, ступінь розкладання, зольність, ботанічний склад (за спеціальним завданням);
- для мулу і сапропелів: гранулометричний склад, вміст органічних речовин, карбонатів, а також склад і вміст водорозчинних солей (для осадів солоно-водних водойм);
- показники консолідації та повзучості (за спеціальним завданням).

Під час вишукувань у районах, де поширені *засолені ґрунти*, встановлюють та додатково наводять у звіті:

- умови залягання засолених ґрунтів: потужність, літологічний склад, поширення в плані та за глибиною;
- якісний і кількісний склад водорозчинних солей у ґрунтах;
- генезис та взаємозв'язок ступеня і характеру засоленості з літологічним складом і умовами залягання ґрунтів;
- форма, розмір і характер розподілу солей у ґрунтах;
- ступінь кристалізації та дисперсності солей;
- структурні особливості ґрунтів, пов'язані з наявністю солей;
- наявність виражених проявів процесу вилуговування та механічної суфозії засолених ґрунтів у рельєфі, їхні форми і розміри;

– наявність ділянок сучасного засолення ґрунтів внаслідок господарської діяльності людини, а також вплив цієї діяльності на розвиток процесів засолення та розсолення ґрунтів;

– фізичні, міцнісні й деформаційні властивості ґрунтів у природній вологості та під час водонасичення, значення відносного суфозійного стискування та початкового тиску суфозійного стискування, зміни фізико-механічних і хімічних властивостей ґрунтів у процесі засолення або вилуговування солей;

– гідрохімічні умови: мінералізацію та хімічний склад підземних вод, їхню розчинювальну здатність щодо засолених ґрунтів, характер можливого переміщення води у ґрунтах, зміни хімічного складу підземних вод у процесі засолення або розсолення ґрунтів;

– склад і характеристики поверхневих вод, що впливають на засоленість ґрунтів.

Під час вишукувань на ділянках, де поширені *техногенні ґрунти*, встановлюють і додатково наводять у звіті:

– поширення, умови залягання, будову, склад і властивості техногенних ґрунтів, зокрема в стародавніх поселеннях, на місцях вигрібних ям, підвалів, галерей, підземних ходів тощо;

– змінюваність характеристик фізико-механічних властивостей техногенних ґрунтів у просторі, а за необхідності – також у часі, у відповідь на зміни температурно-вологісного режиму;

– наявний досвід будівництва на техногенних ґрунтах;

– ступінь завершеності консолідації та зміни властивостей техногенних ґрунтів у часі.

Для цього в поєднанні з іншими видами робіт проводять стаціонарні спостереження (на спеціально обладнаних дослідних ділянках), які містять

визначення фізико-механічних властивостей техногенних ґрунтів, зокрема вимірювання порового тиску (за спеціальним завданням).

У разі передбачуваного використання техногенних ґрунтів як основи фундаментів, технічне завдання на вишукування повинно містити:

- відомості про спосіб і час формування техногенних ґрунтів;
- дані про виконання робіт і технологію утворення планомірно намитих або відсипаних ґрунтів (споруд) і накопичувачів промислових відходів;
- результати геотехнічного контролю;
- відомості про склад та інші особливості ґрунтів у зв'язку з технологічними особливостями виробництва – джерела їхнього накопичення.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3

ІНЖЕНЕРНІ ВИШУКУВАННЯ В СКЛАДНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

Тема 11 Дослідження на ділянках розвитку небезпечних процесів

11.1 Вимоги до складу та змісту вишукувань на ділянках із розвитком небезпечних процесів (обвали, зсуви, селі, лавини, абразія, ерозія, карст, суфозія, підтоплення)

Вивчення інженерно-геологічних процесів і явищ виконують на основі аналізу і синтезу інформації, отримуваної на усіх етапах виконання польових, лабораторних і камеральних робіт. За відповідного обґрунтування у програмі виконання робіт передбачають спеціальні види робіт (зокрема аерокосмічну зйомку, стаціонарні наземні спостереження, геофізичні роботи, лабораторні випробування та моделювання). Додаткові вимоги до інженерно-геологічних вишукувань в районах розвитку небезпечних геологічних процесів (карст, суфозія, зсуви, обвали, селі, перероблення берегів водосховищ, озер і рік, сейсмічність тощо) наведено нижче.

