

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

С.В.Корнєєнко

**МЕТОДИКА ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ
Основні методи і види гідрогеологічних
досліджень**

Навчальний посібник

**Київ
Видавничо - поліграфічний центр
“Київський університет”
2001**

С.В.Корнєєнко

Методика гідрогеологічних досліджень. Основні методи і види гідрогеологічних досліджень: Навч.посібник. - К.: ВПЦ "Київський університет", 2001. - 69 с.

Рецензент: М.С.Огняник, док. геол.- мін. наук, проф.

У навчальному посібнику розглянуті основні методи і види сучасних гідрогеологічних досліджень, за допомогою яких можна отримувати загальну гідрогеологічну характеристику досліджуваних об'єктів та вирішувати спеціальні гідрогеологічні питання.

Для студентів геологорозвідувальних спеціальностей вищих навчальних закладів.

Затверджено вченою радою
геологічного факультету
8 листопада 2001 року

© С.В.Корнєєнко, 2001

ПЕРЕДМОВА

Основою для створення навчального посібника був курс лекцій, який багато років викладається на кафедрі гідрогеології та інженерної геології геологічного факультету Київського національного університету ім.Тараса Шевченка. За своїм змістом дисципліна “Методика гідрогеологічних досліджень” поділена на дві частини: в першій дана характеристика основних методів і видів гідрогеологічних досліджень (гідрогеологічна зйомка і картування, розвідувальні роботи, дослідно-фільтраційні роботи, вивчення режиму і балансу підземних вод та т. ін.); в другій розглядаються особливості методики проведення гідрогеологічних досліджень для вирішення конкретних народногосподарських завдань (з метою водопостачання, з метою меліорації земель, при пошуках і розвідці родовищ мінеральних, термальних і промислових підземних вод, при проведенні пошуково-розвідувальних робіт та експлуатації нафтових і газових родовищ, при пошуках, розвідці і розробці родовищ твердих корисних копалин, для різних видів будівництва, з метою охорони та поновлення запасів підземних вод). У запропонованому навчальному посібнику викладені основні види і методи сучасних польових гідрогеологічних досліджень, за допомогою яких одержують загальну гідрогеологічну характеристику досліджуваних об’єктів та вирішують спеціальні гідрогеологічні питання і завдання.

З кожним роком значення підземних вод і гідрогеологічних досліджень зростає. Прісні підземні води широко використовуються з метою водопостачання більшості населених пунктів, промисловості і сільського господарства; мінеральні води - з лікувальними цілями; високо мінералізовані води глибоких горизонтів - для видобування рідкісних і розсіяних елементів (бору, йоду, літію, радію та т.ін.). Термальні підземні води використовуються для бальнеологічних цілей та з метою теплофікації житлових будинків, промислових підприємств і сільськогосподарських об’єктів, перегріті води - для виробки електроенергії.

Гідрогеологічні дослідження виконуються також й при будівництві заводів, міст, гідротехнічних споруд, рудників, залізниць та т. ін. Особливого значення вони набули у зв’язку з питаннями охорони та раціонального і комплексного використання водних, земельних, мінерально-сировинних та інших природних ресурсів.

Отже, для успішного та ефективного вирішення різноманітних завдань спеціалісти-гідрогеологи повинні мати ґрунтовні знання основних методів і прийомів вивчення гідрогеологічних умов, оволодіти науковими основами і принципами обґрунтування раціонального комплексу досліджень та методикою його виконання.

Навчальна дисципліна “ Методика гідрогеологічних досліджень” охоплює вчення про методи і прийоми вивчення гідрогеологічних умов і якісної оцінки підземних вод для розв’язання багатьох народногосподарських завдань.

Упорядник з вдячністю прийме всі зауваження і побажання, які будуть спрямовані на послідує покрощання курсу. Зауваження просимо надсилати на адресу: 03622, Київ-22, вул. Васильківська, 90, Київський національний університет ім.Тараса Шевченка, геологічний факультет, кафедра гідрогеології та інженерної геології.

ВСТУП

1. Гідрогеологічні дослідження – вчення про методи і прийоми вивчення гідрогеологічних умов.
2. Історія розвитку і сучасний стан методики гідрогеологічних досліджень.

1. Гідрогеологічні дослідження – вчення про методи і прийоми вивчення гідрогеологічних умов

Гідрогеологічні дослідження – це вчення про методи і прийоми вивчення гідрогеологічних умов, виявлення родовищ підземних вод, оцінки їх ресурсів, запасів, режиму, якості і особливостей руху підземних вод з метою вирішення різноманітних народногосподарських завдань. Це є одним з основних розділів гідрогеології, як науки про підземну гідросферу.

Вчення, на відміну від науки, є лише сукупністю теоретичних положень.

Метод – це спосіб дослідження, а *прийом* – це спосіб здійснення дослідження.

Методи і прийоми вивчення гідрогеологічних умов, склад, об'єм та методика проведення досліджень залежать від характеру задач, що вирішуються, складності і ступеня вивченості природних умов та інших факторів. Проте, у всіх випадках, комплекс досліджень повинен забезпечувати достовірність гідрогеологічної інформації, яка необхідна для науково обгрунтованого, вірного, швидкого та ефективного вирішення отриманих завдань.

При виконанні гідрогеологічних робіт використовується великий комплекс різноманітних методів досліджень, серед яких головне місце займають гідрогеологічні - гідрогеологічна зйомка, дослідно-фільтраційні роботи, режимні спостереження за рівнем і притоком підземних вод, їх властивостями і складом, лабораторні дослідження та т. ін. Разом з тим для вивчення підземних вод дуже часто використовуються різноманітні геологічні та географічні методи досліджень і спостережень (геоморфологічні, геохімічні, структурно-фаціального аналізу, геофізичні, гідрологічні, морфометричні та ін.), які трансформовані стосовно гідрогеологічних завдань. При проведенні гідрогеологічних досліджень широко використовуються різні методи фундаментальних наук - фізики, математики, хімії, біології, які використовуються для вивчення різноманітних параметрів підземних вод і гідрогеологічних процесів, а також для обробки результатів досліджень.

2. Історія розвитку і сучасний стан методики гідрогеологічних досліджень

Історія розвитку методів гідрогеологічних досліджень дуже тісно пов'язана з історією розвитку гідрогеології як науки, в зв'язку з необхідністю використання підземних вод та боротьби з ними.

За IV – III тисячоліття до н. е. в долинах річок Тигру, Євфрату і Нілу, а також в Індії і Китаї сформувалася давня культура. З розвитком землеробства виникла необхідність побудови складних іригаційних систем, а для цього люди повинні були мати певні запаси знань про підземні води.

Деякі документи, які збереглися до нашого часу, свідчать, що вже в III – IV сторіччі до н. е. у великих містах стародавньої Греції та в стародавньому Римі були водопроводи, які використовували підземні води.

Історія вивчення підземних вод нашої країни також має багатовікову давність. Із зростанням міст у Київській, а потім у Новгородській Русі виникла необхідність в організації централізованого водопостачання міст. Так, відомо, що в Новгороді Великому в XI сторіччі існував самопливний водопровід, який живився джерельними водами.

Відомості про практичне використання підземних вод зафіксовані в численних руських літописах XI – XIV сторіччях. Вже в XI – XII сторіччях були розроблені оригінальні методи “верчення”, тобто буріння артезіанських свердловин глибиною до ста метрів і більше, в основному для видобування розсолів і випарювання з них солей.

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

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

- дореволюційний;
- радянський;
- сучасний.

Ці періоди, окрім сучасного, у свою чергу, можна поділити на етапи.

Дореволюційний період (межа XVII – XVIII сторіч та до 1917 року) поділяється на два етапи:

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

В XVII сторіччі з'явився рукописний трактат, який мав назву “Как зачать верчение на ровном месте”.

Наприкінці XVIII сторіччя за ініціативою М.В.Ломоносова Російською Академією наук були організовані експедиції по вивченню природних багатств Росії. В результаті також були отримані данні про розповсюдження підземних вод, відомості про їх хімічний склад, умови залягання, зв'язок з рельєфом і гірськими породами.

В 1810 році Вільною геологічною спілкою було видано статтю “О способах бурения на воду”.

В 1820 – 35 рр. в Криму та інших місцях було організоване глибоке буріння, яке можна вважати початком розвідки артезіанських вод.

В 1831 - 1837 роках бурились свердловини на воду з метою водопостачання Петербурга, Риги, Одеси, Сімферополя, Керчі, Харківя, Євпаторії та інших міст.

В 1832 році в Одесі була заснована “ Акціонерна спілка заснування артезіанських фонтанів”.

В 1852 році в працях “Вільної економічної спілки Росії” з'явилися статті “Способ, чтобы вода стремилась кверху без насосов в каждом колодезе”, “О снабжении местности водою “ та ін.

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

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

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

З 1882 року, року створення Геологічного комітету, гідрогеологічні дослідження систематизувались і підземні води стали досліджуватись більш комплексно і детально.

В 1886 році уперше в світі в Росії була введена штатна посада гідрогеолога, на яку був призначений М.А.Головкінський під керівництвом якого виконувалось буріння артезіанських свердловин в Криму та Причорномор'ї.

В 90-х роках XIX сторіччя закладалися основи гідрогеологічних досліджень підземних вод криолітозони (у зв'язку з дослідженнями траси Сибірської залізниці), нафтогазових родовищ (у зв'язку з посиленням експлуатації нафтових родовищ на Апшеронському півострові) і т. ін.

В 1900 році з'явилась книга С. М. Нікітіна "Грунтовые и артезианские воды России".

На початку XX сторіччя в Донецькому політехнічному технікумі та в Московському сільгоспінституті почали викладати курси з гідрогеології.

Отже, другий етап характеризується виникненням самостійної галузі геологічної науки – гідрогеології.

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

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

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

Гідрогеологічні дослідження починають виконувати вже державні організації.

В 1918 – 1923 рр. досвідчені кадри гідрогеологів були об'єднані в створеній при Народному комісаріаті землеробства Гідрогеологічній частині.

З 1923 року гідрогеологічні дослідження починають виконувати Водгоспи (Управління водного господарства) створені при наркомземах союзних республік. Підземні води Української РСР вивчала також Південна обласна меліоративна організація (м. Одеса) .

В 1925 – 1928 рр. Геологічний комітет виконує гідрогеологічне картування окремих районів СРСР в масштабі 10 та 5 верств в 1 дюймі.

В 1926 році було створено " Бюро підземних вод ", яке організувало інженерно-геологічні і гідрогеологічні дослідження з метою гідротехнічного будівництва на річках півдня СРСР і Закавказзя, а також зрошення районів Заволжжя і осушення Кубані.

В 1926 році видається методичний посібник О. М. Мазаровича "Методика гидрогеологических исследований", де був узагальнений весь дореволюційний досвід.

В 1929 році друкується праця В.А.Жукова " Программа и метод однородного собирания гидрогеологических материалов".

В кінці 20-х - на початку 30-х років в деяких вузах СРСР організовується підготовка кадрів гідрогеологів. Першою була Московська гірнична академія, яка з 1926 року почала випускати інженерів-гідрогеологів.

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

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

В 1931 році в Ленінграді відбувся Перший Всесоюзний гідрогеологічний з'їзд, на якому було підбито підсумки розвитку гідрогеології і визначені шляхи подальших досліджень. Один з семи збірників праць з'їзду був присвячений методам вивчення рідких корисних копалин (в тому числі і підземних вод).

В 1931 році Головним геологорозвідувальним управлінням було видано збірник "Опробование месторождений полезных ископаемых", друга частина якого вміщує методичні інструкції по методиці проведення гідрогеологічних досліджень.

В 1932 році в Московському геологорозвідувальному інституті було засновано першу в СРСР кафедру гідрогеології.

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

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

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

Не зважаючи на тяжкі умови воєнного часу територіальними управліннями Комітету у справах геології при РНК СРСР виконувалась робота по складанню оглядової гідрогеологічної карти СРСР масштабу 1:500 000 і 1:1 000 000 та створенню кадастру підземних вод.

В 1944 році при АН СРСР була створена Лабораторія гідрогеологічних проблем ім. Ф.П.Саваренського, яка до 1961 року була головним методичним центром теоретичної гідрогеології.

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

4 етап (з 1946 до 1991 року) – етап інтенсивного розвитку гідрогеологічних досліджень. Проводяться комплексні дослідження для забезпечення будівництва гідроелектростанцій і великих іригаційних систем, розв'язуються питання водопостачання міст і нових промислових центрів.

Гідрогеологічні дослідження виконуються у зв'язку з освоєнням нових земельних площ для сільськогосподарського виробництва в Російській Федерації, Казахстані, республіках Закавказзя і Середньої Азії, а також для проведення меліоративних робіт, в тому числі і в Україні.

Проводяться гідрогеологічні дослідження родовищ мінеральних і термальних вод, а також родовищ твердих корисних копалин.

Виконуються роботи по вивченню глибоких горизонтів підземних вод артезіанських басейнів.

Видається велика кількість монографій, методичних робіт та наукових праць, якими ми користуємося до цього часу.

Сучасний період (з 1991 року і до теперішнього часу). На сучасному етапі гідрогеологія із науки, що вивчає природні процеси, перетворюється в науку, що керує такими процесами і спрямовує їх на користь суспільства, що в свою чергу, потребує розвитку і вдосконалення методики гідрогеологічних досліджень. В останні роки розвиток методики гідрогеологічних досліджень відбувається в

напрямку подальшої розробки наукових основ пошуків та розвідки родовищ підземних вод; прогнозування зміни гідрогеологічних умов; оцінки експлуатаційних запасів та прогнозних регіональних ресурсів; обґрунтування методів відновлення, охорони та раціонального використання підземних вод; розробки нових, вдосконалення існуючих і широкого впровадження сучасних методів досліджень - математичних, гідрогеологічного моделювання, ядерно-фізичних, ізотопних, геофізичних, гідрологічних, гідрохімічних, космічних, мікробіологічних і таке інше.

1. ОСНОВНІ ВИДИ, СТРУКТУРА, СТАДІЙНІСТЬ І ПРИНЦИПИ ПРОВЕДЕННЯ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

- 1.1. Основні види та структура гідрогеологічних досліджень.
- 1.2. Загальні принципи проведення, стадійність, планування та ефективність гідрогеологічних досліджень.

1.1. Основні види та структура гідрогеологічних досліджень

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

Основними видами гідрогеологічних досліджень є :

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

Для забезпечення більш успішного і ефективного вирішення отриманих завдань та підвищення геологічної і економічної ефективності гідрогеологічних досліджень в комплексі з основними видами досліджень можуть застосовуватись різні види геофізичних досліджень, топогеодезичні роботи, балансово-гідрометричні і гідрологічні роботи, а також спеціальні методи досліджень (індикаторні, гідрогеохімічні, ізотопні, ядерно-фізичні, геоботанічні та т.ін.).

Методичні рекомендації по застосуванню різних видів досліджень, їх структурі, об'ємам, методиці і послідовності проведення надаються в інструкціях, посібниках, довідниках та методичних вказівках, стосовно рішень конкретних народногосподарських завдань.

1.2. Загальні принципи проведення, стадійність, планування та ефективність гідрогеологічних досліджень

Загальні принципи проведення гідрогеологічних досліджень визначаються основними завданнями пошуково-розвідувальних робіт, вимогами, що до них пред'являються та об'єктивними закономірностями процесу пізнання. У відповідності з ціми принципами будь-яке родовище підземних вод має бути вивчено як можна повніше і всебічно, послідовно, більш менш рівномірно, при мінімально можливих витратах праці, часу та коштів, у повній відповідності з принципом комплексного і раціонального використання природних ресурсів. До числа загальних принципів відносять :

- 1) *принцип повноти досліджень* - він потребує вивчення з більшим або меншим ступенем детальності всього родовища підземних вод в цілому, а не

тільки його окремих ділянок, хоч би й найперспективніших. Цей принцип є одним із найважливіших, що обумовлено специфічними властивостями підземних вод (висока динамічність, гідравлічна єдність, реагування на зміни зовнішнього середовища та т. ін.), і вимагає необхідності вивчення всієї області фільтрації в її природних або штучних межах. З метою підвищення загальної ефективності пошуково-розвідувальних робіт та їх геологічної інформативності принцип повноти досліджень також включає вимогу супутнього вивчення будь-яких інших корисних копалин, які спільно залягають з підземними водами ;

2) *принцип послідовних наближень* - він полягає у поступовому нарощуванні знань про родовище підземних вод по мірі його вивчення, оскільки отримати за короткий строк усі необхідні та достовірні відомості про родовище практично неможливо. Цей принцип знаходить своє відображення в стадійності проведення геологорозвідувальних робіт ;

3) *принцип рівномірності вивчення родовищ* - він впливає з необхідності більш або менш рівномірного вивчення родовища, що розвідується, без чого неможливо отримати правильної уяви про його особливості, умови експлуатації, характер області фільтрації, умови живлення та інші фактори, які обумовлюють геолого-промислову цінність родовища та умови його освоєння. Принцип рівномірності передбачає більш детальне вивчення складних ділянок родовища (або експлуатаційної ділянки), які характеризуються різкою фільтраційною неоднорідністю, зміною якості і умов живлення підземних вод або іншими аномальними проявами та менш детальне вивчення простих його ділянок, що в сукупності забезпечує однакову достовірність вивчення родовища в цілому;

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

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

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

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

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

Геологорозвідувальні роботи на підземні води проводяться за такими стадіями:

Стадія I. Регіональне гідрогеологічне вивчення території України.

Підстадія I-1. Регіональні гідрогеологічні роботи масштабу 1:1 000 000- 1: 500 000.

Підстадія І-2. Регіональні гідрогеологічні роботи масштабу 1: 200 000 (1: 100 000).

Підстадія І-3. Спеціалізовані гідрогеологічні роботи масштабу 1: 50 000 (1: 25 000).

Стадія ІІ. Пошук та пошукова оцінка родовищ підземних вод.

Підстадія ІІ-1. Пошукові роботи.

Підстадія ІІ-2. Пошуково-оцінювальні роботи.

Стадія ІІІ. Розвідка родовищ підземних вод.

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

Межі між стадіями (підстадіями) геологорозвідувальних робіт на підземні води визначаються вимогами до їх кінцевих результатів.

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

З метою прискорення та підвищення економічної ефективності геологорозвідувального процесу, скорочення термінів підготовки родовищ підземних вод до промислового освоєння належить обґрунтовано та раціонально поєднувати геологорозвідувальні роботи суміжних стадій (підстадій).

Розвідка підземних вод, які є супутніми корисними копалинами, виконується з дотриманням стадійності розвідки родовища основної корисної копалини.

Стадія І. Регіональне гідрогеологічне вивчення території України.

Підстадія І-1. Регіональні гідрогеологічні та геофізичні (гідрогеологічного спрямування) роботи масштабу 1 : 1 000 000 - 1 : 500 000.