У районах розвитку *схилкових процесів (зсуви, обвали)* на основі інженерно-геологічних вишукувань виконують:

– інженерно-геологічне районування території за небезпекою виникнення зсувних і обвальних процесів, а також за особливостями їхнього розвитку;

– оцінку стійкості схилів і очікуваних її змін із зазначенням типу можливих зсувних і обвальних процесів, їх місцезнаходження, розмірів, а також величин і швидкості переміщення ґрунтових мас;

– оцінку непрямих наслідків, викликаних зсувними і обвальними процесами (деформації існуючих будівель і споруд, затоплення долин під час утворення обвальних-зсувних загат, виникнення високої хвилі у разі швидкого зміщення земляних мас у акваторію тощо);

– маршрутні спостереження з метою оцінки ступеня відповідності розвитку процесів наявним інженерно-геологічним матеріалам, а також для коригування програми виконання вишукувальних робіт.

Встановлюють і додатково відображають у звіті:

– площу і глибину охоплення схилів зсувними та обвальними процесами, динаміку їх розвитку в часі та просторі залежно від особливостей геологічної будови і морфології схилів, режиму підземних і поверхневих вод, промерзання та відтавання, інших факторів;

– можливість порушення стійкості схилів розглянутими процесами і ступінь їхньої небезпеки для об'єктів будівництва;

– ефективність існуючих споруд інженерного захисту як безпосередньо на ділянці вишукувань, так і на близьких до неї за природними умовами, рекомендації про принципову необхідність здійснення заходів інженерного захисту;

– кількісну характеристику факторів, що визначають стійкість схилів, включно з відомостями про швидкість зсуву і обрис вірогідних поверхонь зсуву мас ґрунтів;

- геофізичну оцінку напружено-деформованого стану масиву ґрунту та конструкцій існуючих будівель і споруд;

- оцінку стійкості схилів у просторі та у часі в непорушених природних умовах, а також у процесі будівництва і експлуатації проєктованого об'єкта, якщо це обумовлено технічним завданням та за наявності вихідних даних;

- рекомендації з інженерного захисту території від зсувних і обвальних процесів;

У районах розвитку *карсту*: під час проведення інженерно-геологічних вишукувань необхідно встановлювати:

- геоморфологічні, гідрологічні, геологічні й гідрогеологічні умови розвитку карсту;

- розповсюдження, характер та інтенсивність прояву карсту, історію й закономірності його розвитку;

- зони згідно з районуванням території за умовами розвитку карсту, характером і ступенем закарстованості;

- стійкість території відносно карстових провалів і осідань;

- особливості фізико-механічних властивостей ґрунтів і гідрогеологічних умов, пов'язаних із карстом;

- можливість розвитку карсту під впливом природних і техногенних факторів у періоди будівництва і експлуатації об'єктів;

- умови раціонального використання території та протикарстові заходи.

До складу інженерно-геологічних робіт повинні входити маршрутні спостереження з карстологічним обстеженням місцевості та геофізичні роботи, які виконують у поєднанні з іншими видами робіт.

У районах розвитку *суфозійних процесів* виконують комплекс польових і лабораторних робіт (у місцях просідання та провалів земної поверхні також), щоб отримати дані про суфозійну стійкість ґрунтів (гранулометричний склад, вміст розчинних солей), гідрогеологічні особливості та наявність порожнин у масиві ґрунтів.

За результатами інженерно-геологічних вишукувань встановлюють:

- тип суфозійного процесу (механічний, хімічний);
- глибину поширення, характер виявлення;
- розробляють рекомендації з підвищення суфозійної стійкості масиву ґрунтів.

У районах розвитку *селєвих процесів* (селенебезпечних районах) інженерно-геологічні вишукування у всіх випадках проводять разом з інженерно-гідрометеорологічними та інженерно-геодезичними вишукуваннями, з урахуванням даних ландшафтних досліджень, щоб забезпечити комплексне вивчення селів. Встановлюють і додатково відображають у звіті:

- генетичні типи селів;
- геоморфологічні характеристики селєвих басейнів;
- механізм формування і типи селєвих потоків;
- динамічні параметри селів;
- фізико-механічні властивості ґрунтів у селєвих осередках і у зоні відкладень;

- рекомендації зі способів інженерного захисту проєктованого об'єкта;
- оцінку впливу проєктованого об'єкта на умови формування селів.

Оцінку селевої небезпеки території встановлюють на основі вивчення непрямих ознак селевої небезпеки, камерального аналізу топографічних та інженерно-геологічних карт, матеріалів аерофото- і космічної зйомки, а також на основі обов'язкового виконання маршрутних спостережень.

У місцях розвитку переробки берегів морів, водосховищ, озер і рік інженерно-геологічні вишукування виконують у комплексі з гідрометеорологічними роботами (характеристика рівневого та вітро-, хвилеенергетичного режимів, течій і руху наносів тощо). До складу вишуквальних робіт входять:

- збір і аналіз опублікованих та фондкових матеріалів із переробки берегів і ефективності заходів інженерного захисту;
- маршрутні спостереження та дешифрування аерофотоматеріалів різних років для деталізації наявних матеріалів і виявлення нових даних про фактори та сучасний розвиток процесів переробки берегів;
- інженерно-геологічна зйомка майданчика проєктованого будівництва й прилеглому узбережжю в межах, встановлених програмою виконання робіт;
- стаціонарні спостереження (у разі необхідності та за відповідного обґрунтування) за переробкою берегів і факторів, що її визначають, на майданчику проєктованого будівництва і на типових (ключових) ділянках узбережжя;
- кількісна характеристика факторів переробки берегів;

– уточнена оцінка інтенсивності процесу переробки берегів у просторі та часі в непорушених природних умовах, а також у процесі будівництва і експлуатації проєктованого об'єкта;

– розроблення рекомендацій з інженерного захисту берегів.

У районах розвитку *сейсмічних процесів* (сейсмічних районах) вимірюють інтенсивність сейсмічних впливів у балах для району будівництва, сейсмічність якого визначається відповідно до ДБН В.1.1-12. Визначають сейсмічність майданчиків будівництва на підставі сейсмічного мікрорайонування та матеріалів інженерно-геологічних вишукувань. Уточнюють сейсмічність майданчика будівництва у разі виявлення в процесі проведення вишукувань неврахованих раніше факторів, здатних вплинути на сейсмічність (наявність локальних неоднорідностей, тривалий вплив техногенних факторів тощо), у разі розміщення будівель (споруд) на межах ділянок з різною сейсмічністю.

Роботи з сейсмічного мікрорайонування виконують у складі інженерних вишукувань або окремо, а також відображають результати сейсмічного мікрорайонування та вказують категорії ґрунтів за сейсмічними властивостями згідно з таблицею 1.1 ДБН В.1.1-12 у звіті про вишуквальні роботи.

Гідрогеологічні вишукування на *підтоплених та потенційно підтоплюваних територіях* виконуються зазвичай у комплексі з інженерно-гідрологічними, інженернометеорологічними та інженерно-екологічними вишукуваннями. Головною метою інженерно-гідрогеологічних вишукувань на підтоплених та потенційно підтоплюваних територіях є отримання вихідних даних для розробки заходів інженерного захисту територій (споруд) від шкідливої дії підземних вод. Перелік необхідних для цього даних погоджується з проєктною організацією та додається до технічного завдання.

Явище *підтоплення* передбачає підняття рівня підземних вод і (або) підвищення вологості ґрунтів до критичних значень, за яких відбувається зміна міцнісних та деформаційних властивостей ґрунтів. За характером (станом) умов підтоплення необхідно розрізняти підтоплені (природно і техногенно, постійно і тимчасово) і непідтоплені території, серед яких виокремлюються потенційно підтоплювані та потенційно непідтоплювані території.

Під час виконання гідрогеологічних вишукувань насамперед необхідно визначити стан конкретної території відносно умов підтоплюваності. Для цього потрібно врахувати дію всіх режимоутворюючих чинників (факторів підтоплення), які визначають режим підземних вод на цій території.

З огляду на складність та багатофакторність геогідродинамічних процесів, формування режиму підземних вод конкретної локальної ділянки зазвичай відбувається за рахунок чинників, які діють далеко за її межами. Тому територіально гідрогеологічні дослідження не повинні обмежуватись майданчиком проєктованого будівництва. Межі досліджуваної території обґрунтовуються у програмі вишукувань.