Регіональні гідрогеологічні та геофізичні (гідрогеологічного спрямування) роботи цього масштабу проводяться з метою створення нових або оновлення існуючих гідрогеологічних основ відповідного масштабу території України або окремих її регіонів з метою побудови спеціальних карт гідрогеологічного змісту (прогнозних ресурсів підземних вод, спеціалізованого гідрогеологічного районування, гідрогеохімічних та еколого-гідрогеологічних карт, гідрогеодинамічних карт різного змісту і т.ін.), а також для виконання інших гідрогеологічних та еколого-гідрогеологічних робіт.

До складу робіт підстадії входять: аналіз, збирання, узагальнення та інтерпретація геологічних, геофізичних та гідрогеологічних матеріалів середнього й великого масштабів, виконання обмеженого обсягу спеціалізованих досліджень (геофізичних, гідрогеохімічних та інших), збір фактичних матеріалів про стан та використання підземних вод з окремими польовими дослідженнями гідрогеологічного спрямування, інші роботи та дослідження, які необхідні для виконання поставленого геологічного завдання, у тому числі аерокосмічні.

За даними регіональних гідрогеологічних та геофізичних (гідрогеологічного спрямування) робіт складаються зведені карти щодо території України або окремих її регіонів та поаркушні карти масштабу 1 : 1 000 000 - 1 : 500 000.

Підстадія І-2. Регіональні гідрогеологічні та геофізичні (гідрогеологічного спрямування) роботи масштабу 1 : 200 000 (1 : 100 000).

Регіональні гідрогеологічні та геофізичні (гідрогеологічного спрямування) роботи (зйомки) цього масштабу проводяться з метою планомірного

гідрогеологічного вивчення території України відповідно до Положення про Державну геологічну карту України масштабу 1 : 200 000 . Головним призначенням робіт цієї підстадії є з'ясування (уточнення) основних закономірностей формування й поширення різних типів підземних вод , їх екологічного стану, регіональна оцінка їх прогнозних ресурсів, напрямів існуючого й можливого використання підземних вод. За підсумками робіт цієї підстадії здійснюється загальне гідрогеологічне районування території з виділенням перспективних площ і водоносних горизонтів (комплексів) для проведення геологорозвідувальних робіт на підземні води подальших стадій (підстадій), а також визначаються умови проведення цих робіт. Регіональні поаркушні гідрогеологічні карти масштабу 1 : 200 000 комплектують Держгеолкарту-200.

Регіональні гідрогеологічні роботи масштабу 1 : 200 000 проводяться із застосуванням обмеженого обсягу геофізичних, гідрогеохімічних, дистанційних аерокосмічних досліджень, бурових, дослідно-фільтраційних робіт і спостережень за режимом підземних вод, інших робіт та досліджень, які необхідні для визначення основних закономірностей формування та поширення різних типів підземних вод, регіональної оцінки їх екологічного стану. У межах достатньо вивчених у гідрогеологічному плані територій регіональні гідрогеологічні дослідження належить проводити камеральним шляхом у поєднанні з ревізійними польовими роботами. На цій стадії слід широко застосовувати комплексну переінтерпретацію наявних геолого-геофізичних та гідрогеологічних матеріалів, дешифрування матеріалів космо- й аерофотозйомки, статистичну обробку даних гідрогеологічних та гідрологічних режимних спостережень.

Регіональні гідрогеологічні та геофізичні (гідрогеологічного спрямування) роботи масштабу 1 : 200 000 належить проводити груповим методом одночасно для декількох суміжних номенклатурних аркушів, які охоплюють площу однієї гідрогеологічної структури. Регіональні гідрогеологічні дослідження з метою створення комплекту Держгеолкарти-200 належить проводити в комплексі з геологозйомочними роботами відповідного масштабу одночасно або після завершення останніх.

Основним результатом гідрогеологічної зйомки масштабу 1 : 200 000 є державна гідрогеологічна карта відповідного масштабу за аркушами прийнятого в Україні розграфлення. До неї додаються спеціальні карти, які характеризують закономірності формування, поширення, екологічний стан різних типів підземних вод, а також напрями існуючого і можливого їх використання з визначенням перспективних площ і водоносних горизонтів (комплексів), що рекомендуються для проведення подальших геологорозвідувальних робіт, та оцінкою прогнозних ресурсів підземних вод.

Підстадія I-3. Спеціалізовані гідрогеологічні та геофізичні (гідрогеологічного спрямування) роботи масштабу 1 : 50 000 (1 : 25 000).

Спеціалізовані гідрогеологічні та геофізичні (гідрогеологічного спрямування) роботи масштабу 1 : 50 000 (1 : 25 000) проводяться на площах з особливо складними гідрогеологічними та еколого-гідрогеологічними умовами з метою спеціалізованого гідрогеологічного картування відповідного масштабу або вирішення спеціальних гідрогеологічних питань. Роботи цієї підстадії здійснюються самостійно або в комплексі з геологозйомочними роботами відповідного масштабу. Головним призначенням робіт цієї підстадії є створення комплектів великомасштабних багатоцільових або спеціалізованих гідрогеологічних карт, виділення локальних площ і водоносних горизонтів (комплексів) для подальших пошукових і пошуково-оцінювальних робіт на підземні води з оцінкою їх прогнозних ресурсів та, в окремих випадках, попередньо розвіданих експлуатаційних запасів категорії С₂.

Спеціалізовані гідрогеологічні роботи масштабу 1 : 50 000 (1 : 25 000) проводяться із застосуванням геофізичних, гідрогеохімічних, дистанційних

аерокосмічних досліджень, бурових і дослідно-фільтраційних робіт, спостережень за режимом підземних вод та інших спеціальних методів гідрогеологічного вивчення, які необхідні для виконання поставлених геологічних завдань.

Спеціалізовані гідрогеологічні та геофізичні (гідрогеологічного спрямування) роботи цієї підстадії проводяться в межах площ, які визначені геологічним завданням. Гідрогеологічні знімальні роботи відповідного масштабу слід проводити груповим методом одночасно для декількох суміжних номенклатурних листів, які охоплюють територію, яка необхідна для визначення умов формування та екологічного стану підземних вод та вирішення спеціальних питань у відповідності до геологічного завдання.

Основним результатом спеціалізованих гідрогеологічних та геофізичних (гідрогеологічного спрямування) робіт є комплект багатоцільових або спеціалізованих гідрогеологічних карт відповідного масштабу, зміст яких визначається цільовим призначенням робіт.

Якщо цільовим призначенням робіт підстадії, що характеризується, є загальне великомасштабне гідрогеологічне картування території, то обов'язково слід проводити оцінку прогнозних ресурсів підземних вод з виділенням локальних площ, ділянок та водоносних горизонтів (комплексів), перспективних для проведення подальших геологорозвідувальних робіт на підземні води. На достатньо вивчених ділянках здійснюється оцінка попередньо розвіданих експлуатаційних запасів підземних вод категорії С₂.

Стадія II. Пошук та пошукова оцінка родовищ підземних вод.

Підстадія II-1. Пошукові роботи.

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

На цій підстадії геологорозвідувальних робіт проводиться вивчення площ поширення і умов залягання водоносних горизонтів (комплексів) переважно шляхом збору, узагальнення та камеральної обробки матеріалів, які отримані за підсумками геологічного вивчення надр у попередні роки; проводяться також мінімально необхідні обсяги бурових та дослідно-фільтраційних робіт, геофізичних, хіміко-аналітичних та інших досліджень, які необхідні для вирішення питань, поставлених геологічним завданням.

Під час проведення пошукових робіт застосовуються дистанційні методи досліджень, у тому числі аерокосмічні, а також використовуються матеріали багаторічних режимних спостережень за підземними та поверхневими водами та досвід видобування підземних вод на діючих водозабірних спорудах. У разі потреби здійснюються спеціалізовані водно-балансові дослідження для з'ясування загальних умов формування експлуатаційних запасів підземних вод.

За підсумками робіт цієї підстадії визначається загальна характеристика гідрогеологічних та еколого-гідрогеологічних умов заданої території і в її межах виділяються площі та ділянки надр, які є перспективними для проведення подальших пошуково-оцінювальних робіт, в достатньо вивчених районах розвідувальних робіт. Оцінка експлуатаційних запасів підземних вод на виділених

площах та ділянках здійснюється переважно за категорією С₂. За підсумками пошукових робіт на перспективних для проведення робіт подальших стадій (підстадій) геологорозвідувального процесу площах або ділянках здійснюється початкова геолого-економічна оцінка (ГЕО-3) можливого промислового значення експлуатаційних запасів підземних вод

У районах, які мають добру гідрогеологічну вивченість, пошукові та пошуково-оцінювальні роботи слід проводити в одну стадію без виділення відповідних підстадій геологорозвідувальних робіт.

Підстадія II - 2. Пошуково-оцінювальні роботи.

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

На підстадії пошуково-оцінювальних робіт проводяться комплексні геолого-гідрогеологічні та еколого-гідрогеологічні дослідження з використанням геофізичних, гідрогеохімічних, аерокосмічних, бурових, дослідно-фільтраційних та інших методів. Під час проведення пошуково-оцінювальних робіт на підземні води, які гідравлічне взаємодіють з поверхневими, проводяться також гідрологічні дослідження та збір матеріалів з гідрології району робіт, а також спеціальні роботи з вивчення взаємозв'язку підземних вод з поверхневими. Обсяги і площа пошуково-оцінювальних робіт визначаються ступенем раніше досягнутої геолого-гідрогеологічної вивченості території та потребою замовника в підземних водах відповідного типу.

На діючих водозаборах, що розташовані в межах району пошуково-оцінювальних робіт або за його межами, але які за умовами формування експлуатаційних запасів підземних вод є аналогами ділянок надр, що вивчаються, проводяться роботи з гідрогеологічного обстеження та збору матеріалів з їх експлуатації. На діючих водозаборах, які можуть гідравлічне взаємодіяти з підземними водами ділянок надр, що вивчаються, на підстадії пошуково-оцінювальних робіт організуються спостереження за режимом підземних вод (якщо вони не проводяться підприємствами, що експлуатують водозабори).

За підсумками пошуково-оцінювальних робіт належить виділяти водоносні горизонти (комплекси) та ділянки надр, перспективні для проведення подальших геологорозвідувальних робіт, з оцінкою експлуатаційних запасів підземних вод за категоріями С₁ та С₂, визначати відповідність якості води заданому призначенню, а також доцільність і черговість подальшого геологічного вивчення перспективних ділянок з урахуванням можливого впливу видобутку підземних вод на екологічний стан довкілля. Визначення доцільності подальшого геологічного вивчення та промислового освоєння родовища на цій підстадії геологорозвідувального процесу здійснюється за матеріалами ГЕО-2.

Стадія III. Розвідка родовищ підземних вод.

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

Об'єктами розвідувальних робіт можуть бути родовища (ділянки), доцільність розвідки яких обґрунтована позитивними результатами пошукових та пошуково-оцінювальних робіт, а також родовища (ділянки), що розробляються, і

такі, що розвідані раніше, але з різних причин не залучені до промислового використання.

Розвідувальні роботи можуть проводитись неодноразово на об'єктах, що розвідані раніше, відповідно до обґрунтованої потреби в гідрогеологічному та (або) геоекологічному вивченні.

Ділянки родовищ підземних вод, які передбачається розробляти різними користувачами надр, розглядаються як окремі об'єкти розвідувальних робіт.

Оцінка економічної ефективності експлуатації підземних вод родовищ, що розвідуються (ГЕО-1), здійснюється за матеріалами техніко-економічного обґрунтування доцільності їх розробки на основі укрупнених розрахунків.

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

Методика розвідувальних робіт визначається відповідно до особливостей геологічної будови, гідрогеологічних та геоекологічних умов родовища (ділянки) з урахуванням положень Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ відповідного виду підземних вод, а також вимог до комплексного вивчення родовищ і підрахунку запасів супутніх корисних копалин і компонентів та відходів гірничого виробництва. У процесі розвідки родовищ підземних вод найбільш детальному вивченню підлягають ділянки, що призначені для задоволення першочергової потреби у воді.

У процесі розвідки нового родовища (ділянки) підземних вод проводяться буріння розвідувальних, розвідувально-експлуатаційних та спостережувальних свердловин, дослідно-фільтраційні та хіміко-аналітичні дослідження. Крім того, до загального комплексу геологорозвідувальних робіт включаються наземні геофізичні дослідження, геофізичні дослідження в свердловинах, спостереження за режимом підземних і поверхневих вод (у т.ч. і на діючих водозаборах), гідрометричні та топогеодезичні роботи, а також спеціальні види досліджень, що необхідні для визначення та обґрунтування геоекологічного стану родовища і прогнозування його змін на період експлуатації родовища, технологічні, водно-балансові, бальнеологічні та інші дослідження, що обґрунтовують експлуатаційні запаси підземних вод та техніко-економічні показники видобутку та використання підземних вод.

Розвідка підземних вод на родовищах, що експлуатуються, здійснюється переважно шляхом проведення режимних спостережень в експлуатаційних та спеціально обладнаних спостережувальних свердловинах. Методика розвідувальних робіт з метою залучення до експлуатації нових ділянок надр і водоносних горизонтів (комплексів), що не розробляються, приймається аналогічно до розвідки нового родовища (ділянки) підземних вод.

Додаткові розвідувальні роботи, що виконуються згідно з рішеннями Державної комісії України по запасах корисних копалин (далі - ДКЗ) за окремим геологічним завданням, належать до стадії розвідки родовищ підземних вод.

Матеріали розвідки та геолого-економічної оцінки запасів родовищ підземних вод підлягають експертизі та оцінюються ДКЗ.

Для виконання передбачених планом гідрогеологічних досліджень на кожній зі стадій по окремим об'єктам розроблюються та видаються відповідним виконавцям *геологічні завдання*. В них міститься: цільове призначення робіт,

межі об'єкту і вимоги до результатів його вивчення, геолого-гідрогеологічні завдання, послідовність і методи їх вирішення, очікувані результати, строки виконання, форма звітності та інші умови і показники виконання робіт, що проектуються.

Для раціонального послідовного виконання гідрогеологічних досліджень та посилення оперативного контролю за їх проведенням і результатами, складаються *поетапні плани проведення робіт*. *Етап* - це частина геологічного завдання, в результаті завершення якої повністю вирішується одна або декілька конкретних гідрогеологічних задач. Це може бути проектування; гідрогеологічна зйомка і дослідно-фільтраційні роботи, спостереження за режимом підземних вод, камеральна обробка матеріалів, складання звіту та деякі інші види робіт.

Важливою ланкою в плануванні гідрогеологічних досліджень є складання *проектно-кошторисної документації*, яка містить в собі проект або програму пошуково-розвідувальних робіт і кошторис. *Проект* складається єдиним на кожній об'єкт, на термін, який забезпечує повне виконання геологічного завдання з урахуванням передбаченої в ньому черговості виконання робіт. Проект є обґрунтуванням для визначення кошторисної вартості робіт з використанням одиничних кошторисних розцінок, які розраховуються на підставі "Довідника укрупнених норм для проектування геологорозвідувальних робіт" або "Укрупнених комплексних розцінок". Види і об'єми робіт, які передбачаються проектом, послідовність і методика їх проведення визначаються з урахуванням геолого-гідрогеологічних особливостей об'єкту, ступеня його вивченості, характеру і специфіки завдань, що вирішуються, інформативності і ефективності проектуємих досліджень в умовах вивчаємого об'єкта та забезпечення виконання всіх вимог основних принципів геологорозвідувального процесу.

На виконання гідрогеологічних досліджень для вирішення різноманітних народногосподарських завдань витрачаються значні кошти, тому питанням економії матеріальних ресурсів, їх раціональної витрати та підвищенню ефективності досліджень приділяється велика увага. Визначення *економічної ефективності* гідрогеологічних досліджень необхідно на всіх етапах, починаючи від їх планування і закінчуючи оцінкою виконаних робіт.

Звичайно розрізняють галузеву і народногосподарську економічну ефективність геологорозвідувальних робіт. *Галузева економічна ефективність* визначається на окремих стадіях проведення досліджень та характеризується об'ємами і якістю виконання геологічних завдань, витратами на проведення різноманітних видів робіт, достовірністю отриманих результатів і іншими показниками. *Народногосподарська економічна ефективність* визначає кінцевий результат, що отримують від проведення геологорозвідувальних робіт на тому або іншому об'єкті. Вона розраховується за допомогою системи показників, які визначаються абсолютними або відносними величинами (кількість і якість оцінених в межах родовища експлуатаційних запасів підземних вод, вартість розвіданих запасів, співвідношення витрат на розвідку з прибутком, вартість запасів та т. ін.).

Для визначення галузевої і народногосподарської економічної ефективності використовують суму *вартісних та натуральних показників*: кількість і якість встановлених експлуатаційних запасів підземних вод, собівартість розвідки одиниці експлуатаційних запасів, загальні витрати на розвідку та по видам досліджень, собівартість одиниці геологорозвідувальних робіт по їх видам, приріст запасів на одиницю витрат та т. ін.

2. ГІДРОГЕОЛОГІЧНА ЗЙОМКА І КАРТУВАННЯ

- 2.1. Види, завдання та зміст гідрогеологічної зйомки.
- 2.2. Основні види і методи досліджень, які використовуються при проведенні гідрогеологічної зйомки.
- 2.3. Порядок планування і проведення гідрогеологічної зйомки.
- 2.4. Гідрогеологічне картування, принципи складання і зміст гідрогеологічних карт.
- 2.5. Складання гідрогеологічних звітів.

2.1. Види, завдання та зміст гідрогеологічної зйомки

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

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

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

Гідрогеологічну зйомку проводять або на готовій геологічній основі, або одночасно з геологічною зйомкою, що більш ефективно і доцільно - в цьому випадку вона носить назву *комплексна геолого-гідрогеологічна зйомка*. При виконанні досліджень з метою меліоративного та інших видів будівництва проводять комплексні гідрогеологічні та інженерно-геологічні зйомки.

Зміст гідрогеологічної зйомки залежить від її масштабу і призначення.

За масштабом (або детальністю) гідрогеологічні зйомки поділяються на:

- дрібномасштабні (1: 1 000 000 - 1: 500 000);
- середньомасштабні (1: 200 000 - 1: 100 000);
- великомасштабні (1: 50 000 - 25 000);
- детальні (крупніше 1: 25 000).

За цільовим призначенням виділяють :

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

Дрібномасштабні гідрогеологічні зйомки проводяться в невивчених і слабо вивчених великих регіонах для встановлення їх загальних гідрогеологічних особливостей. Їх мета - загальна оцінка водоносності порід і якості підземних вод верхньої частини розрізу до глибини 100 м, з'ясування основних особливостей їх живлення, руху і розвантаження.

Середньомасштабні гідрогеологічні зйомки також виконуються з метою оцінки загальних гідрогеологічних умов, але коло питань, що підлягають вивченню суттєво розширюється: пошуки підземних вод з різною метою, перспективність окремих ділянок, роль різних факторів в формуванні підземних

вод і їх участь в геологічних процесах, водоносність порід, якість та режим підземних вод. Глибина картування звичайно не перевищує 100 - 200 м. В цьому інтервалі найбільш детально вивчають основний в практичному відношенні водоносний горизонт і відклади, що його перекривають. Водоносні горизонти, які залягають в інтервалі глибин 200 - 500 м, вивчаються окремими свердловинами, а глибше - за результатами раніше виконаних геологоструктурних і геофізичних робіт. Для горизонтів, які не є основними для картування, встановлюються загальні закономірності (напрямок гідрогеологічних процесів, гідрохімічна та гідродинамічна зональність).