Стан території (споруди) за умовами підтопленості визначається на початкових стадіях вишукувань, що дає можливість скоригувати склад і обсяги подальших вишуквальних робіт. Основним критерієм при цьому є гранична глибина залягання рівня підземних вод (ДБН В.1.1-25), зменшення якої, залежно від функціонального використання та характеру забудови конкретної території, дозволяє вважати її підтопленою.

Потенційна підтоплюваність встановлюється на основі аналізу сукупності даних щодо природно-техногенних умов територій (ділянок), із визначенням основних факторів і причин розвитку процесу підтоплення на регіональному та локальному рівнях. Важливою є кількісна або якісна оцінка за можливості всіх

прибуткових та витратних складових балансу підземних вод як основної передумови розвитку процесу підтоплення території.

Тема 12 Питання прогнозування

12.1 Оцінки сучасного стану та розвитку і змін природно-техногенних умов у часі

Під час виконання вишукувальних робіт і оцінки природного і природно-техногенного ризику для будівництва потрібно враховувати необхідність вивчення інженерно-геологічних умов не тільки в контурах конкретної будівлі, а й на прилеглий до неї території. Оцінка ризику як величини реалізації небезпеки визначається під час виконання як вишукувальних, так і проєктних робіт.

Методична відмінність оцінки ризику під час виконання вишукувальних робіт полягає в тому, що інженери-геологи повинні встановити джерела небезпеки в багатофакторній природно-техногенній системі, побудувати прогнозні сценарії розвитку цієї системи і на підставі порівняння допустимих і прогнозованих параметрів, які характеризують резонансні фактори, визначити ступінь загрози, тобто дати оцінку ризику. Ця оцінка в подальшому слугує вихідною інформацією для ухвалення проєктних рішень. Причому під час ухвалення проєктних рішень принциповим стає вибір стратегії поведінки щодо виявленої небезпеки.

Як відомо з наукових джерел, під час рішення задач, що стосуються безпеки в будівництві, ризик оцінюється з огляду на загрозу руйнування будівель або споруд і визначення відповідного економічного збитку і/або загибелі людей (також часто переводиться в показники економічного збитку). На підставі таких досліджень розробляються критерії граничних впливів і допустимих відхилень (осідань, кренів тощо) на стан будівель і споруд. У зв'язку з цим під час виконання інженерних вишукувань послідовно вирішуються такі завдання:

- виявлення можливості виникнення і розвитку небезпечних процесів;
- характеристика цих процесів у період вишукувань;
- прогноз розвитку цих процесів під час будівництва й експлуатації об'єктів.

Одержані прогнозні значення порівнюються з припустимими значеннями для конкретного виду будівництва, і на підставі порівняння дається оцінка ступеня ризику.

Діяльність із прогнозування й управління розвитком геологічного середовища в містах не завершується усуненням концептуальної невизначеності. Через наявність часової і параметричної невизначеності не можна розраховувати, що дискретне прогнозування з великим періодом попередження забезпечить одержання достовірних і точних даних про стан геологічного середовища в майбутньому. Але, з іншого боку, не можна відмовлятися від довгострокових прогнозів, бо тільки на їх підставі можна забезпечити стійке управління.

Вихід з цього становища можливий через поєднання принципів безперервності та дискретності. В основу поєднання можна покласти напрацьовані на практиці відомості про тривалість еволюційних циклів у розвитку системи «людина – геологічне середовище». Дієвість прогнозів обмежується еволюційним циклом розвитку і в міру зміни характеру або інтенсивності впливу повинні коригуватися прогнози і застосовуватися рішення зі «вторинного управління».

Для території міста в цілому еволюційний цикл може бути обраний за строками реалізації генерального плану (20–25 років). Для визначення інженерно-геологічних районів – за строками освоєння (реконструкції) значних площ або будівництва великих об'єктів (5–7 років) і для ділянок – за строками будівництва окремих будинків і споруд (1–3 роки). Пропоновані кроки дискретизації визначають строки дієвості і коректури довгострокових, середньострокових і

короткострокових проєктів та строки ухвалення управлінських рішень різного масштабу.