Великомасштабні гідрогеологічні зйомки проводяться для вирішення спеціальних практичних завдань: вибору ділянки водозабору, виявлення складу і запасів підземних вод, вивчення обводнення родовища або ділянки майбутнього будівництва та т. ін. Картування, як правило, проводять до глибини першого від поверхні землі продуктивного водоносного горизонту. При цьому найбільшу увагу приділяють тим гідрогеологічним елементам, які дозволяють оцінювати напрямок гідрогеологічних процесів, а при необхідності - надати їх кількісну характеристику.

Загальні гідрогеологічні зйомки (дрібно- і середньомасштабні) проводяться з метою комплексного гідрогеологічного вивчення і картування території для виявлення умов формування, розповсюдження і залягання різноманітних типів підземних вод, попередньої оцінки їх режиму, ресурсів і перспектив використання.

Спеціалізовані гідрогеологічні зйомки (велико- і рідко середньомасштабні) проводяться з метою гідрогеологічного обґрунтування проектування різних інженерних споруд (водозаборів, меліоративних систем, гірничовидобувних підприємств, гідротехнічних споруд і т. ін.).

Дрібномасштабні гідрогеологічні зйомки загального призначення зараз майже не проводяться, а *великомасштабні* виконуються в районах, де вже проводились *середньомасштабні* зйомки.

2.2. Основні види і методи досліджень, що використовуються при проведенні гідрогеологічної зйомки

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

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

Аерометоди та дешифрування аеро- і космофотознімків полегшують виявлення картуємих гідрогеологічних об'єктів, їх простежування і оконтурювання за прямими і непрямыми ознаками, що забезпечує можливість зменшення кількості наземних маршрутів, збільшення продуктивності зйомочних робіт і якості гідрогеологічних карт.

Види: аеро- і космофотозйомка, аеровізуальні спостереження та дешифрування аеро- і космофотознімків.

Наземні візуальні спостереження дозволяють безпосередньо виявити і найбільш повно, комплексно і надійно вивчити гідрогеологічні об'єкти та їх можливі прояви.

Виділяють такі основні *види маршрутних спостережень*: геоморфологічні, геологічні, гідрогеологічні, гідрологічні, геоботанічні та інженерно-геологічні.

Геоморфологічні спостереження виконуються з метою вивчення розповсюдження і особливостей різноманітних форм рельєфу та їх зв'язків з підземними водами; отримання додаткового матеріалу для картування геологічних структур і товщ порід різного складу; виявлення характеру, напрямку та інтенсивності фізико-геологічних явищ; оцінки геоморфологічних умов для практичних цілей.

Геологічні спостереження проводять з метою вивчення літологічних особливостей, фізичних властивостей і залягання порід для встановлення умов їх обводненості; співставлення раніше складеної геологічної основи з спостережуваним стратиграфічним розрізом району; ознайомлення з характером стратиграфічних і структурних меж та контактів; прив'язки водоносних горизонтів і комплексів до літолого-стратиграфічних товщ; вивчення фізико-геологічних явищ. Об'єктами геологічних спостережень є виходи порід на денну поверхню, природні і штучні відслонення, розрізи порід, які розкриті гірничими виробками, розчистками та т. ін.

Гідрогеологічні спостереження виконуються з метою виявлення гідрогеологічних об'єктів та їх проявів; вивчення ступеня і характеру водоносності гірських порід; умов залягання, розповсюдження, живлення і розвантаження підземних вод; їх режиму і взаємозв'язку з поверхневими водами; оцінки фізичних властивостей, хімічного складу і якості підземних вод; їх впливу на розвиток фізико-геологічних процесів, на гірські породи, на умови експлуатації водозаборів та т. ін. Об'єктами гідрогеологічних спостережень є природні водопрояви (джерела, мочари, ділянки височування, струмки, поверхневі водотоки і водоймища); каптажі підземних вод (свердловини, колодязі, копани, галереї та інші діючі і недіючі гірські виробки і споруди); водомістки, безводні і водотривкі породи, їх водно-фільтраційні властивості, а також непрямі показники гідрогеологічних умов (рельєф, ґрунтово-рослинний покрив, поверхневі водоймища та ін.).

Гідрологічні спостереження проводяться з метою вивчення взаємозв'язку підземних і поверхневих вод; зміни витрат та виявлення фізичних властивостей і хімічного складу поверхневих вод. Об'єктами гідрологічних спостережень є річки, струмки, озера, водоймища, болота, заболочені масиви, зрошувальні і осушувальні канали.

Геоботанічні спостереження виконуються з метою виявлення ділянок з найбільш близьким заляганням рівня ґрунтових вод від поверхні; прогнозу їх якості; визначення площ живлення лінз прісних вод; меж між деякими літологічними різностями порід; виявлення зон розвитку процесів засолення і розсолення, зсувних і сельових явищ; кількісної оцінки зміни вологості; врахування витрати води на транспірацію та т. ін. В якості геоботанічних критеріїв гідрогеологічних умов використовують рослинні сполучення - гідроіндикатори, які підрозділяються на прямі та непрямі. Прямі гідроіндикатори - це рослинні сполучення утворені рослинами, коренева система яких досягає ґрунтових вод або вод капілярної облямівки, що залягають над водоносним горизонтом (саксаул, очерети, тугаї та т. ін.). Непрямі гідроіндикатори - це сполучення утворені рослинами, які існують за рахунок використання вологи атмосферних опадів (полині, типчак, мохи та т. ін.).

Інженерно-геологічні спостереження проводяться з метою вивчення міцностних, водно-фізичних і фільтраційних властивостей гірських порід;

інженерно-геологічних процесів і явищ; попередньої оцінки загальних інженерно-геологічних умов території, що вивчається. Об'єктами спостережень є гірські породи, фізико-геологічні процеси, інженерно-геологічні явища, геоструктурні, геоморфологічні, гідрогеологічні, кліматичні та інші умови і фактори.

Буріння і гірничопрохідницькі роботи. Буріння свердловин є основним засобом вивчення і картування гідрогеологічних умов. Серед свердловин, які буряться в процесі гідрогеологічної зйомки, розрізняють опорні, картувальні, зондувальні та допоміжні.

Метою опорного буріння є з'ясування загального характеру гідрогеологічного розрізу території, що картується або окремих її ділянок. Опорні свердловини проходять до прийнятої глибини вивчення гідрогеологічного розрізу.

Картувальне буріння виконують для дослідження гідрогеологічного розрізу на всю картуєму в даному масштабі глибину. За допомогою картувальних свердловин в сполученні з іншими методами зйомки просліджують водоносні та водотривкі товщі, з'ясовують їх взаємозв'язки, зміну літології і фільтраційних властивостей порід, рівнів (напорів) та якості підземних вод з детальною, що відповідає масштабу зйомки.

Зондувальне буріння виконується з метою деталізації та просліджування змін по площі окремих елементів гідрогеологічних умов, з'ясування будови і складу порід зони аерації, глибини залягання і якості підземних вод. Цім визначається і глибина зондувальних свердловин, звичайно невелика.

Допоміжні свердловини закладаються поблизу картувальних або опорних свердловин і використовуються для проведення дослідно-фільтраційних робіт і спостережень за режимом підземних вод.

Гірничопрохідницькі роботи використовують для вивчення зони аерації, просліджування контактів і джерел, проведення дослідно-фільтраційних польових робіт та для відбору монолітів. До найбільш поширених гірничих виробок належать розчистки, шурфи, канали та закопушки.

Дослідно-фільтраційні роботи проводять для оцінки водозбагаченості і фільтраційних властивостей водоносних горизонтів. В результаті проведення цих робіт мають бути отримані порівнювальні фільтраційні характеристики всіх картуємих водоносних товщ і їх фаціально-літологічних різновидів в різних умовах залягання і рельєфу. Дослідно-фільтраційні роботи дуже складний і коштовний вид досліджень, тому при проведенні зйомки їх використовують в обмеженій кількості опорних пунктів для отримання еталонних значень гідрогеологічних параметрів.

Види дослідно-фільтраційних робіт: відкачки з колодязів, шурфів і свердловин, наливи і нагнітання в свердловини, експрес-методи, випереджаюче випробування водоносних горизонтів.

Спостереження за режимом підземних вод дозволяють отримати загальну уяву про режим і баланс підземних вод основних водоносних горизонтів розповсюджених на площі зйомки в межах глибини картування; привести до однієї дати (синхронізувати) різночасові дані про рівні, витрати, температуру, мінералізацію та хімічний склад підземних вод; отримати матеріал для проектування і організації регіональних стаціонарних гідрогеологічних спостережень. В складі гідрогеологічної зйомки стаціонарні спостереження нетривалі, як правило, в межах одного - двох річних циклів.

Геофізичні дослідження дозволяють, зберігаючи необхідну глибину картування і вивчення гідрогеологічних умов, більш раціонально розмістити і скоротити об'єми бурових та гірничопрохідницьких робіт, зменшити витрати і скоротити строки польових і зйомочних робіт.

Види геофізичних досліджень: площова або профільна зйомка, каротаж свердловин.

Гідрохімічні дослідження проводять з метою виявлення гідрогеохімічних особливостей підземних вод, оцінки їх якості, а також з метою оцінки перспективності площ, що картуються, на рудні і нерудні корисні копалини (нафту, газ, сіль, мідь, золото, цинк, ртуть та т. ін.).

Радіогідрогеологічні дослідження виконуються з метою якісної оцінки підземних вод і територій на радіоактивність, виявлення радіогідрогеологічних і радіометричних аномалій та закономірностей розповсюдження в підземних водах радіоактивних елементів (урану, радю та радону).

Лабораторні роботи виконуються з метою встановлення фізичних властивостей і хімічного складу підземних вод, мінерального і гранулометричного складу, основних фізичних і водних властивостей гірських порід. Для вивчення хімічного і газового складу підземних вод виконуються польові, скорочені, повні і спеціальні хімічні аналізи. Перші три типи аналізів використовуються для оцінки якості підземних вод, а спеціальні - для виявлення гідрогеохімічних ореолів розсіяння, металогенічних особливостей територій та рішення інших спеціальних задач.

Камеральні роботи є кінцевим етапом гідрогеологічної зйомки, метою якого є обробка матеріалів всіх проведених досліджень. В результаті виконуються різного роду узагальнення, складається комплекс необхідних карт і розрізів, а також остаточний звіт.

2.3. Порядок планування і проведення гідрогеологічної зйомки

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

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

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

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

2.4. Гідрогеологічне картування, принципи складання і зміст гідрогеологічних карт

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

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

Основою легенди гідрогеологічної карти є *гідрогеологічна стратифікація*, яка полягає в розчленуванні геологічного розрізу на товщі гірських порід або окремі їх зони, що розрізняються за характером і ступенем водоносності. Найбільш широке розповсюдження отримав літолого-стратиграфічний метод розчленування розрізу, у відповідності з яким в товщі пухких і слабозцементованих осадових і метаморфічних порід прийнято виділяти водоносні і водотривкі горизонти, комплекси, серії та етажи, що дозволяє розчленувати вивчаємий геологічний розріз з різним ступенем детальності у відповідності з накопиченими практичними матеріалами і можливостями гідрогеологічної зйомки того або іншого масштабу.

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

Гідрогеологічні карти поділяють : за масштабом - на *оглядові* (1:1000 000 і дрібніше), *дрібномасштабні* (1:1 000 000 - 1:500 000), *середньомасштабні* (1:200 000 - 1:100 000), *великомасштабні* (1:50 000 - 1:25 000) та *детальні* (1:25 000 і крупніше);

за призначенням і змістом – на *загальні* гідрогеологічні карти, на яких з максимальною для даного масштабу повнотою зображено головні елементи гідрогеологічних умов (площі розповсюдження водоносних горизонтів, комплексів і водотривів; мінералізація і хімічний склад підземних вод; температура вод у покрівлі складчастого фундаменту; глибина залягання ґрунтових вод, підшови прісних і солоних вод; модулі підземного стоку; опорні пункти (свердловини, колодязі, джерела та ін.); напрямок руху вод та т. ін. і *спеціальні*, які складають для конкретних практичних цілей (водопостачання, меліорації, осушення родовищ твердих корисних копалин і т.ін.) і на яких зображують окремі елементи або сторони гідрогеологічних умов;

за способом графічного оформлення - на *поєднані*, на яких показують до 9-10 гідрогеологічних елементів за допомогою кольорового забарвлення, крапу, ізоліній різного кольору і товщини, кольорової штриховки, окремих позначок різної форми, розміру і кольору, цифр, літер і індексів та *розчленовані* - де показують один з яких-небудь гідрогеологічних елементів;

за обґрунтованістю фактичних матеріалів - на *кондиційні* та *некондиційні* (норми і вимоги до кондиційності карт наведені в спеціальних інструкціях).

5. Складання гідрогеологічних звітів

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

Остаточний звіт по гідрогеологічній зйомці складається з трьох частин:

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

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

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

3. РОЗВІДУВАЛЬНІ РОБОТИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

- 3.1. Завдання і зміст розвідувальних робіт при проведенні гідрогеологічних досліджень.
- 3.2. Категорії, конструкція і обладнання гідрогеологічних свердловин.
- 3.3. Способи буріння гідрогеологічних свердловин.
- 3.4. Гідрогеологічні спостереження при бурінні і випробуванні свердловин.

3.1. Завдання і зміст розвідувальних робіт при проведенні гідрогеологічних досліджень

Буріння свердловин та їх гідрогеологічне випробування є найбільш важливим і надійним методом вивчення гідрогеологічних умов. В процесі спорудження, випробування і документації гідрогеологічних свердловин отримують інформацію про геолого-гідрогеологічні умови площ, що вивчаються, про родовища підземних вод, їх особливості і умови раціонального народногосподарського засвоєння і використання.

Об'єм і достовірність гідрогеологічної інформації, яку отримують в процесі буріння і випробування свердловин залежить від вірного і обгрунтованого вибору способу буріння і конструкцій гідрогеологічних свердловин, якості гідрогеологічної документації бурових робіт і випробування, надійності ізоляції водоносних горизонтів, технічної підготовки свердловин і горизонтів до досліджень та інших факторів.

Головні задачі розвідувальних робіт : 1) отримання необхідного об'єму достовірної інформації про геолого-гідрогеологічні умови площ, що вивчаються; 2) вивчення родовищ підземних вод, їх особливостей, умов освоєння і використання; 3) якісне гідрогеологічне випробування водоносних горизонтів, що вивчаються.

Склад розвідувальних робіт залежить від цільового призначення або категорії свердловин, геолого-гідрогеологічних особливостей району, що досліджується, техніко-економічних умов буріння свердловин і від специфіки їх наступного використання.

3.2. Категорії, конструкція і обладнання гідрогеологічних свердловин

За цільовим призначенням виділяють такі головні *категорії гідрогеологічних свердловин*: 1) пошукові; 2) розвідувальні; 3) розвідувально-експлуатаційні; 4) спостережу вальні; 5) експлуатаційні (водозабірні, дренажні, поглинальні, нагнітальні та т. ін.) .

Пошукові свердловини призначені для вивчення загальних геолого-гідрогеологічних умов, виявлення водоносних горизонтів і комплексів, їх простежування і попередньої якісної та кількісної оцінки.

Розвідувальні свердловини проходять з метою більш детального гідрогеологічного вивчення перспективних ділянок родовищ підземних вод, кількісної і якісної оцінки найбільш перспективних водоносних горизонтів та вивчення гідрогеологічних параметрів водоносних пластів. Ці свердловини мають порівняно невеликий діаметр і конструкцію, яка розрахована на послідує витягання обсадних труб і фільтр тимчасового типу.

Розвідувально-експлуатаційні свердловини споруджуються в місцях майбутніх водозаборів і призначені для повного вивчення основного водоносного горизонту. Конструкція цих свердловин, включаючи водоприймальну частину, розрахована на обладнання їх водопідйомником, що забезпечує проектну продуктивність та наступну передачу свердловин в експлуатацію.

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

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

В процесі виконання геологорозвідувальних робіт і експлуатації підземних вод може виникнути необхідність використання пошукових свердловин в якості розвідувальних, пошукових і розвідувальних, в якості спостережувальних і т. ін. Можливість такого переведення свердловин з однієї категорії в іншу необхідно передбачати при проектуванні розвідувальних робіт. Це суттєво підвищує їх геологічну і економічну ефективність.

Існують *загальні вимоги*, які пред'являють до всіх категорій гідрогеологічних свердловин:

- 1) спорудження їх з мінімальними витратами праці, коштів і часу;
- 2) якісне та ефективне виконання гідрогеологічних спостережень, досліджень і випробувань;
- 3) можливість розміщення вимірювальних приладів і приладів випробування, водопідйомного обладнання і т.ін.;
- 4) захист водоносних горизонтів від забруднення;
- 5) можливість проведення ремонтних робіт і вилучення труб.

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

Головними елементами конструкції гідрогеологічних свердловин є: устя, перша спрямовуюча обсадна колона, статичний і динамічний рівні води, технічна або експлуатаційна колона, сальник, надфільтрова колона, фільтр, відстійник та цементний стакан (див.рис.3.1.).

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

Кількість, довжина, діаметри і глибини спуску обсадних колон залежать від геолого-літологічного розрізу, глибини залягання водоносного горизонту, умов ізоляції водоносних пластів, експлуатаційного діаметра свердловини і способу буріння.

Глибина свердловини обирається в залежності від положення водоносного горизонту в розрізі, його потужності та необхідної глибини його розкриття (невеликі за потужністю водоносні горизонти, до 10- 20 м, розкриваються повністю). Глибина розкриття водоносного горизонту та кінцевий діаметр свердловини повинні забезпечувати проектний дебіт, встановлення фільтру та проведення необхідних досліджень.

Експлуатаційний діаметр свердловини (діаметр в межах глибини встановлення водопідйомного обладнання) має бути на 50-100 мм більше за діаметр водопідйомника. Якщо діаметр фільтра менший за діаметр

експлуатаційної або технічної колони, виникає необхідність у встановленні сальника або перехідника.

Кінцевий діаметр та діаметр водопідйомної частини свердловини залежать від прийнятого експлуатаційного діаметра, глибини свердловини, типу і конструкції фільтра. Кінцевий діаметр гідрогеологічних свердловин має забезпечити встановлення відповідного фільтра, отримання необхідного дебіту свердловини, умов її довготривалої експлуатації, а також проведення необхідних гідрогеологічних спостережень і досліджень.

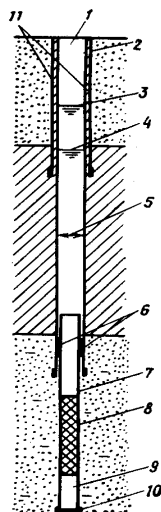


Рис.3.1. Основні елементи конструкції гідрогеологічної свердловини:
 1 - устя свердловини; 2 - перша обсадна колона; 3 - статичний рівень води;
 4 - динамічний рівень води; 5 - експлуатаційна колона; 6 - сальник;
 7- надфільтрова колона; 8 - робоча частина фільтра; 9 - відстійник;
 10 - пробка; 11 - цементний стакан

Початковий діаметр буріння визначається з врахуванням необхідності спуску проміжних обсадних колон, способу ізоляції водоносних горизонтів та можливості розміщення в свердловині насоса необхідної продуктивності.