Тема 13 Моделювання в інженерній геології та гідрогеології

13.1 Види моделювання: аналогове фізичне, математичне та аналітичне, комп'ютерне

Моделюванням називають дослідження різних процесів, явищ, об'єктів на основі створення їхніх моделей. Модель є відтворенням досліджуваного процесу (явища, об'єкта). Усі моделі можна умовно поділити на логічні та матеріальні.

Логічні моделі – це сукупність гіпотез, передумов і рівнянь, тобто вони є абстрактними побудовами. Матеріальна (фізична) модель зазвичай реалізується за допомогою спеціальних технічних пристроїв. Моделювання в інженерній геології та гідрогеології вивчає закони побудови моделей об'єктів, досліджує на їхній основі фізичні процеси. Воно застосовується для управління природно-технічними системами як метод прогнозування наслідків господарської діяльності, зокрема осушення родовищ корисних копалин, затоплення шахт, дренажу підтоплених територій, водовідбору, змін якості підземних та поверхневих вод тощо.

Гідрогеологічними об'єктами можуть бути водоносний горизонт, водоносний комплекс або басейн підземних вод. Їхні параметри описуються за допомогою геологічних і фізичних полів. Полем у загальному розумінні є область, в межах якої певна характеристика змінюється в просторі і часі. Геологічне поле кількісно характеризує структуру масиву гірських порід та їхні властивості: проникність, поруватість тощо.

Фізичне поле описує розподіл у просторі і часі параметрів процесів, що відбуваються в геологічному полі: зміни рівня підземних вод, їхньої температури, мінералізації тощо. Таким чином, гідрогеологічний об'єкт можна розглядати як сукупність геологічних і фізичних полів.

Підготовка, складання моделі, її практична реалізація виконується за певною послідовністю (рис. 13.1).

Сучасні гідрогеологічні моделі реалізуються як фізичні або математичні. *Фізична модель* зазвичай створюється в лабораторних умовах, наприклад, за допомогою посудин, заповнених ґрунтом, або щілинного жолоба. *Математична модель* ґрунтується на системі диференціальних або алгебраїчних рівнянь і містить їхні розв'язки, аналітичні формули або чисельні алгоритми, а також відповідні програмні засоби.

У другій половині ХХ століття широко застосовувались *аналогові моделі* з використанням електропровідного паперу. Їхнім теоретичним підґрунтям була подібність між стаціонарним фільтраційним потоком та електричним струмом. Аналогові моделі були поступово замінені більш сучасними комп'ютерними моделями, що використовуються як на окремих персональних ЕОМ, так і в розгалужених мережах.

Розроблена модель має бути адекватною реальному об'єкту. Це означає, що в умовах здебільшого неповної інформації вона повинна давати результати, близькі до експериментальних даних.



Рисунок 13.1 – Етапи гідрогеологічного моделювання

У процесі уточнення можуть бути змінені передумови, ухвалені на підготовчому етапі, скореговані математичні рівняння та значення вхідних параметрів. Для виконання інженерного прогнозу задаються певні вимоги щодо точності результатів розрахунку, які залежать від характеру процесу та

достовірності вихідних даних. Наприклад, рівень підземних вод допустимо прогнозувати з похибкою декількох сантиметрів.

Тема 14 Оцінка ризиків

14.1 Визначення та опис ризиків: (незначний, істотний, катастрофічна ситуація)

Під час виконання вишукувальних робіт і оцінки природного і природно-техногенного ризику для будівництва потрібно враховувати необхідність вивчення інженерно-геологічних умов не тільки в контурах конкретної будівлі, а й на прилеглий до неї території.

Оцінка ризику як величини реалізації небезпеки визначається під час виконання як вишукувальних, так і проєктних робіт. Методична відмінність оцінки ризику під час виконання вишукувальних робіт полягає в тому, що інженери-геологи повинні встановити джерела небезпеки в багатофакторній природно-техногенній системі, побудувати прогнози сценарії розвитку цієї системи і на підставі порівняння допустимих і прогнозованих параметрів, які характеризують резонансні фактори, визначити ступінь загрози, тобто дати оцінку ризику. Ця оцінка в подальшому слугує вихідною інформацією для ухвалення проєктних рішень. Причому під час ухвалення проєктних рішень принциповим стає вибір стратегії поведінки щодо виявленої небезпеки.

Під час рішення задач, що стосуються безпеки в будівництві, ризик оцінюється з огляду на загрозу руйнування будівель або споруд і визначення відповідного економічного збитку і/або загибелі людей (також часто переводиться в показники економічного збитку). На підставі таких досліджень розробляються

критерії граничних впливів і допустимих відхилень (осідання, крени тощо) на стан будівель і споруд.

У зв'язку з цим під час виконання інженерних вишукувань послідовно вирішуються такі задачі:

- виявлення можливості виникнення і розвитку небезпечних процесів;
- характеристика цих процесів у період вишукувань;
- прогноз розвитку цих процесів під час будівництва й експлуатації об'єктів.

Одержані прогнозні значення порівнюються із припустимими значеннями для конкретного виду будівництва, і на підставі порівняння дається оцінка ступеня ризику.

Ризик оцінюється залежно від рівня загрози і необхідності обрання заходів із регулювання впливу або розробки та виконання захисту. Як передбачено додатком Ж ДБН А.2.1-1-2008, оцінка ризику має такі три рівні:

- ризик слабкий (заходи не потрібні);
- ризик істотний (у проєкті передбачаються спеціальні заходи);
- екстремальна ситуація (ділянка не придатна для будівництва, а на забудованих територіях необхідне виселення).

Тема 15 Розробка пошукових та нормативних прогнозів

15.1 Вимоги до пошукових та нормативних прогнозів під час вишукувань

Під час виконання вишукувань обов'язковими є процедури розробки кількісних прогнозів і порівнянь прогнозних і допустимих значень, які характеризують небезпечні процеси. Таким чином, підвищується інформативність

матеріалів вишукувань, зростає ступінь обґрунтованості й ефективності проєктних рішень, що повинно привести до оптимізації витрат і підвищення якості будівництва. Звісно, що при цьому підвищуються вимоги до інженерів-геологів, зростають трудовитрати на створення більш якісного прогнозування, що необхідно враховувати під час визначення ціни на вишукувальні роботи.

Рекомендації щодо зменшення впливу або захисту за своїм змістом є *нормативним прогнозом*, який визначає шляхи досягнення необхідного стану. Таким чином, методика оцінки ризику під час виконання вишукувань містить такі операції:

- вивчення фондових (архівних) матеріалів, які характеризують інженерно-геологічні особливості території, зокрема і зони зосередження (полів розвитку) небезпечних процесів;
- візуальне обстеження території і встановлення ознак прояву небезпечних природних і природно-техногенних процесів;
- розробка програми вишукувальних робіт;
- аналіз умов виникнення і розвитку небезпечних процесів;
- розробка сценаріїв *пошукових прогнозів* змін інженерно-геологічних умов;
- порівнянн прогнозних умов і допустимих параметрів за резонансними (регламентованими) факторами (оцінка ризику);
- розробка прогнозних рекомендацій (нормативних прогнозів) із запобігання небезпечних процесів або рекомендацій із захисту від їхнього впливу.

У зв'язку з виділеними трьома рівнями ризику необхідно зазначити, що на етапі розробки прогнозу необхідно оперувати кількісною інформацією і для цього можна скористатися вже відомими методами прогнозування. Але результат

прогнозу повинен давати змогу порівняння допустимих і прогнозних станів системи.

Наведена послідовність операцій розкриває вимоги п. 3.1.1 ДБН А.2.1-1-2008 і дає інженерам-геологам інструменти для ухвалення рішень про можливість виникнення небезпечних процесів та відносно їхнього впливу на об'єкти будівництва. Такий методичний підхід буде сприяти підвищенню інформативності матеріалів вишукувань, ефективності якості проєктних рішень, тобто підвищенню надійності і якості будівництва. При цьому достатньо важливою властивістю є можливість районування території за ступенем ризику і створення карт геологічного ризику, що дуже важливо під час розробки генеральних планів забудови населених пунктів і окремих промислових підприємств.