Кількість колон обсадних труб, їх діаметри і глибини спуску визначаються геолого-літологічним розрізом, глибиною залягання водоносного горизонту, умовами ізоляції водоносних пластів, експлуатаційним діаметром свердловини і способом її буріння (див.рис.3.2.).

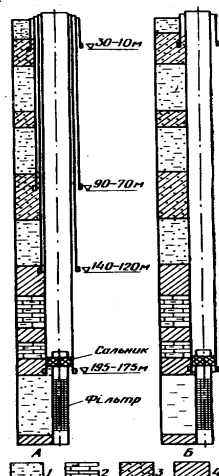


Рис.3.2.Схематичні розрізи свердловин глибиною до 200 м:
 А - свердловини, які пробурені обертальним та Б - ударним способом буріння;
 1 - пісок водоносний; 2 - вапняк водоносний; 3 - глини піщані; 4 - глини

При обертальному способі буріння обсадні труби встановлюються у свердловину після буріння визначеного інтервалу і вихід колон одного діаметру може бути дуже значним (до декількох сотень метрів), що в свою чергу зменшує кількість колон обсадних труб і спрощує конструкцію свердловини (див.рис.3.2., А).

При ударному способі буріння ведеться з одночасною обсадкою свердловини, тому її конструкція характеризується порівняно великою кількістю обсадних колон (від 2-3 до 5-6), що пов'язано з необхідністю закріплення пробуреного інтервалу через кожні 30-40 м (див.рис.3.2., Б).

3.3. Способи буріння гідрогеологічних свердловин

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

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

Обертальний спосіб з прямою промивкою використовують для буріння гідрогеологічних свердловин будь-якої глибини в породах різної міцності, в добре вивчених умовах, при відсутності в розрізі слабонапірних та малодобітних водоносних горизонтів, що часто перешаровуються. Цей спосіб забезпечує можливість швидкого спорудження глибоких свердловин, застосування спрощених їх конструкцій та високі техніко-економічні показники бурових робіт.

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

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

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

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

3.4. Гідрогеологічні спостереження при бурінні і випробуванні свердловин

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

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

При обертальному способі буріння свердловин:

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

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

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

4) при газопроявах відбирають проби газу спеціальними пристроями.

При ударно-канатному способі буріння свердловин:

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

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

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

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

4. ДОСЛІДНО-ФІЛЬТРАЦІЙНІ РОБОТИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

- 4.1. Головні види, мета і завдання дослідно-фільтраційних робіт.
- 4.2. Види відкачок, їх призначення та методика організації і проведення.
- 4.3. Дослідні нагнітання і наливи в свердловини.
- 4.4. Метод наливів в шурфи.
- 4.5. Експрес-методи проведення дослідно-фільтраційних робіт.
- 4.6. Спеціальні види дослідно-фільтраційних робіт.
- 4.7. Дослідно-міграційні роботи.
- 4.8. Визначення напрямку і швидкості руху підземних вод.

4.1. Головні види, мета і завдання дослідно-фільтраційних робіт

Одним з основних видів робіт при проведенні гідрогеологічних досліджень є польові *дослідно-фільтраційні роботи*. Головними видами дослідно-фільтраційних робіт є: відкачки, наливи і нагнітання в свердловини, наливи в шурфи, експрес-наливи і експрес-відкачки, випереджаюче випробування водоносних горизонтів, витратометрія і резистивіметрія.

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

Вибір виду дослідно-фільтраційних робіт залежить від особливостей порід, що вивчаються, завдань і стадії досліджень. На ділянках з глибоким заляганням підземних вод, а також в умовах, що є несприятливими для проведення відкачок (слаба водозбагаченість і водовіддача порід та т. ін.), при необхідності визначення гідрогеологічних параметрів ненасичених водою порід використовуються наливи і нагнітання в свердловини та дослідні наливи в шурфи. *Дослідні нагнітання* використовуються для оцінки фільтраційних властивостей і питомого водопоглинання тріщинуватих скельних і напівскельних водоносних порід, а *дослідні наливи* в свердловини головним чином в неводонасичених пухких і тріщинуватих породах зони вивітрювання. *Дослідні наливи в шурфи* використовуються для вивчення водопроникності необводнених зв'язних і пухких гірських порід зони аерації. *Експрес-методи* використовуються з метою орієнтовної порівняльної оцінки фільтраційних властивостей водоносних порід на попередніх стадіях гідрогеологічних досліджень, виявлення об'єктів і обґрунтування об'ємів подальших гідрогеологічних досліджень, характеристики водопроникності порід в розрізі та т. ін.

4.2. Види відкачок, їх призначення та методика організації і проведення

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

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

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

Дослідні відкачки - головний вид фільтраційних робіт при проведенні розвідки родовищ підземних вод. Ці відкачки виконуються з метою: 1) визначення основних гідрогеологічних параметрів водоносних горизонтів (дебіту, величини зниження рівня, коефіцієнтів фільтрації, водопровідності, рівне або п'єзопровідності, водовіддачі, перетікання, приведенного радіуса впливу, сумарного опору руслових відкладів та т. ін.); 2) вивчення граничних умов водоносних горизонтів в плані та в розрізі (взаємозв'язки підземних і поверхневих вод, взаємодія суміжних горизонтів та т. ін.); 3) встановлення оптимальної продуктивності експлуатаційних свердловин і залежностей між дебітом і зниженням рівня в свердловині; 4) визначення величин зрізок рівня в межах ділянки розташування водозабору при сумісній роботі декількох взаємодіючих експлуатаційних свердловин.

Дослідні відкачки підрозділяють на *кущові* і *одиночні*. *Одиночні дослідні відкачки* виконуються з метою встановлення залежності дебіту від зниження рівня $Q = f(s)$ і на відміну від пробних відкачок здійснюються при двох - трьох ступенях зниження рівня.

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

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

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

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

Методика проектування відкачок залежить від їх призначення, стадії гідрогеологічних досліджень та конкретних природних умов родовища підземних вод, що вивчається. Методика дослідних робіт включає такі основні питання: 1) вибір виду відкачки (пробна, дослідна одиночна, кущова або групова, дослідно-

експлуатаційна); 2) вибір схеми дослідного куща і його місцеположення (кількість дослідних і спостережу вальних свердловин, схема їх розташування, відстань між свердловинами); 3) характер і ступінь збурення (дебіт дослідної свердловини, сталість або несталість дебіту, кількість ступенів дебіту); 4) тривалість відкачки і контроль її проведення; 5) обґрунтування конструктивних особливостей дослідних і спостережу вальних свердловин; 6) вибір насосного обладнання.

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

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

Схема дослідного куща є одним із найважливіших елементів відкачки. Вона має забезпечити можливість визначення необхідних гідрогеологічних параметрів, а також достатню точність виконуємих розрахунків. Вибір схеми дослідного куща полягає в обґрунтуванні кількості збурюючих і спостережу вальних свердловин та їх взаємного розташування в плані і розрізі ділянки, що випробовується. В центрі куща розташовується дослідна (збурююча) свердловина, а у вигляді променів від неї - спостережу вальні. *Кількість дослідних свердловин* визначається необхідною величиною зниження рівня у віддалених спостережу вальних свердловинах, тобто при утворенні потужного збурення в пласті збурюючих свердловин повинно бути 2 - 3 й розташовуватись вони повинні у вершині променів спостережу вальних свердловин на відстані не більше $0,3 r_1$ - в безнапірних і $0,5 r_1$ - в напірних водоносних горизонтах (де r_1 - відстань до найближчої спостережу вальної свердловини).

Мінімальна кількість променів у кущі - один, *максимальна* - чотири. Кількість і орієнтування променів залежать від складності умов об'єкта, що випробовується, кількості спостережу вальних свердловин і особливостей проектуємих інженерних споруд. Промені спостережу вальних свердловин необхідно орієнтувати в напрямку виявлених або можливих змін гідрогеологічних умов (за напрямками затухаючої або переважаючої тріщинуватості, різкої зміни фільтраційних і ємнісних властивостей порід, проникних і непроникних границь пласта та т. ін.). Двопроменеві схеми дослідних кущів використовують при випробуванні анізотропних (промені - за вісями анізотропії) і обмежених пластів (промені - рівнобіжні і дотичні границям). При невеликій кількості спостережу вальних свердловин закладається один промінь.

Кількість спостережу вальних свердловин обирають в залежності від ступеня складності природних умов, інтерпретованості дослідних даних, ступеня неоднорідності пластів, глибини залягання випробовуємих горизонтів і можливості використання в якості спостережу вальних інших гідрогеологічних свердловин. Для забезпечення надійного визначення розрахункових гідрогеологічних параметрів, їх усереднення і контролю кількість спостережу вальних свердловин в дослідному кущі навіть в порівняно простих природних умовах повинна бути не менше трьох. В складних природних умовах (порові ґрунті, тріщинні ґрунті і напірні водоносні горизонти, шаруваті товщі в умовах перетікання, неоднорідність фільтраційних властивостей та т. ін.) необхідно мати чотири - п'ять спостережу вальних свердловин, а в дуже складних природних умовах (тріщино-карстові водоносні горизонти, велика неоднорідність,

сполучення декількох факторів аномальності та т. ін.) - від чотирьох до десяти спостережу вальних свердловин. Положення спостережу вальних свердловин відносно дослідних на різних променях має різнитися, щоб забезпечити більш рівномірне розташування точок на площинних графіках. Для виключення спотворення величини зниження і впливу недосконалості свердловин, першу спостережу вальну свердловину слід розташовувати на відстані r_1 від центральної, яка приблизно дорівнює потужності горизонту, що випробується. Наступні свердловини розташовують на променях зі збільшенням відстані між ними за законом геометричної прогресії. Відстань від дослідної (збурюючої) до відповідної їй спостережу вальної свердловини r_n можна визначити за напівемпіричною формулою Б.Г.Самсонова :

$$r_n = r_1 \alpha^{n-1} , \quad (4.1.)$$

де r_1 - відстань до найближчої спостережу вальної свердловини (звичайно приймається $r_1 = (0,7-1)m$, а при наявності малопотужних пластів $r_1 = (1,5-2)m$; m - потужність пласта), n - порядковий номер спостережу вальної свердловини, α - емпіричний коефіцієнт, який для безнапірних горизонтів приймається - 1,5, а для напірних - 2,5 (по одному променю розташовують свердловини з парною нумерацією, по другому - з непарною і т. д.) (див.рис.4.1). Максимальна відстань від центральної свердловини до найвіддаленішої спостережу вальної свердловини повинна бути для безнапірних водоносних горизонтів - 150 м, а для напірних горизонтів - 1500 м.

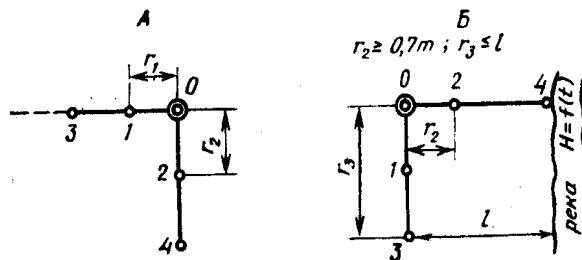


Рис.4.1. Схема дослідного куца: А- в необмеженому пласті; Б- при зв'язку з річкою:

0 - дослідна свердловина; 1,2,3,4 - спостережу вальні свердловини

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

Рекомендації по дебітах при відкачках, в залежності від водопроникності порід надані Б.Б. Боревським, Б.Г.Самсоновим та Л.С. Язвіним. При випробуванні дочетвертинних пісків, слабих пісковиків і некарстующихся тріщинуватих порід, водопровідність яких змінюється в межах 50 - 500 м²/добу, дебіт має складати 5 - 25 л/с; при випробуванні четвєртинних алювіальних пісків, алювіально-пролювіальних піщано-гравійних відкладів і слабозакарстованих порід при водопровідності 500-1000 м²/добу, дебіт має бути 25-50 л/с; при випробуванні галечників з піщано-гравійним заповнювачем і тріщино-карстованих масивів з водопровідністю 1000-3000 м²/добу рекомендуєий дебіт 50-150 л/с.

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

Тривалість дослідних кущових відкачок значно більша і визначається, крім того, необхідністю досягнення квазістаціонарного режиму в спостережу вальних свердловинах упродовж часу, достатнього для побудови часових, площинних і комбінованих графіків простежування рівня. Орієнтовно тривалість дослідних кущових відкачок в залежності від складу порід і типа водоносного горизонту може бути прийнята така: в зернистих породах з напірними водами тривалість відкачки - 6- 11 діб; в зернистих породах з безнапірними водами - 15 діб; в тріщинуватих породах з напірними та безнапірними водами - 15 діб; при визначенні взаємодії підземних вод з рікою - 10 -15 діб.

Конструктивні особливості збудованих та спостережу вальних свердловин по можливості мають виключити вплив різноманітних технічних факторів (недосконалість розкриття пласта, зміни призабійної зони, ємність і інерційність свердловин та т. ін.) на закономірності зміни рівня, які виявляються в процесі виконання дослідів. Дослідні свердловини мають бути досконалими за ступенем і характером розкриття водоносних горизонтів, а найближчі спостережу вальні свердловини розташовані на відстані, що перевищує потужність випробуваного пласта. Якщо відкачки проводяться з горизонтів невеликої потужності (до 20 м), то необхідно облаштовувати досконалі дослідні кущі, в яких всі свердловини вскривають горизонт повністю і закріплюються фільтрами зі скважністю 10-20%. В пластах значної потужності свердловини куща можуть бути недосконалими, але при цьому поперечні вісі фільтрів дослідних і спостережу вальних свердловин мають знаходитись в одній площині (рівнобіжній або співпадаючій з вісівою площиною водоносного горизонту, що випробовується).

Діаметри фільтрових колон збудованих свердловин та глибина свердловин мають забезпечувати розміщення в них передбачуваного для проведення відкачки водопід'ємного обладнання, а *діаметри спостережу вальних свердловин* -передбачуваного для вимірів обладнання і можливість проведення пробних відкачок. *Обладнання свердловин дослідного куща* має забезпечувати виміри і регулювання дебіту при відкачці (витратоміри, водоміри, лічильники і т.ін.), зняття з необхідною частотою інформації про положення рівня води у всіх свердловинах, відбір проб води для аналізів, відведення відкачуваної води на необхідну відстань та відповідати іншим вимогам технології проведення відкачок.

Під час проведення дослідних відкачок виконується їх необхідна камеральна обробка і складається наступна польова документація:

1) журнал відкачок (час вимірів, дебіт, положення рівнів в свердловинах і т. ін.);

2) хронологічні графіки залежності дебіту і положення рівня води в центральній та спостережу вальних свердловинах від часу: $Q = f(t)$, $S_0 = f(t)$ та $S_n = f(t)$ (див.рис.4.2.);

3) графіки залежності дебіту і питомого дебіту від зниження рівня: $Q = f(S)$ і $q = f(S)$;

4) графіки часового $S = f(\lg t)$, комбінованого $S = f[\lg(t/r^2)]$ та площинного простежування $S = f(\lg r)$.

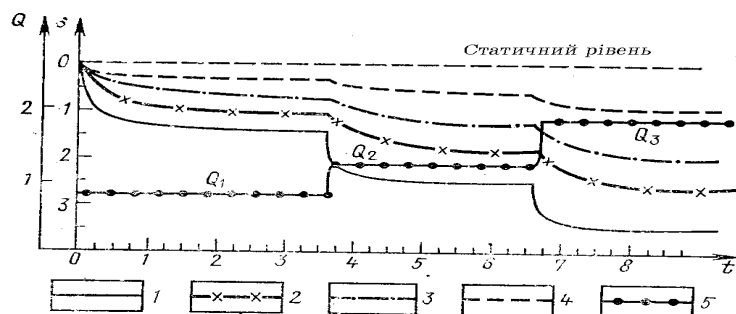


Рис.4.2. Графік залежності витрати і зниження від часу.

Криві зміни зниження в свердловинах:

- 1- центральної; 2 - першої; 3 - другої; 4 - третьої спостережу вальних;
 5 - крива зміни дебіту (Q_1 - при першому, Q_2 - при другому, Q_3 - при третьому зниженнях S)

4.3. Дослідні нагнітання і наливи в свердловини

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

Під *дослідними наливками* слід розуміти досліди, під час проведення яких рівень води підтримується в межах товщі гірських порід, що випробовуються, в тому випадку, коли фільтрація води здійснюється при надлишковому напорі над верхню межу випробованого інтервалу гірських порід мова іде про *дослідні нагнітання*.

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

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

Як правило, дослідні нагнітання і наливи виконуються при відсутності спостережу вальних свердловин. Однак з метою отримання більш точних показників рекомендується обладнання однієї контрольної свердловини, в якій можна було б реєструвати з'явлення води під час проведення дослідів.

При наливках і нагнітаннях у водоносні породи застосовуються розрахункові формули, які використовуються для обробки дослідних відкачок, тільки замість зниження рівня S у них враховується підвищення рівня h в центральній і спостережу вальних свердловинах.

Дослідні нагнітання звичайно здійснюються поінтервально (стандартний інтервал 5 м) при декількох ступенях напору. Для цього у незакріплені свердловини під тиском більше атмосферного (при 3 ступенях тиску) нагнітають воду. Інтервали, що випробовуються, ізолюють спеціальним тампоном. Вода подається насосом. Нагнітання проводять до встановлення постійної витрати.

За результатами досліду будують графіки залежності витрат і напору від часу по яким визначають величини сталого напору і витрати для кожного ступеню напору, а потім обчислюють величини зведених витрат q_0 (л/хв. на 1пог. м свердловини) шляхом поділення сталої витрати (л/хв.) на довжину інтервалу (м). Графіки приведених витрат $q_0 = f(H)$ необхідні для контролю вірності проведення досліду і для визначення *питомого водопоглинання* q' , під яким розуміють кількість води (л), яка поглинається породою за одну хвилину на 1м довжини випробованого інтервалу свердловини при напорі, що дорівнює 1м. Питоме водопоглинання характеризує водопроникність і тріщинуватість порід даного інтервалу в середньому, воно використовується для порівняльної характеристики водопроникності відкладів, що випробовуються, визначення найбільш та найменш проникних зон і орієнтовної оцінки фільтраційних властивостей.

Дослідні наливи і нагнітання в свердловини практично єдиний метод, що дозволяє розчленувати за водопроникністю глибоко залягаючи неводоносні породи. Однак дуже часто результати, які отримують в наслідок проведення цих дослідів в неводоносних тріщинуватих породах, мало відповідають показникам водоносних порід, завдяки зниженню точності розрахунків коефіцієнтів фільтрації і питомого водопоглинання із-за вибіркового характеру фільтрації і кальматації порожнин порід, тому дослідні наливи звичайно проводять в неводоносних піщаних породах. Для визначення параметрів водопроникності використовують дані воронки розтікання, радіус якої залежить від водопроникності порід, тривалості наливу і умов проведення досліду. Для проведення досліду використовують спеціально пробурені, обладнані фільтрами свердловини. Створений в свердловині динамічний рівень шляхом безперервної подачі води підтримується постійно. Налив триває до стабілізації витрат при заданому динамічному рівні (див.рис.4.3.).