Пошукові прогнози під час інженерно-геологічних вишукувань розробляються з метою оцінки можливості (ризiku) виходу умов в цілому або окремих компонентів із допустимих (нормативних) станів. Основні напрямки прогнозів полягають в наступному:

- оцінка можливих змін стану та властивостей ґрунтів;
- оцінка зміни гідрогеологічних умов;
- визначення характеру та інтенсивності розвитку інженерно-геологічних процесів.

Вибір методів розроблення прогнозів повинен виконуватися з урахуванням складності умов та цільового призначення вишукувальних робіт. Під час розроблення та порівняння з реалізацією оцінка пошукових прогнозів здійснюється за достовірністю (імовірністю та повнотою події) й точністю (часом і параметрами).

Оцінка ризику виходу умов із допустимого (нормативного) стану здійснюється шляхом порівняння прогнозованих і допустимих параметрів системи. За результатами оцінки визначається необхідність розроблення та склад нормативних прогнозів.

Тема 16 Вимоги до науково-технічного звіту

16.1 Склад і зміст технічного звіту про інженерні вишукування для будівництва

Результати інженерно-геологічних вишукувань, які відображаються в технічному звіті, повинні відповідати таким критеріям якості:

- відповідність проведених вишукувань технічному завданню замовника;
- відповідність складу та змісту звіту цільовому призначенню робіт і нормативним документам;
- наявність посилань на використані літературні і фондові матеріали (або вказівка на їх нестачу);
- наявність документів про метрологічну повірку та підтвердження відповідності приладів і устаткування, які використані під час вишукувань;
- кількість і розміщення гірничих виробок, точок польових дослідних робіт, забезпечують одержання обґрунтованої інформації про інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови території (ділянки) вишукувань і прогнозування можливих загроз від небезпечних процесів;

– глибини проходки гірничих виробок, зондування, каротажу забезпечують вивчення активної зони та можливість багатоваріантного проєктування основ і фундаментів;

– відбір проб ґрунтів порушеної та непорушеної структури забезпечує вивчення фізико-механічних властивостей шарів ґрунту і виділення інженерно-геологічних елементів;

– відповідність методики та технології польових і лабораторних випробувань ґрунтів нормам національних стандартів;

– відповідність складу й обсягу гідрогеологічних робіт категорії складності гідрогеологічних умов території;

– обґрунтованість пошукового та нормативного прогнозів результатами вишукувань;

– відповідність складу й оформлення звітної документації нормативним вимогам.

Наведені технічні вимоги не поширюються на довідки про інженерно-геологічні умови території (ділянки), які складені на основі фондів матеріалів і не є основою для розроблення проєкту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН А.2.1-1-2008. Інженерні вишукування для будівництва. – Чинний від 2008–07–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. – 72 с.
2. ДСТУ Б.В.2.1-2-96. Ґрунти. Класифікація. – Чинний від 1997–04–01. – Київ : Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 32 с.
3. Інженерна геологія : навч. посіб. для студ. природознавчих, будівельних та екологічних спец. вищ. навч. закладів / Г. Г. Стріжельчик, В. Ю. Єгупов, І. В. Храпатова, В. В. Сухов. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. – 440 с.
4. ДБН В.1.1-25-2009. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. – Чинний від 2011–01–01. – Міністерство з питань житлово-комунального господарства України, 2008. – 89 с.
5. ДСТУ Б. А. 2.4-13:2009. Умовні графічні позначення в документації з інженерно-геологічних вишукувань. – Чинний від 2010–01–01. – Київ : Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 2009. – 26 с.
6. ДБН А.2.2-3-2004. Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проєктної документації для будівництва. – Чинний від 2008–04–01. – Київ : Держбуд України, 2004. – 35 с.

Електронне навчальне видання

**ЄГУПОВ В'ячеслав Юрійович,
СТРІЖЕЛЬЧИК Геннадій Георгійович,
ХРАПАТОВА Ірина Вікторівна,
ЄСАКОВА Світлана Володимирівна,
БОНДАРЕНКО Олександр Іванович**

ІНЖЕНЕРНІ ВИШУКУВАННЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання
зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Відповідальний за випуск *І. В. Храпатова*
Редактор *Б. О. Хільська*
Комп'ютерне верстання *І. В. Храпатова*

План 2024, поз. 8Л

Підп. до друку 13.11.2025. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 4,4.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Черноглазівська, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 8386 від 14.07.2025