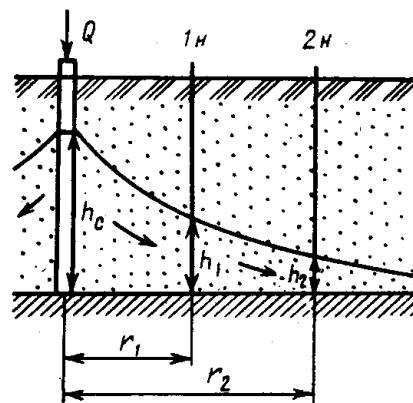


Рис.4.3.Схема дослідного наливу води в свердловину:
 $1n, 2n$ - перша і друга спостережу вальні свердловини; Q - стала витрата;
 h_c - висота стовпа води в дослідній свердловині; r_1, r_2 - відстані спостережу вальних свердловин від дослідної; h_1, h_2 - підвищення рівня води в спостережу вальних свердловинах

Останнім часом, при проведенні досліджень для гідротехнічного будівництва, з метою вивчення фільтраційних властивостей необводнених порід використовують *дослідні нагнітання повітря*. В процесі досліду стиснене повітря через бурильні труби центральної свердловини подається в інтервал порід, що випробовується, при цьому фіксується витрата повітря і його фізичні параметри, а спостереження за розповсюдженням повітря здійснюється через систему спостережу вальних свердловин, при цьому реєструється тиск і температура

повітря. Дослід, як правило, проводиться на 3 ступенях витрати повітря, тривалість дослідів на кожній ступені 2 - 4 години (при відносній стабілізації витрати у випробованому інтервалі 1 - 1,5 години).

Використовуючи результати обробки дослідних нагнітань повітря та враховуючі перехід від характеристик повітря до води, визначають коефіцієнти фільтрації і п'єзопровідності, величину активної пористості порід і фільтраційну анізотропію.

4.4. Метод наливів в шурфи

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

Сутність метода полягає в нагляді за ходом інфільтрації води з шурфів та отриманні характеристик інфільтраційного потоку в умовах постійного рівня води в шурфі в процесі дослідів. Метод інфільтрації води з шурфів, який був вперше запропонований А.К.Болдиревим, зараз використовується в різних модифікаціях, найбільшого поширення набули способи Г.М.Каменського, М.С.Нестерова, М.М.Біндемана та М.К.Грінського.

Інфільтрацією називається явище просочування води в гірську породу, пори та тріщини якої не заповнені водою. Процес інфільтрації в ненасиченому водою ґрунті відрізняється значною складністю. Тут одночасно діють два основних фактори: гідравлічний тиск води, яка налита в шурф та капілярний тиск, що виявляється в капілярному всмоктуванні.

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

Породи зони аерації являють собою трьохфазну систему: скелет ґрунту, зв'язна вода та повітря, що заповнює пори і тріщини. В таких умовах поверхневі води, що надходять із шурфу до породи, витискають повітря та рухаються по порах і тріщинах під дією гравітаційних і капілярних сил, які виникають на межі поділу вода-повітря. *Капілярний тиск*, що співпадає за напрямком з інфільтрацією та виявляється в капілярному всмоктуванні, діє як деякий додатковий напір, який необхідно враховувати при визначенні напірного градієнта потоку, що інфільтрується з шурфу. Таким чином, *швидкість інфільтрації* на відміну від *швидкості фільтрації* залежить, крім напірного градієнта і коефіцієнта фільтрації, ще і від капілярного тиску. В результаті при просочуванні води вниз обидві вказані вище сили накладаються і швидкість інфільтрації стає більшою за звичайну швидкість фільтрації, коли вода рухається в насиченому водою ґрунті.

При проведенні дослідних наливів в шурфи дуже важливо дотримуватись таких умов: збереження непорушеного природного стану ґрунтів в межах площі інфільтрації; виключення розмиву ґрунту на площі інфільтрації при наливці води, тому цю площу необхідно покрити шаром дрібного гравію завтовшки 2 - 3 см, а налив води до постійного рівня, при якому буде виконуватись дослід (не більш 10

см), здійснювати поступово, що важливо і для поступового витискування повітря з ґрунту поверхневої зони площі інфільтрації; суворе дотримання постійного рівня шару води на площі інфільтрації, що здобувається за допомогою посудин Маріотта або баків; використання тільки чистої води для запобігання замулення поверхні інфільтрації.

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

Спосіб А.К. Болдирєва застосовують для визначення коефіцієнта фільтрації пісків і тріщинуватих порід. На дні шурфу перерізом 1,0 x 1,0 м, пройденого до заданої глибини, закладають зумпф перерізом 0,5 x 0,5 м і глибиною 10 - 15 см, в якому встановлюється мірна рейка. Біля бровки шурфу встановлюють мірну ємність (бак), з якої по трубах безперервно подається вода в зумпф з інтенсивністю, що забезпечує постійний шар води з висотою приблизно 10 см (див. рис.4.4.).

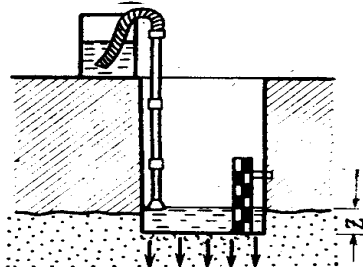


Рис.4.4 . Схема дослідної інфільтрації води із шурфу за способом А.К.Болдирєва

Дослід триває доти, поки витрата води не стане постійною. Під час проведення досліду визначають кількість води Q , яка надходить в шурф за одиницю часу. Потім будують криву залежності $Q = f(t)$.

Приймаючи, що градієнт напору I дорівнює одиниці, обчислюють коефіцієнт фільтрації k за формулою:

$$k = Q / F, \quad (4.2.)$$

де Q - стала витрата, $\text{см}^3/\text{хв}$, F - площа поперечного перерізу зумпфа, см^2 .

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

Спосіб Г.М.Каменського являє собою дещо змінений спосіб Болдирєва і його також застосовують для визначення коефіцієнта фільтрації пісків і тріщинуватих порід. На дні шурфу влаштовують зумпф перерізом 40 x 40 см і глибиною 10 см, в нього встановлюють металеве кільце діаметром 35,75 см і висотою 20 см (площа кільця 1000 см^2 , що дуже зручно при розрахунках) (див.рис.4.5.).

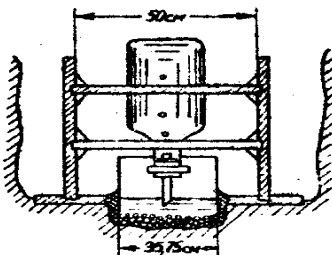


Рис.4.5.Схема приладу для дослідів по інфільтрації із шурфу

за методом Г.М.Каменського

Над зумпфом на спеціальній підставці встановлюють перевернутий догори дном градуйований бутель ємністю 3 - 5 л. Бутель закрито пробкою, в яку вставлена скляна трубка діаметром 1 см. Перед початком досліду зумпф наповнюють водою до висоти 12 - 14 см. Кінець трубки бутля занурений у воду на висоту 10 см від його дна. Такий пристрій дає можливість підтримувати постійний рівень води у зумпфі.

Дослід закінчують в тому разі, якщо через 30 хвилин витрати відрізняються від середнього за останні 2 години не більше ніж на 10%. Середня тривалість досліду 10 - 48 годин.

Коефіцієнт фільтрації k визначається за формулою:

$$k=Q / F, \quad (4.3.)$$

де $F = 1000 \text{ см}^2$. Тоді

$$k = 0,001Q. \quad (4.4.)$$

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

Для того, щоб це припущення було допустиме, співвідношення між діаметром зовнішнього і внутрішнього циліндрів має бути не менш ніж 2. Тому звичайно виготовляють металеві циліндри діаметром 50 і 25 см, висотою 20 - 25 см та жорстко скріплюють їх, розташовуючи точно концентрично один в одному.

На дослідній ділянці проходять шурф на задану глибину перерізом 1 x 1,5 м. На дні шурфу закладають круглий зумпф глибиною 20 см і діаметром 50 см.

Для проведення досліду в дно зумпфа концентрично втискається два циліндри, в які заливається вода висотою 10 см і цей рівень підтримується протягом досліду посудинами Маріотта (див.рис.4.6.).

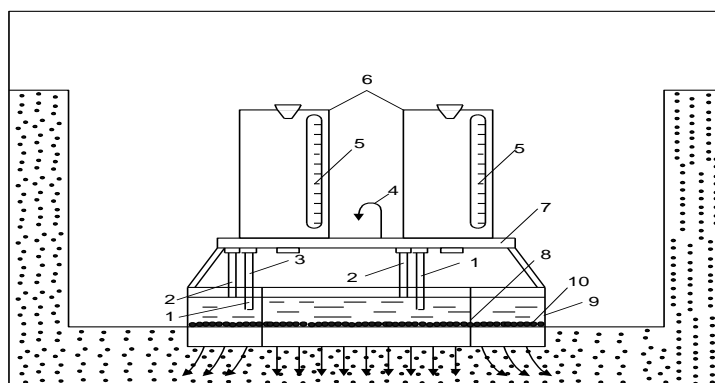


Рис. 4.6. Схема дослідного наливу в шурфи за методом М.С. Нестерова :

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1- водозливні трубки; | 6 - посудини Маріотта; |
| 2 - повітряні трубки; | 7 - місток; |
| 3 - крани; | 8 - внутрішній циліндр; |
| 4 - показчик рівноваги; | 9 - зовнішній циліндр; |
| 5 - шкала; | 10 - гравій; |

Витрата вимірюється через кожні 10 хвилин, дослід ведеться до стабілізації витрати через внутрішній циліндр. Розрахунок ведуть за формулою:

$$k = \frac{Q * l}{F(H_k k + z + l)}, \quad (4.5.)$$

де Q - стала витрата води через внутрішній циліндр, (см³ /хв); l - глибина просочування води за час проведення досліду, (см); H_k - капілярний тиск, що дорівнює 0,5 максимальної висоти капілярного підняття (для суглинків H_k дорівнює 0,8-1м, супісків - 0,4-0,6 м, пісків - 0,05-0,3 м); z - висота шару води у внутрішньому циліндрі, (см).

Для визначення глибини просочування l бурять 2 свердловини: першу- на відстані 3-4 м від шурфу, другу - в центрі внутрішнього циліндра по закінченню досліду. Глибина свердловин 3-5 м від дна шурфу. При бурінні з метою визначення вологості відбирають зразки ґрунту через кожні 20 см, по даним якої визначають глибину просочування.

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

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

В дно зумпфа втискають металевий циліндр висотою 30 - 40 см та діаметром 35 - 50 см, в нього подають воду, рівень якої підтримують постійно за допомогою посудин Маріотта або баків (див.рис.4.7.).

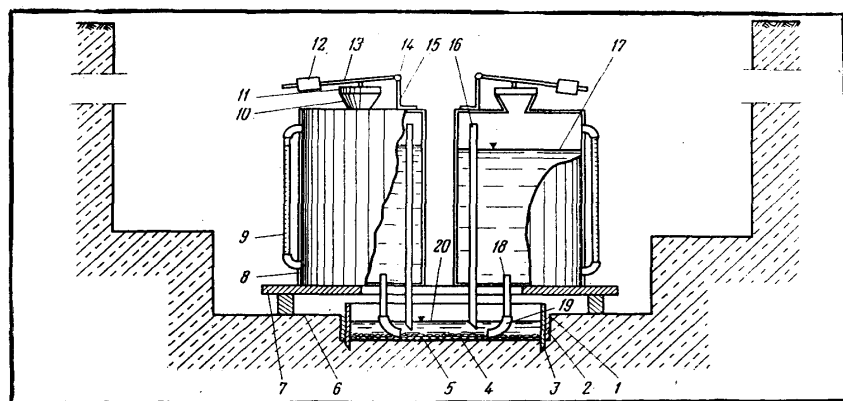


Рис. 4.7.Схема дослідного наливу в шурфи за методом М.К. Грінського :

- | | | |
|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 - стінка зумпфа; | 7 - місток; | 14 - шарнір; |
| 2 - зволожена глина; | 8 - баки; | 15 - опорний штир; |
| 3 - металевий циліндр; | 9 - мірна скляна трубка; | 16 - повітряна трубка; |
| 4 - дно зумпфа; | 10 - горловина бака; | 17 - вода в баку; |
| 5-шар дрібного гравію; | 11 - гумова пробка; | 18 - зливна трубка; |
| 6 - дно шурфу; | 12 - вантаж; | 19 - гумова трубка; |
| | 13 - важіль; | 20 - шар води в зумпфі. |

Дослід проводять аналогічно вище розглянутим до стабілізації витрати.

Коефіцієнт фільтрації k визначають за формулою:

$$k = a \xi Q, \quad (4.6.)$$

де a - коефіцієнт, що залежить від глибини втискання циліндра в породу і діаметра циліндра, ξ - коефіцієнт, значення якого залежать від значення $(H_k + z)$ і діаметра кільця, Q - стала витрата.

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

Коефіцієнт фільтрації k розраховується за формулою:

$$k = \beta V / Ft, \quad (4.7)$$

де V – загальний об'єм води, який був витрачений за час проведення досліду, см^3 ; t - загальний час проведення досліду, хв ; β - коефіцієнт, значення якого залежить від співвідношення глибини просочування води за час досліду до висоти шару води у кільці.

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

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

визначення величини H_k за графіком $\frac{l}{z + H_k} = \int \left(\frac{t}{t_1}\right)$, знаходять значення $l / (z + H_k)$ по якому, знаючи глибину просочування l та рівень води в внутрішньому циліндрі під час досліду z , визначають H_k .

Нестачу насичення μ визначають по відношенню об'єму води V , яка надійшла до породи із внутрішнього циліндра за весь час проведення досліду t до об'єму зволжених порід, тобто :

$$\mu = \frac{V}{Ft} \quad (4.8.)$$

4.5. Експрес-методи проведення дослідно-фільтраційних робіт

Експрес-методи (або швидкісні методи) оцінки фільтраційних властивостей порід ґрунтуються на законах несталої руху потоку. Вони застосовуються для наближених швидких визначень коефіцієнтів фільтрації, водовіддачі, водопровідності, п'єзопровідності та рівнепровідності пласта.

Експрес-методи ґрунтуються на аналізі спостережень за зміною рівня води в свердловині після короткочасного збурення напору у водоносному пласті.

Використання цих методів у поєднанні з традиційними (відкачками та наливками) дозволяють отримувати достатньо точні результати, скоротити строки і вартість досліджень, а також застосовувати їх на всіх стадіях гідрогеологічних вишукувань для будь-яких видів досліджень.

Випереджаюче випробування водоносних горизонтів застосовується при обертальному бурінні свердловин в пухких породах з використанням глинистого розчину (див.рис.4.8.).



Рис.4.8. Схема випереджаючого випробування водоносних горизонтів:

1- фільтр-випробувач; 2 - бурильні труби; 3 - повітряні труби ерліфту;
4 - рівень підземних вод ; 5 - трійник для зливу води; 6 - трійник на повітряній лінії;
ПУР-пневматичний рівнемір

Після того, як вскрыто пласт, що був намічений до випробування, буріння зупиняють і промивають свердловину якісним глинистим розчином для забезпечення ізоляції випробованого горизонту від вищезалягаючих. Потім дістають буровий наконечник і на бурових трубах спускають в свердловину спеціальний фільтр-випробувач промивного або шнекового типу.

Після введення фільтра у випробований горизонт заміряється рівень води в бурових трубах і здійснюється відкачка.

В результаті проведення відкачки, що виконується до стабілізації зниження S_0 при відомому значенні дебіту Q , коефіцієнт фільтрації k визначається за формулою М.М. Верігіна, яка враховує недосконалість свердловини за ступенем і характером розкриття пласта:

$$k = [0,366Q (\lg 1,47l / \varepsilon r_0] + \xi_{\phi})] / IS_p , \quad (4.9.)$$

де l - довжина фільтра-випробувача (звичайно 1 - 2 м), r_0 - його радіус, ε - коефіцієнт, що дорівнює 2 при розташуванні фільтра біля кривлі або підшви пласта та 1 при положенні фільтра в середині пласта, S_p - розрахункове зниження рівня з врахуванням втрат напору, ξ_{ϕ} - показник опору стандартного фільтра-випробувача (він змінюється від 1,5 до 6,5 в залежності від коефіцієнта фільтрації порід).

Експрес-відкачки та експрес-наливи в свердловини виконуються головним чином для вивчення фільтраційних характеристик порід з відносно невеликою водопроникністю ($0,01 < k < 5$ м/добу).

Експрес-відкачка здійснюється шляхом миттєвого зниження рівня води в дослідній свердловині (незакріпленій або обладнаній фільтром) завдяки

швидкому відбору води желонкою, включенням насосу або відкриванням заслінки.

Експрес-налив здійснюється шляхом миттєвого підняття рівня води внаслідок одночасного її наливу або занурення під рівень води якого-небудь ємного тіла.

До недоліків експрес-методів відносять залежність отриманих параметрів від стану і збереження призабійної зони свердловини та їх малий діапазон дії (при незначному ступеню збурення параметри характеризують невелику зону порід біля свердловини). Достовірність отриманих результатів підвищують за рахунок масовості експрес-визначень (за одиночне визначення приймають середнє арифметичне значення, отримане за даними дослідів, які проведені в чотирьох точках), а також шляхом врахування стану призабійної зони.

4.6. Спеціальні види дослідно-фільтраційних робіт

До спеціальних видів дослідно-фільтраційних робіт відносять геофізичні методи витратометрії і резистивіметрії свердловин, які в своїй основі є гідродинамічними. Використання цих методів дозволяє надати попередню орієнтовну оцінку фільтраційних властивостей і провести гідрогеологічне розчленування розрізу.

Витратометрія свердловин здійснюється для розчленування розрізу за водопроникністю, визначення фільтраційних властивостей і напорів пластів, виявлення зон перетоку і водопоглинання, оцінки роботи фільтрів та т.ін.

Витратометрія здійснюється у фонтануючих свердловинах, при відкачках, наливах і нагнітаннях в умовах сталої (рідко - несталої) фільтрації підземних вод.

Для проведення витратометрії свердловину відповідним чином готують і обладнують (встановлюють фільтр, очищають від шламу, виконують розглинизацію, шаблонування і прокачування, встановлюють обладнання). Виміри виконуються механічними або термометричними витратомірами (див.рис.4.9.). Механічні витратоміри вимірюють швидкість пересування води за допомогою вертушки (турбіни), яка з'єднана з магнітним перервачем, за даними якого визначають частоту обертання вертушки. Для того, щоб весь потік води з досліджуваного горизонту пройшов біля вертушки, свердловину перекривають спеціальним пакером - тампоном. Термометричні витратоміри ґрунтуються на вимірі охолодження підігриваємого опору датчика R_d розміщеного в потоку, в залежності від середньої лінійної швидкості цього потоку (рис.4.9, а).

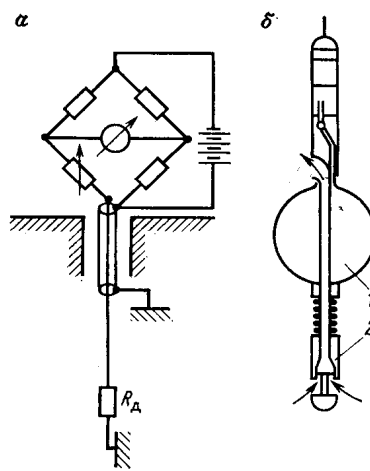


Рис.4.9. Електрична схема свердловинного витратоміра типу STD (а) та механічного витратоміра-дебітометра з пакером фірми Шлюмберже (б): 1- пакер; 2 - вертушка, яка преводить до дії магнітний перервач

Реєстрація показників витратомірів може бути або автономною (здійснюється в середині приладу), або дистанційною (передається на поверхню по лініях зв'язку). Механічні витратоміри малочутливі до складу води і тому більш точно визначають інтенсивність потоку. Термоелектричні витратоміри дуже чутливі і тому в багатьох випадках дозволяють оцінювати дебіт лише якісно.

Крок встановлення витратоміра в залежності від детальності і глибини досліджень становить від 5 до 10 м при оглядових вимірах та від 0,1 до 2 м - при детальних. Оглядові виміри виявляють зони змін витрат води та інтервали для детальних вимірів, які в свою чергу, проводять з метою уточнення меж і структури водопритоків окремих пластів.

За результатами витратометрії будується крива розподілу швидкостей руху води по стовбуру свердловини, за якою будують *витратограму* - криву приросту витрат по стовбуру свердловини або *диференційну витратограму* - криву змін витрат по стовбуру свердловини (див.рис.4.10.).

По характерних точках перегину диференціальних кривих визначають інтервали найбільш проникних пластів і витрату, що припадає на ці інтервали.

На підґрунті співставлення фактичних і теоретичних кривих розподілу вхідних швидкостей за потужністю кожного з відокремлених пластів роблять висновки про їх однорідність, а за співвідношенням витрат або швидкостей по окремим пластам і сумарної водопроникності (визначається будь-яким іншим методом) оцінюють параметри кожного з пластів.

Резистивіметрія свердловин використовується в тріщинуватих породах, а також в пухких відкладах, які не вміщують значну кількість глинистих і пилюватих часток. Резистивіметрія дає можливість визначити місця притоку води в свердловину та розрахувати (з деякими припущеннями) швидкість фільтрації підземних вод шляхом виміру швидкості змін концентрації сольового розчину, що заповнює стовбур свердловини, під дією фільтруючихся підземних вод.

Для проведення резистивіметрії свердловину заповнюють мінералізованою водою. Перед початком досліду вимірюють питомий опір ρ_0 і концентрацію C_0 розчину по всьому стовбуру свердловини. Через визначені і рівні відрізки часу t_1, t_2, \dots, t_n повторюють виміри питомого опору розчину $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$.

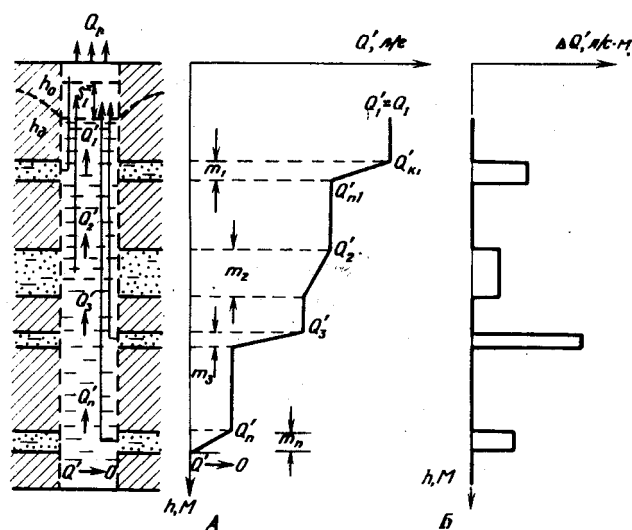


Рис.4.10. Схема витратометричного дослідження свердловини при відкачке:
 А - витратограма $Q' = f(h)$; Б - диференційна витратограма $\Delta Q' = f(h)$;
 h_0 - сталий загальний рівень води в свердловині; h_d - динамічний рівень води в свердловині при відкачке

Місця підтоку підземних вод в свердловину визначаються збільшенням питомого опору відносно першого контрольного виміру. За допомогою спеціальних номограм визначають концентрації розчинів C_1, C_2, \dots, C_n для кожного водоносного горизонту. Швидкість фільтрації в горизонті v (м/с) визначають за формулою:

$$v = [(1,81d / k_{пр}\Delta t) \lg (C_{n-1} - C_0) / (C_n - C_0)], \quad (4.10)$$

де d - діаметр свердловини, $k_{пр}$ - коефіцієнт проникності порід, який визначається за даними електричного каротажу свердловин і лабораторних досліджень кернового матеріалу.

Визначив швидкість фільтрації для кожного інтервалу вимірів, розраховують середню її величину.

4.7. Дослідно-міграційні роботи

В умовах інтенсивного техногенного впливу на підземні води великого значення набуває проблема вивчення водно-сольового режиму і балансу зони аерації крізь яку здійснюється зв'язок поверхневих вод з ґрунтовими. Для вирішення цієї проблеми в практиці гідрогеологічних досліджень використовують дослідно-міграційні роботи.

Дослідно-міграційні роботи - це комплекс польових експериментів і натурних спостережень, які виконуються з метою отримання відомостей про механізми та параметри міграції підземних вод. В наслідок виконання дослідно-міграційних робіт має бути:

1) отримана інформація про водно-сольовий режим і баланс зони аерації в цілому;

2) визначені параметри вологоперенесення, які є коефіцієнтами рівнянь вологоперенесення в ненасичених ґрунтах;

3) отримані дані про напрямок руху вологи по будь-якому перерізу зони аерації та в фільтраційному потоці; про вологість ґрунтів по будь-якому перерізу зони аерації; про запаси вологи ґрунтів в конкретному інтервалі розрізу цієї зони; про положення рівня ґрунтових вод і верховодки; про величину надходження води на рівень ґрунтових вод із зони аерації або витрати з рівня ґрунтових вод на насичення ґрунтів цієї зони та випаровування.

На теперішній час застосовують такі основні види і методи польових дослідно-міграційних робіт : індикаторні, лізиметричні та гідрофізичні. Індикаторні методи детально розглядаються в гл. 4.8, лізиметричні - в гл.5.3, тому в даному розділі надана характеристика лише гідрофізичних методів досліджень.

Вивчення процесів і параметрів масоперенесення у водоносних пластах *гідрофізичними методами* ґрунтується на закономірностях теорії міграції підземних вод, яка надає фізико-математичний опис різних механізмів складних процесів гідродинамічного і фізико-хімічного характеру.

Міграція хімічних компонентів у водоносних пластах здійснюється в межах конвективно-дифузійних процесів (з врахуванням механізму гравітаційної диференціації), на які накладаються процеси фізико-хімічних перетворень в підземних водах і взаємодії з вміщуючими гірськими породами. Відповідно в загальному випадку міграція визначається: 1) показниками конвективного (фільтраційного) перенесення - швидкістю фільтрації і активної пористості (тріщинуватістю); 2) інтенсивністю гравітаційної диференціації розчинів у водоносних пластах; 3) параметрами розсіювання - молекулярної дифузії і

гідродисперсії в поровому (тріщинному) просторі; 4) показниками гетерогенних процесів фізико-хімічного поглинання (виділення) речовини (сорбції, іонного обміну, розчинення та ін.); 5) інтенсивністю перетворення речовини безпосередньо в рідкій фазі при довготривалій міграції.

Польові гідрофізичні дослідження - режимно-балансові спостереження в природних і техногенних умовах - виконуються на спеціально обладнаних дослідних ключових ділянках. Склад спостережень визначається напрямком досліджень, але у всіх випадках необхідна достовірна інформація про метеорологічні, біологічні, агротехнічні та інші умови об'єкта, що вивчається, а також дані про господарське використання території.

Гідрофізичні методи використовуються для отримання гідрогеологічної інформації про рівні ґрунтових вод і верховодки, хімічний склад і мінералізацію вод, водний і сольовий режим зони аерації в природних і техногенних порушених умовах. Особливу увагу при цьому приділяють використанню гідрофізичних методів для вивчення ненасичених ґрунтів зони аерації, тому що вони надають можливість отримати достатньо надійну інформацію про режим волого- і солеперенесення та кількісну характеристику основних складових водно-сольового балансу цієї зони і ґрунтових вод, що не можливо шляхом використання традиційних методів.

При виконанні досліджень гідрофізичними методами використовуються тензіометри, пневматичні рівнеміри та глибинні пробовідбірники.

Тензіометр використовують для вимірювання всмоктуючого тиску вологи в ненасичених ґрунтах зони аерації. Принцип його роботи ґрунтується на досягненні рівноваги тиску вологи в ґрунті і тиску води в зонді тензіометра.

Тензіометр складається з пористого керамічного зонда (максимальний розмір пор не більше 1 мкм); з'єднувальних водоводних або повітряноводних трубок, які використовуються для з'єднання пористого зонда з вимірювачем тиску - механічним манометром-вакуумметром або рідинним манометром - водяним чи ртутним.

Відомі різні конструкції тензіометрів але найбільшого розповсюдження набув тензіометр АМ-20-II, який використовується в різних модифікаціях. В залежності від конкретних умов спостережень обирають різні схеми конструкції тензіометрів, які після збирання встановлюють в свердловини або шурфи. Існує два основних типи збірних тензіометрів - *ґрунтові* і *глибинні*. Ґрунтові тензіометри використовують для вимірювання всмоктуючого тиску вологи на невеликих глибинах (3 - 5 м), їх збирають на поверхні, а потім встановлюють в свердловину (див.рис.4.11.).

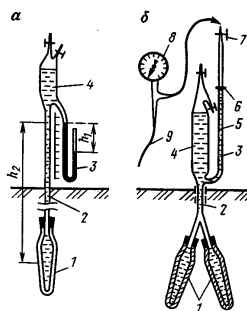


Рис. 4.11. Схема обладнання ґрунтових тензіометрів з ртутним манометром (а) та ізольованим від атмосфери повітряно-водяним манометром або вакуумметром (б):

- 1- пористий зонд; 2- з'єднувальна трубка; 3- ртутний манометр; 4- повітряуловлювач;
- 5- повітряно-водяний манометр; 6- гумове кільце; 7- затискувач; 8- переносний вакуумметр; 9- відвід до насоса

Величину всмоктуючого тиску води p визначають за формулою:

$$p = \rho_1 h_1 - \rho_2 h_2, \quad (4.11.)$$

де ρ_1 - густина ртуті; h_1 - висота стовпа ртуті; ρ_2 - густина води; h_2 - висота стовпа води в тензіометрі.

Глибинні тензіометри використовують для вивчення всмоктуючого тиску води в ґрунтах зони аерації на глибинах до 30 м. Тензіометр встановлюють в шурф або в свердловину, після чого обсадні труби витягають, а стовбур свердловини тампують.

Конструкції глибинних тензіометрів відрізняються тим, що в них відсутні водовідвідні трубки, а повітряуловлювач 4 безпосередньо зв'язано з пористим зондом 1 (див. рис. 4.12.).

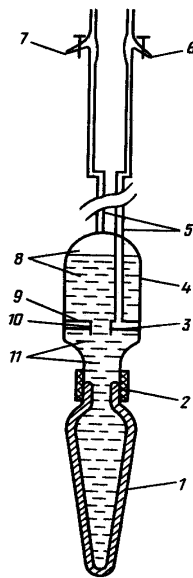


Рис. 4.12. Схема глибинного тензіометра:

- 1- пористий керамічний зонд; 2- гумова трубка; 3- рівень води у повітряуловлювачі; 4- повітряуловлювач; 5- повітровооди; 6,7- відводи для заповнення тензіометрів водою;
8- верхня камера; 9- перегородка; 10- патрубок; 11- нижня камера

Величина всмоктуючого тиску води p розраховується за формулою:

$$p = p_m + p_v, \quad (4.12.)$$

де p_m - тиск повітря в нижній камері; p_v - тиск, який створюється стовпом води від рівня води в нижній камері до середини зонда.

Для визначення положення рівня ґрунтових вод в необсаджених трубами, затампованих ґрунтом свердловинах використовується *пневматичний рівнемір* (див. рис.4.13.). Визначення положення рівня ґрунтових вод при відомій глибині знаходження нижнього кінця приладу зводиться до виміру висоти в ньому стовпа води. Для цього крізь повітряводну трубку 5 відсмоктують повітря, завдяки чому в приладі створюється розрідження, що перевищує величину тиску стовпа води від рівня ґрунтових вод до нижнього кінця повітряводної трубки 4, яка знаходиться в

основі приладу. Внаслідок створеної таким чином різності тисків крізь повітряводну трубку 4 в прилад буде надходити атмосферне повітря до тих пір, поки тиск повітря над водою не буде урівноважено тиском стовпа води, що знаходиться в ньому.

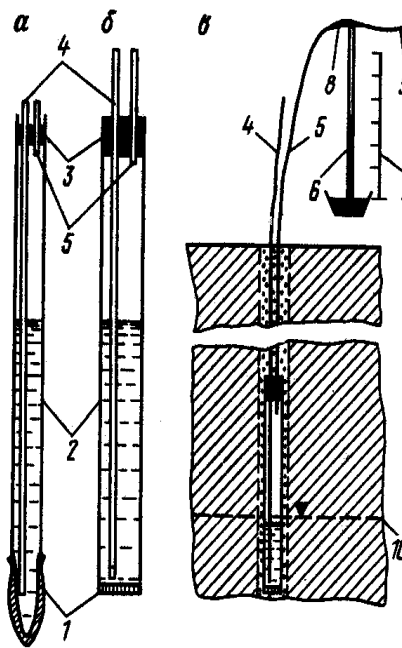


Рис. 4.13. Схема обладнання пневматичного рівнеміра:

а- прилад із зондом; б- прилад із пластиною; в- монтажна схема.

1- пористий зонд або пластина; 2- корпус приладу; 3- пробка; 4,5- повітряводні трубки; 6- манометр; 7- мірна лінійка; 8- трійник; 9- відвід до вакуумного насосу; 10- рівень ґрунтових вод (РГВ)

Сталий тиск в приладі вимірюється підключеним до повітряводної трубки 5 манометром 6. Величина розрідження, що фіксується манометром, буде чисельно дорівнювати висоті стовпа води в приладі. Різниця значень глибини положення нижнього кінця повітряводної трубки (основа приладу) і тиску, що вимірюється, й надає величину глибини залягання рівня ґрунтових вод.

Розрахункова формула для визначення глибини рівня води h має такий вигляд:

$$h = h_k - p_m, \quad (4.13.)$$

де h_k - глибина нижнього торця повітряводної трубки (основи приладу); p_m - тиск, що фіксується манометром.

Глибинні пробовідбірники використовуються з метою відбору проб розчинів з ненасичених ґрунтів зони аерації шляхом вакуумних витяжок при тиску вологи в ґрунтах вище 80 кПа (див.рис. 4.14.). Для відбору проб води використовують спеціальні посудини місткістю 0,1 - 0,15 л з двома відводами. Один з відводів посудини 11 підключають до водопід'ємної трубки 5, інший - до баластної посудини 7 (бутель місткістю 0,5 л). При закритті трубки 6 крізь баластну посудину і водопід'ємну трубку 5 в пористому зонді 1 створюється розрідження від -90 до -95 кПа. Під дією розрідження відібраний поровий розчин надходить до посудини 11.

На рис.4.15. приведена схема оснащення спостережу вальної точки на дослідній гідрофізичній ділянці - розміщення глибинних тензіометрів, встановлених в шурфі, пробовідбірника і рівнеміра.

Основною гідрофізичною характеристикою є характеристика $\theta = f(p_v) = f(h_v)$ (де p_v - всмоктуючий тиск; h_v - висота всмоктування), вона дозволяє оцінювати енергетичний стан води в ґрунті і пов'язувати з вологістю величину всмоктуючого тиску (висоту всмоктування) та параметри вологоперенесення.

Тензіометр дає можливість вимірювати від'ємний тиск в ненасичених ґрунтах і

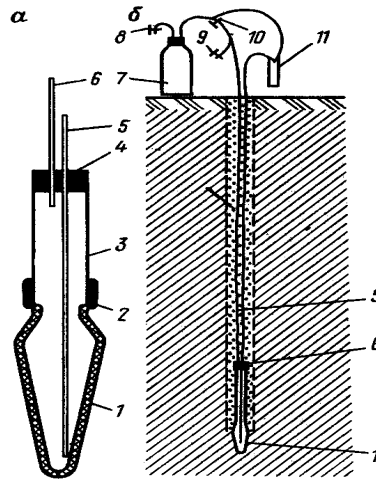


Рис. 4.14. Схема глибокого пробовідбирника:
а- прилад; б- монтажна схема.

- 1- зонд; 2- гумова трубка; 3- патрубок; 4- пробка; 5- водопідйомна трубка;
6- повітряводна трубка; 7- баластна посудина; 8-10- затискувачі;
11- посудина для відбору проб

Тензіометр дає можливість вимірювати від'ємний тиск в ненасичених ґрунтах і

додатний гідростатичний тиск в насичених ґрунтах.

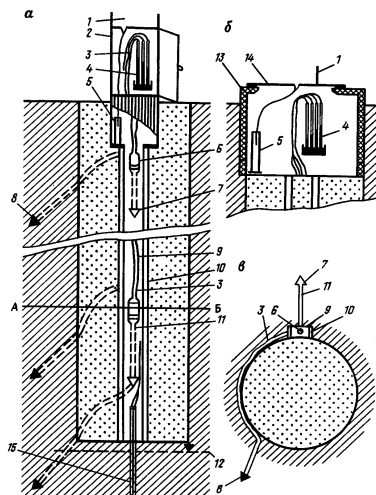


Рис. 4.15. Схема обладнання глибоких тензіометрів в шурфі:

а- поздовжній розріз шурфу; б- оголовок із бетонного кільця; в- поперечний розріз по лінії А-Б.

- 1- опадомір; 2- короб металевий; 3- повітряводні трубки; 4- ртутний манометр; 5- мірна посудина; 6- повітряуловлювач глибокого тензіометра; 7- зонд глибокого тензіометра; 8- зонд пробовідбирника; 9- отвір; 10- кріплення з дощок; 11- водовідна трубка; 12- рівень ґрунтових вод; 13- бетонне кільце; 14- кришка; 15- рівнемір

Величина тиску для прісної води відповідає висоті всмоктування в ненасичених ґрунтах і висоті тиску в насичених та квазінасичених ґрунтах. При відомій вертикальній координаті z , використовуючи залежності: для насичених ґрунтів - $H_n = h_d + z$ (де H_n - гідродинамічний напір; $h_d = p_d / \gamma$ - додатна висота гідростатичного тиску або простіше висота тиску; p_d - гідростатичний тиск; γ - питома вага ґрунту; z - висота положення точки спостережень), для ненасичених ґрунтів - $H_{nn} = -h_v + z$ (де H_{nn} - гідродинамічний напір; $h_v = p_v / \gamma$ - від'ємна висота тиску в ненасичених ґрунтах або висота всмоктування; p_v - всмоктуючий тиск), можна розраховувати величину гідродинамічного напору, при цьому за площину порівнювання приймають поверхню землі, тоді координата z буде від'ємною.

В умовах вертикального одномірного вологоперенесення розподіл напорів по розрізу зони аерації в момент часу, коли виконувались відліки по тензіометрах, можна представити графічно у вигляді *миттєвої епюри напорів* (див. рис. 4.16.).

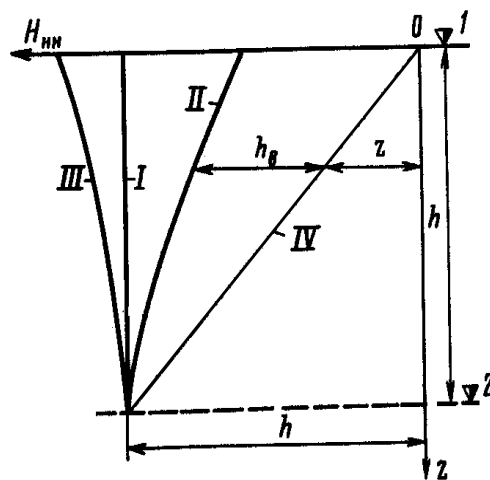


Рис. 4.16. Епюри напорів для визначення напрямку руху води в зоні аерації:

- 1- поверхня землі ($z = 0$); 2- поверхня ґрунтових вод ($h_v = 0$).
- I- рівноважний стан (рух відсутній); II- низхідний рух води; III- висхідний рух води; IV- лінія, що вказує на зміну гравітаційної складової H .

За нахилом такої епюри можна робити висновок про напрямок руху води в зоні аерації. Якщо межею епюри є вертикальна лінія (напір постійний), то це вказує на рівноважний стан води в ґрунті, тобто рух води відсутній (лінія I на рис. 4.16.). Відхилення межі епюри вліво від вертикальної лінії (кут нахилу більше 90°) вказує на висхідний рух води, а відхилення вправо (кут нахилу менше 90°) - на низхідний рух. Лінія IV, яка проведена під кутом 45° , дозволяє в будь-якому перерізі по глибині зони аерації розділити величину напору на дві складові - висоту всмоктування h_v та висоту положення z .

Миттєва епюра напорів може бути побудована і для більш складних випадків, коли в зоні аерації формується область квазінасиченого стану ґрунтів. Також можна скласти *хронологічні графіки зміни напорів*, за якими досліджують зміну напору в часі. Кожна крива такого хронологічного графіка будується за даними, які були отримані по конкретним тензіометрам, що були встановлені на дослідній ділянці в перерізі з координатою z . За таким графіком визначають зміну висоти всмоктування в часі в кожному перерізі, напрямок руху води (по співвідношенню напорів в суміжних перерізах), динаміку вологоперенесення в

цілому, середнє значення коефіцієнтів вологоперенесення, витрату потоку вологи, вологість ґрунтів та запас вологи ґрунтів зони аерації.

4.8. Визначення напрямку і швидкості руху підземних вод

В процесі гідрогеологічних досліджень для вирішення багатьох завдань (виявлення умов формування і руйнування родовищ корисних копалин, міграції хімічних і біологічних компонентів, прогнозу зміни якості підземних вод та т. ін.), часто виникає необхідність визначення напрямку і швидкості руху підземних вод.

Напрямок руху підземних вод співпадає з уклоном поверхні їх рівня. Він ні є постійним і змінюється в залежності від умов живлення і дренування водоносного горизонту. Наприклад, в долинах більшості рівнинних річок під час межени річка дренує підземні води, в наслідок чого їх рух спрямовано в бік її русла. Коли настає повінь річка живить водоносні горизонти і потік підземних вод змінює свій напрямок.

Основним методом визначення напрямку руху потоку підземних вод є використання карт гідроізогіпс або гідроізоп'єз. Перпендикуляр проведений до ізоліній рівнів води по схилу потоку й покаже напрямок руху.

При відсутності карт для встановлення відмітки рівня підземних вод закладають 3 свердловини, які розташовують у вигляді рівнобічного трикутника, відстань між вершинами якого від 50 до 100 м (в залежності від рельєфу і розмірів дослідної ділянки). За встановленими позначками рівня шляхом інтерполяції складають план ізоліній, за яким визначають напрямок руху потоку підземних вод (див.рис.4.17.).

В тому випадку, якщо відсутні карти і достовірні данні про рівні підземних вод, використовують геофізичні, індикаторні і радіоіндикаторні методи.

Геофізичні методи визначення напрямку руху підземних вод - це фотографування у свердловинах конусів розповсюдження барвника від точкового джерела, метод зарядженого тіла, колові виміри природного потенціалу, виміри інтенсивності конвективного переносу тепла у різних напрямках від теплового датчика і т.ін.

Найперспективнішим і найбільш точним є односвердловинний метод фотографування конусів виносу від точкового джерела барвника, при якому періодично фотографують конуси барвника, що розповсюджуються від спеціальної капсули. Фотографування виконують на фоні стрілки магнітного або гіроскопічного покажчика. За один спуск виконують до 50 фотографій, а для отримання надійних результатів достатньо 4-5 знімків. Напрямок руху підземних вод визначають за напрямком конуса виносу барвника.

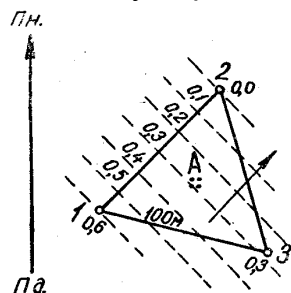


Рис.4.17. Схема розташування свердловин (1-2-3) для визначення напрямку руху підземних вод:

А - свердловини, пробурені для визначення швидкості руху потоку.

Цей метод простий у виконанні, не потребує великих витрат і узгодження з органами Санепідназору. Однак він може використовуватись при швидкостях фільтрації не нижче 0,5 м/добу і не застосовується у породах з нерівномірною і нечастою тріщинуватістю. За часом існування конуса виносу барвника орієнтовно визначають і швидкість фільтрації.

Індикаторні методи дозволяють визначати не тільки напрямок, а й дійсну швидкість руху підземних вод.

Дійсна швидкість руху підземних вод являє собою швидкість руху води в порах і тріщинах порід. Визначення її необхідно для оцінки можливості виникнення суфозійних явищ, встановлення шляхів фільтрації в закарстованих і сильно тріщинуватих породах та для інших цілей. Дійсна швидкість руху підземних вод v_d більше швидкості фільтрації v за рахунок того, що при розрахунках v витрату відносять до всієї фільтруючої площі, а не до її проникної частини (порам і тріщинам).

Дійсна швидкість руху підземних вод v_d і швидкість фільтрацій v пов'язані між собою наступною залежністю:

$$v_d = v / n_a, \quad (4.14.)$$

де n_a - *активна в фільтраційному відношенні пористість* породи, яка дорівнює різниці між повною пористістю n_0 та об'ємним вмістом зв'язної води n_c і затисненого повітря n_z , тобто $n_a = n_0 - n_c - n_z$.

Визначення дійсної швидкості руху підземних вод в польових умовах зводиться до запуску тих або інших індикаторів в пускову свердловину (або шурф) та їх виявлення в спостережу вальній виробці. Час проходження індикатора між двома точками t та відстань між ними L й надають можливість визначити дійсну швидкість руху підземних вод:

$$v_d = L / t, \quad (4.15.)$$

Спостережу вальні свердловини або шурфи розміщують в напрямку руху потоку. Якщо ж напрямок руху невідомий, то спостережу вальних виробок намічають декілька і розташовують їх в різних напрямках, але на однаковій відстані від центральної виробки (див.рис.4.18.).

Відстань між центральною і спостережу вальними виробками обирають в залежності від фільтраційних властивостей водоносних порід (від 0,5 до 50 м) - чим більша водопроникність порід, тим більша відстань, і навпаки: для суглинків і супісків 0,5 - 2,0 м, пісків 2,0 - 8,0 м, гравійно-галечникових відкладів і сильно тріщинуватих порід 5,0 - 15 м, закарстованих порід 15 - 50 м і більше. Кількість спостережу вальних виробок може змінюватись від 1 до 3 при відстані між ними 0,5 - 2,0 м.

Поява індикатора в спостережу вальних виробках встановлюється хімічним, електролітичним і колориметричним способами (перші два найбільш надійні та точні).

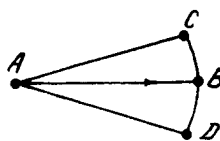


Рис.4.18. Схема розташування свердловин при визначенні дійсної швидкості руху підземних вод:
A-центральна (дослідна) свердловина;B,C,D - спостережу вальні свердловини

Хімічний спосіб полягає у визначенні концентрації розчину солі в спостережу вальній виробці за допомогою хімічного аналізу. Цей спосіб застосовують при неглибокому заляганні водоносного горизонту з прісними водами. Найчастіше в якості індикатора використовують хлористий натрій - кухонну сіль, застосовується також хлористий кальцій та хлористий амоній. При відстані між центральною і спостережу вальними виробками до 3 м використовують 3 - 5 кг NH_4Cl , від 3 до 5 м - 5-10 кг CaCl_2 , більш 5 м - 10-15 кг NaCl . Для запуску індикатора використовують порожнистий циліндр, закритий знизу пробкою, що утримується тросом.

Електролітичний спосіб відрізняється від хімічного лише способом визначення наявності і концентрацією солі в спостережу вальній свердловині. Найчастіше використовують NH_4Cl . Фіксація руху електроліта між свердловинами та поява його в спостережу вальній свердловині проводиться за допомогою спеціального електровимірювального обладнання. В спостережу вальні свердловини на дротах опускають електрод - мідний чи латунний стрижень, ізолюваний від обсадних труб. Дроти включені до електричного ланцюга, в склад якого входить джерело струму (3-5 елементів по 4-4,5 В), міліамперметр, вимірник опору (реостат), обсадні труби або фільтр свердловини (див.рис.4.19.). При доторканні електрода до води ланцюг замикається і виконується вимір її опору. Для спостереження за рухом електроліту, який переміщується разом з потоком підземних вод, центральну і спостережу вальну свердловину також з'єднують електричним ланцюгом.

Про момент появи в спостережу вальній свердловині розчину солі судять по збільшенню електропровідності води (сила току при цьому максимальна, а опір підземних вод мінімальний).

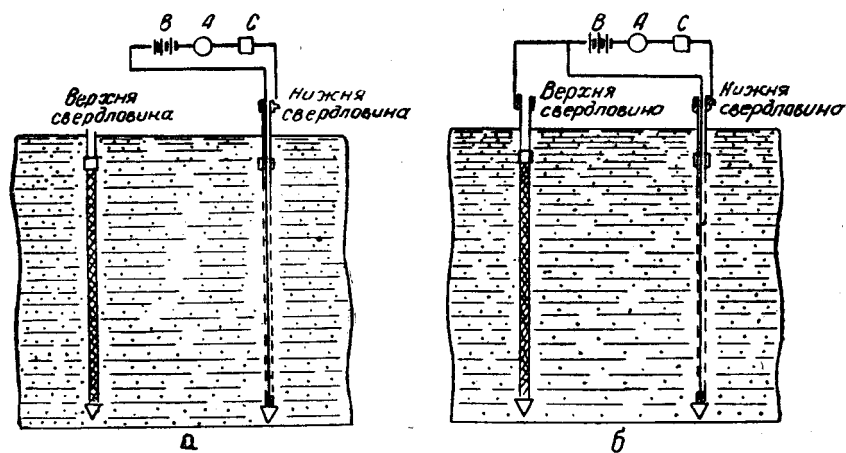


Рис.4.19. Схеми дослідних установок для вимірювання електропровідності порід у свердловинах:

А - міліамперметр; В - джерело струму (батареї); С - реостат.

Колориметричний спосіб полягає у визначенні часу проходження розчину барвника між пусковою та спостережу вальною свердловинами. В ролі індикаторів використовуються такі забарвлюючі речовини: для лужних вод - флюоресцеїн, флюорантон, еозин, еритрозин, червоне конго та ін.; для кислих вод - метиленова синька, анілінова голуба, конго червоне 2К, понсо червоне та ін. Забарвлюючу речовину вводять у воду пускової свердловини у вигляді розчину. Наявність і концентрація забарвлюючої речовини у спостережу вальних свердловинах встановлюється шляхом відбору з неї проб води та їх аналізу за

допомогою флюороскопа. Флюороскоп - це набір з 10 скляних трубок з розчином-стандартом, концентрація якого змінюється від 0 до 5%. Проби води порівнюють з розчинами-стандартами тієї ж самої забарвлюючої речовини різної концентрації. Часом проходження розчину вважають час від моменту запуску барвника в пускову свердловину до моменту найбільш інтенсивного забарвлення проб води зі спостережу вальної свердловини.

Радіоіндикаторні методи дозволяють визначити напрямок і дійсну швидкість руху підземних вод, використовуючи як односвердловинний спосіб, так і спосіб зі спостережу вальними свердловинами. Радіоіндикаторні методи із використанням спостережу вальних свердловин аналогічні за методикою розглянутим вище індикаторним методам. В спостережу вальній свердловині фіксується поява індикатора (сполуки, що вміщують ^{131}I , ^{82}Br , ^{51}Cr , ^{60}Co , ^3H , ^{86}Rb , ^{35}S , ^{24}Na та ін.) і час його пересування від пускової до контрольної свердловини використовують для визначення дійсної швидкості фільтрації. Контроль за пересуванням ізотопів проводиться шляхом заміру інтенсивності випромінювання і визначення їх концентрацій. Сутність односвердловинного радіоіндикаторного метода полягає у проведенні спостережень за зміною в часі концентрації введеного у свердловину радіоіндикатора за допомогою спеціального свердловинного зонда, що дозволяє визначити витрату, дійсну швидкість та напрямок руху потоку підземних вод.

Можливість використання радіоіндикаторів низьких концентрацій, їх порівняно невелика сорбційна здібність і висока точність визначень обумовлюють великі перспективи використання радіоіндикаторних методів для вирішення різноманітних гідрогеологічних завдань.

5. ВИВЧЕННЯ РЕЖИМУ І БАЛАНСУ ПІДЗЕМНИХ ВОД

- 5.1. Мета та завдання вивчення режиму і балансу підземних вод.
- 5.2. Методика проведення спостережень за режимом підземних вод.
- 5.3. Методи вивчення балансу підземних вод.

5.1. Мета та завдання вивчення режиму і балансу підземних вод

Режим підземних вод характеризується зміною їх кількості і якості в просторі та часі, а саме: рівня, витрати, швидкості, температури, в'язкості, хімічного, газового та бактеріального складу. Метою вивчення режиму підземних вод є встановлення об'єктивних законів розвитку явищ, що спливають в процесі формування підземних вод, їх пояснення і використання для обґрунтування різного роду гідрогеологічних прогнозів.

В залежності від характеру визначаючих його явищ і факторів, режим підземних вод може бути: *природним* - формується під дією комплексу природних факторів (кліматичних, гідрогеологічних, геологічних, гідрологічних, космогенних і т. ін.); *порушеним* - обумовлен інженерною діяльністю людини (меліорація, гідротехнічне будівництво, дія дренажних споруд і т.ін.) та *слабо порушеним* - формується під дією як природних (їх вплив при цьому переважає), так і штучних факторів.

Дослідження режиму підземних вод поділяють на: *регіональні*, що виявляють загальні регіональні закономірності формування режиму під дією природних факторів та *локальні*, які спрямовані на вивчення особливостей режиму, що формується під дією місцевих природних факторів та інженерної діяльності людини.

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

- 1) виявлення умов формування підземних вод (оцінка живлення, розвантаження та впливу окремих режимоутворюючих факторів і процесів, визначення елементів водного балансу);
- 2) вивчення закономірностей змін в часі природного живлення підземних вод;
- 3) встановлення закономірностей формування водного, сольового і теплового балансів підземних вод та використання їх для прогнозів режиму підземних вод;
- 4) регіонального вивчення природного режиму підземних вод в якості фону для аналізу і прогнозу порушеного режиму підземних вод на локальних ділянках;
- 5) оцінки фільтраційних властивостей і граничних умов водоносних горизонтів;

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

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

- 1) при розвідке родовищ підземних вод, оцінке їх запасів, складанні прогнозів їх режиму при експлуатації і обґрунтуванні заходів по раціональному використанню і охороні підземних вод від виснаження і забруднення;
- 2) при обґрунтуванні зрошувальних, обводнювальних і осушувальних меліорацій і методів керування режимом підземних вод в районах їх проведення;

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

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

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

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

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

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

Режим і баланс підземних вод тісно пов'язані між собою, тому що вони характеризують єдиний процес формування підземних вод. Водний баланс передумовлює напрямок і характер режиму підземних вод, тому вивчення його елементів і виявлення основних ведучих показників надає підґрунтя для наукового пізнання і управління режимом підземних вод. В свою чергу, аналіз режиму підземних вод дозволяє виконувати кількісне визначення окремих елементів водного балансу (інфільтрації, випаровування, підземного стоку) і дає можливість виконувати більш обґрунтовані воднобалансові розрахунки.

5.2. Методика проведення спостережень за режимом підземних вод

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

Вивчення *регіональних закономірностей режиму підземних вод* здійснюється на базі державної опорної мережі гідрогеологічних спостережу вальних пунктів спеціальними комплексними гідрогеологічними і інженерно-геологічними партіями. *Локальні закономірності режиму підземних вод* (на масивах зрошення і осушення, на діючих водозаборах, в районах експлуатації родовищ мінеральних вод, нафти і газу, твердих корисних копалин і т.ін.) вивчаються на відомчій мережі за рахунок коштів відомств та організацій.

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

Розміщення опорної спостережу вальної мережі здійснюється на підґрунті районування досліджуваної території за умовами формування режиму підземних вод з використанням великомасштабної гідрогеологічної карти і урахуванням ступеню вивченості кожного з районів.

В межах кожного виділеного гідрогеологічного району розміщується спостережу вальна мережа у вигляді *створів*, орієнтованих від вододілів до дрен таким чином, щоб охопити спостереженнями всі характерні для цього району комплекси водовміщуючих порід і геоморфологічні елементи (ділянки схилів, терас і заплав, міжрічкові ділянки, площі з різною потужністю зони аерації та т. ін.) (див.рис.5.1.).

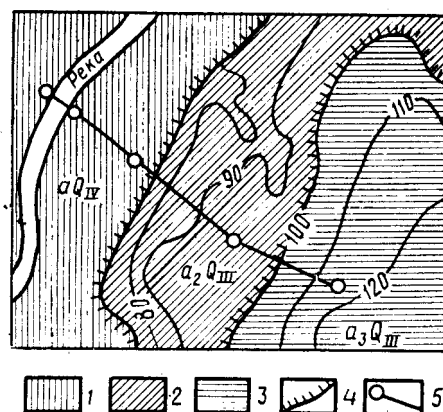


Рис.5.1.Схема розташування спостережу вальних свердловин в гідрогеологічному районі:

1- ділянка з прирічковим типом режиму підземних вод; 2 - ділянка зі схлиловим типом режиму підземних вод; 3 - ділянка з міжрічковим типом режиму підземних вод; 4 - межі терас; 5 - створ спостережу вальних свердловин

Свердловини на створах розміщують у вигляді куців (3 свердловини за потоком в умовах одномірного потоку та 5 свердловин у вигляді конверту - в умовах радіального в плані потоку). Створи свердловин розташовують в напрямку максимальної зміни гідрогеологічних показників (за потоком).

Максимальна відстань між створами в межах однорідного за гідрогеологічними умовами району не повинна перевищувати 100 км, щоб не виявлялась кліматична зональність. В складних за геоморфологічними та літологічними умовами районах мережа спостережу вальних свердловин згущується, вони розташовуються на типових ділянках, нерідко поза створами.

Спостереження за режимом підземних вод мають бути комплексними. До спостережень входять: заміри рівнів води, визначення витрати, фізичних властивостей і температури, вивчення метеорологічних елементів, відбір проб води для хімічного і бактеріологічного аналізу. В середньому спостереження за природним режимом підземних вод проводяться 10 разів на місяць, а в періоди інтенсивного впливу режимоутворюючих факторів (опади, повені і т.ін.) частота спостережень збільшується в 2 - 3 рази.

Частота спостережень за змінами хімічного і бактеріологічного складу та температурою підземних вод менше, ніж частота спостережень за їх рівнем і складає від 2 - 3 разів на місяць до 4 - 6 разів на рік. Для напірних вод частота вимірів елементів режиму в 2 - 3 рази менше, ніж для безнапірних.

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

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

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

На ділянках водозаборів розміщення спостережу вальних свердловин носить переважно площинний характер (див.рис.5.2.);

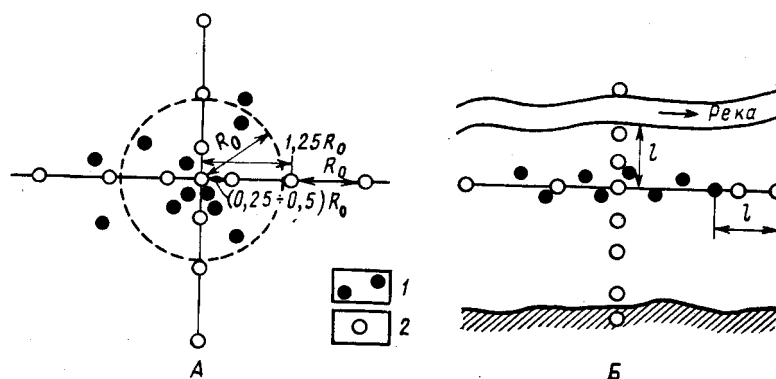


Рис.5.2. Схеми розташування спостережу вальної мережі на діючих водозаборах:

А - на відстані від границь; Б - в долині річки; 1 - експлуатаційні свердловини, 2 - спостережу вальні свердловини, R_0 - радіус "великого" колодязя

в районах промислових об'єктів може бути площинним або приуроченим до головного профілю, орієнтованому за потоком підземних вод, з боковими поперечниками на окремих ділянках, де знаходяться інтенсивні джерела забруднення підземних вод; на територіях населених пунктів (міст) спостережу вальні свердловини розташовуються на декількох регіональних профілях орієнтованих за напрямком і вхрест потоку - ці профілі проходять через все місто та його передмістя, з бічними короткими поперечниками, повздовжніми профілями або площинними системами на ділянках головних порушень і джерел забруднення; в районах зрошення або осушення спостережу вальні свердловини розташовуються у вигляді створів (у випадку одномірного потоку) або "конверту" (у випадку двомірного потоку); в районах розробки родовищ твердих корисних копалин спостережу вальна мережа обладнується у вигляді двох перетинаючихся створів, промені яких орієнтовані від центру

розробляємого рудного тіла (ділянки) до найближчих границь водоносних пластів (горизонтів), що обводнюють родовище.

Частота спостережень за елементами порушеного режиму підземних вод має забезпечити виявлення основних закономірностей їх зміни з урахуванням характеру отриманих завдань і передбачаємих методів їх вирішення. В тому випадку, коли дані спостережень будуть використовуватись для визначення гідрогеологічних параметрів, виконується безперервний запис зміни рівня і витрат з використанням самописців та витратомірів. Частота спостережень для виявлення загальних закономірностей режиму підземних вод складає 5 -10 разів на місяць і рідше.

Частота вимірів температури і спостереження за режимом хімічного складу підземних вод визначаються цільовим призначенням спостережень (від 5 разів на добу для виявлення добових змін температури до одного разу в квартал для виявлення річних змін; повний хімічний аналіз води виконується 1 раз в 1 - 2 роки).

5.3. Методи вивчення балансу підземних вод

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

В гідрогеологічній практиці водний баланс вивчається 2 групами методів: 1) гідродинамічного аналізу режиму підземних вод (з використанням аналітичних і кінцево-різницевого рішень диференціальних рівнянь) та 2) експериментальними (водно-балансовий і лізиметричний).

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

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

$$\mu \Delta H = \frac{Q_1 - Q_2}{F} \Delta t \pm W + W_{gl} \Delta t, \quad (5.1.)$$

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

Всі елементи водного балансу (Q_1 , Q_2 , W і W_{gl}), що входять в рівняння (5.1.), визначаються за допомогою даних про положення рівня води в

свердловинах за відповідними формулами динаміки підземних вод (аналітичні або кінцево-різницеві рішення).

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

При використанні *водно-балансового методу* всі елементи водного балансу, що входять в балансове рівняння (5.1.) визначаються експериментально за допомогою різноманітних приладів і дослідних установок незалежно один від одного.

Лізиметричний метод (від гр. "lysis"-розчинення + "metreo"-вимірюють) дозволяє визначати елементи водного балансу експериментально за допомогою спеціальних лізиметричних установок різних конструкцій.

Лізиметри з постійним рівнем ґрунтових вод (див.рис.5.3, А) дозволяють шляхом безпосереднього виміру визначати інфільтраційне живлення або сумарне випаровування, яке обумовлене сукупним впливом діючих факторів за розрахунковий відрізок часу. Ці величини відповідно визначаються за об'ємами води, що відбирається (зливається) або додається для підтримання в лізиметрі завданого постійного рівня води.

Лізиметри зі змінним в часі рівнем ґрунтових вод (див.рис.5.3,Б), що автоматично підтримується на висоті природного рівня, дозволяють визначати величини різності між притоком і відтоком ґрунтових вод в горизонтальному напрямку.

Комбінована установка обох типів лізиметрів і спостережу вальної свердловини на ґрунтові води, по якій визначають величину зміни рівня води ΔH , надає можливість розраховувати водовіддачу або нестачу насичення порід μ за формулою:

$$\mu = \frac{\Delta t}{\Delta H} \left(\frac{Q_1 - Q_2}{F} + W \right), \quad (5.2.)$$

де всі величини визначаються експериментально.

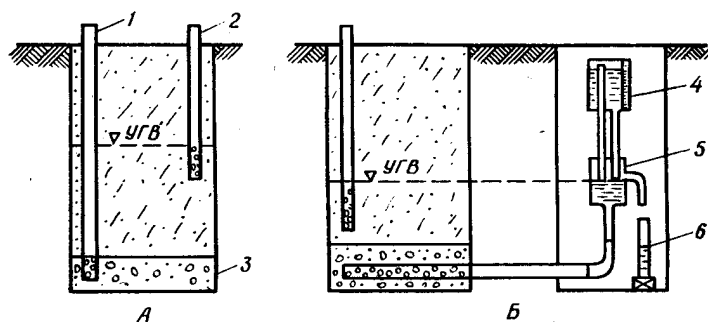


Рис.5.3. Схема будови лізиметрів:

А - лізиметр з постійним рівнем ґрунтових вод; Б - лізиметр з безперервним регулюванням рівня ґрунтових вод;

1- доливна трубка; 2- спостережу вальна трубка; 3- піщано-гравійний фільтр;
4- посудина Маріотта; 5- зливний бак; 6- посудина для вимірів інфільтрації до рівня ґрунтових вод

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Аерометоди 18
- Аерофотознімки, дешифрування 18
- Аерофотозйомка 18
- Аналізи хімічні 21

- Баланс підземних вод 55**
 - - - методи вивчення 58-59
 - - - - гідродинамічного аналізу 58
 - - - - експериментальні 58-59
- Буріння 20,24-28
 - зондувальне 20
 - картувальне 20
 - опорне 20
 - способи 27
 - - колонковий 27
 - - обертальний з прямою промивкою 27
 - - - із зворотною промивкою 27
 - - - з продуквою 27
 - - реактивно-турбінний 27
 - - ударно-канатний 27
 - - комбінований 27
- Випробування водоносних горизонтів**
 - випереджаюче 41
 - Витратограма 43
 - диференційна 43
 - Відкачки 29-34
 - групові 30
 - документація 33-34
 - дослідні 30-33
 - дослідно-експлуатаційні 30
 - кущові 30
 - методика проектування 30-33
 - одиночні 30
 - пробні 30
 - Водопоглинання питоме 35
- Документація кошторисна 16
- Дослідження геофізичні 20 - 21
 - гідрогеологічні види 4,9,18-21
 - - планування 21
 - - принципи проведення 9
 - - - найменших витрат часу 10
 - - - найменших матеріальних і трудових витрат 10
 - - - повноти досліджень 9-10
 - - - послідовних наближень 10
 - - - рівномірності вивчення родовищ 10
 - - - раціонального і комплексного використання природних ресурсів 10
 - - стадії 10-15
 - - - регіональне гідрогеологічне вивчення території України 11-13
 - - - пошук та пошукова оцінка родовищ підземних вод 13-14
 - - - розвідка родовищ підземних вод 14-15
 - гідрофізичні 44-50
 - гідрохімічні 21
 - радіогідрогеологічні 21
- Експрес-методи 40-42**
 - відкачки 41-42
 - наливи 41-42
- Епюри напорів миттєві 49
- Ефективність економічна 16
 - - галузева 16
 - - народногосподарська 16
 - - показники 16
- Завдання геологічні 15-16**
 - - етапи 16
- Збурення характер та ступінь 32-33
- Звіт гідрогеологічний 22-23

- - розділи 22-23
- - частини 22-23
- Зйомки гідрогеологічні 17-23**
- - великомасштабні 18,22
- - детальні 17,22
- - дрібномасштабні 17,18,22
- - завдання 17
- - загальні 18
- - зміст 17
- - комплексні 17
- - періоди проведення 21
- - спеціалізовані 18
- Зона аерації 36**

- Індикатори 52**
- електrolітичні 52
- колориметричні 52
- хімічні 52
- Інфільтрація 36**
- швидкість 36
- Історія розвитку методики гідрогеологічних досліджень 4-8**
- - - - - періоди та етапи 4-8

- Капілярний тиск 36**
- Карти гідрогеологічні 21-22**
- - великомасштабні 22
- - детальні 22
- - дрібномасштабні 22
- - загальні 22
- - кондиційні 22
- - некондиційні 22
- - оглядові 22
- - поєднані 22
- - розчленовані 22
- - середньомасштабні 22
- - спеціальні 22
- Картування гідрогеологічне 21**
- Кущ дослідних свердловин 31-33**

- - - кількість свердловин 31-32
- - - - променів 31
- - - розташування 31
- - - схема 31

Лізиметри 59

Міграція хімічних компонентів 44-45
Мережа спостережу вальна види 55,57-58
- - створи 56,57-58

Нагнітання дослідні в свердловини 34-36
- - - повітря 35-36

Наливи дослідні в свердловини 34-36

- - шурфи 36-40
- за способом Біндемана 40
- - - Болдирева 37
- - - Гіринського 39-40
- - - Каменського 37-38
- - - Нестерова 38-39
- умови проведення 36-37
- Напрямок руху підземних вод 50**
- - - - методи визначення 50-53

Пористість активна 51

Проект 16

Режим підземних вод 54-58

- - - дослідження локальні 54-55
- - - регіональні 54-55
- - - методика спостережень 55-58
- - - порушений 54,57
- - - природний 54-56
- - - слабопорушений 54

Резистивіметрія свердловин 43-44

Рівняння балансу ґрунтових вод 58

Роботи гірничопрохідницькі 20

- дослідно-міграційні 44-50
- дослідно-фільтраційні 29-53

- камеральні 21
- лабораторні 21

Свердловини гідрогеологічні 24-26

- - вимоги 25
- - категорії 24-25
- - конструкція 25
- - - елементи 25
- - - параметри 25-26
- Спостереження геоботанічні 19
- геологічні 19
- геоморфологічні 19
- гідрогеологічні 19
- - при бурінні свердловин 28
- гідрологічні 19
- за режимом підземних вод 20,55-57
- інженерно-геологічні 19-20
- наземні візуальні 19-20
- - - види 19-20
- Стратифікація гідрогеологічна 22

Тензіометри 45-46

- глибинні 45
- ґрунтові 45

Формула Біндемана 40

- Болдирева 37
- Верігіна 41
- Гіринського 40
- Каменського 38
- Нестерова 39
- Самсонова 32

Характеристика гідрофізична основна 48

Хронологічні графіки зміни напорів 49-50

Швидкість руху підземних вод 51

- - - - дійсна 51
- - - - - методи визначення 51-53
- - геофізичні 50-51
- - індикаторні 51-53
- - радіоіндикаторні 53

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Біндеман М.М. 36,37,40
Болдирев А.К. 36,37
Боревський Б.Б. 32
Веригін М.М. 41
Грінський М.К. 36,39
Головкінський М.А. 6
Жуков В.А. 6
Каменський Г.М. 36,37

Ломоносов М.В. 5
Мазарович О.М. 6
Маков К.І. 7
Нікітін С.М. 6
Нестеров М.С. 36,38
Самсонов Б.Г. 32
Силін-Бекчурін О.І. 7
Язвін Л.С. 32

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Вступ

- Гордеев Д.И. Основные этапы истории отечественной гидрогеологии. Тр. лабор. гидрогеол. пробл. им. Ф.П.Саваренского, т. VII. - М., 1954.
- Кириухин В.Л., Коротков Л.И., Павлов Л.Н. Общая гидрогеология. - Л., 1988.
- Климентов П.П., Кононов В.М. Методика гидрогеологических исследований. - М., 1989.
- Нариси з історії геологічних досліджень у Київському університеті / За ред. В.Г. Молявка. - К., 1999.
- Основы гидрогеологии / Под ред. Е.В. Пиннекера. Т. Общая гидрогеология. - Новосибирск, 1980.
- Руденко Ф.А., Попов О.Є. Гідрогеологія. - К., 1975.

1. Основні види, структура, стадійність і принципи проведення гідрогеологічних досліджень

- Бирюков В.И., Куличихин С.Н., Трофимов Н.Н. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. - М., 1979.
- Климентов П.П., Кононов В.М. Методика гидрогеологических исследований. - М., 1989.
- Плотников Н.И. Поиски и разведка пресных подземных вод. - М., 1985.
- Экономика геологоразведочных работ / Под ред. М.И. Агошкова. - М., 1985.

2. Гідрогеологічна зйомка і картування

- Климентов П.П., Кононов В.М. Методика гидрогеологических исследований. - М., 1989.
- Методические рекомендации по проведению гидрогеологической и инженерно-геологической съемки для целей мелиорации применительно к природным условиям различных регионов Украины. - Днепропетровск, 1979.
- Методические рекомендации по организации и проведению групповых гидрогеологических съемочных работ масштаба 1: 200 000. - М., 1981.
- Методическое руководство по гидрогеологической съемке масштабов 1: 1 000 000 - 1: 500 000 и 1: 200 000 - 1: 100 000. - М., 1961.
- Методическое руководство по производству гидрогеологической съемки в масштабах 1: 1 50 000 и 1: 25 000. - М., 1962.
- Методические указания по гидрогеологической съемке на закрытых территориях в масштабах 1: 500 000, 1: 200 000 и 1: 50 000. - М., 1968.
- Методические указания по геологической съемке масштаба 1: 50 000. - Л., 1970.
- Основы гидрогеологии. Методы гидрогеологических исследований / Плотников Н.И., Вартанян Г.С., Бондаренко С.С. и др. - Новосибирск, 1984.
- Положення про стадії геологорозвідувальних робіт на підземні води (гідрогеологічні роботи). - К., 2001.
- Принципы гидрогеологической стратификации // Труды. Вып. 148. - М., 1982.
- Руденко Ф.А., Попов О.Є. Гідрогеологія. - К., 1975.
- Солдак А.Г., Банник Г.І., Пелешенко В.І. Польова гідрогеологія. - К., 1962.
- Справочное руководство гидрогеолога. - Л.; 1979. В 2-х т.

3. Розвідувальні роботи при проведенні гідрогеологічних досліджень

- Башкатов Д.Н., Роговой В.Л. Бурение скважин на воду. - М., 1976.
- Башкатов Д.Н., Тесля А.Г. Гидрогеологические наблюдения при бурении и опробовании скважин на воду. - М., 1970.
- Башкатов Д.Н., Сулакшин С.С., Драхлис С.Л. Справочник по бурению скважин на воду. - М., 1979.
- Геологорозвідувальна справа / К.Л.Ларін, Г.Ф.Виноградов, В.С.Шабатин, І.П.Соколов, С.В.Корнєєнко. - К., 1996.
- Климентов П.П., Кононов В.М. Методика гидрогеологических исследований. - М., 1989.
- Руководство к практическим занятиям по гидрогеологии / Гордеев П.В., Шемелина В.А., Шулякова О.К. - М., 1981.
- Солдак А.Г., Банник Г.І., Пелешенко В.І. Польова гідрогеологія. - К., 1962.
- Солонин Б.Н. Краткий справочник по проектированию и бурению скважин на воду. - М., 1977.
- Справочное руководство гидрогеолога. Т. 2. - Л., 1979.

4. Дослідно-фільтраційні роботи при проведенні гідрогеологічних досліджень

- Боревский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. - М., 1979.
- Гринбаум И.И. Расходомерия гидрогеологических и инженерно- геологических скважин. - М., 1975.
- Дзекунов Н.Е., Жернов И.Е., Файбишенко Б.А. Термодинамические методы изучения водного режима зоны аэрации. - М., 1987.
- Дягилева А.И., Андриевич В.В. Основы геофизических методов разведки. - М., 1987.
- Инженерно-геологические изыскания / Н.Ф.Арипов, Е.С.Карпышев, Л.А.Молоков, В.А.Парфиянович. - М., 1989.
- Керкис Е.Е. Методы изучения фильтрационных свойств горных пород. - М., Л. - 1975.
- Климентов П.П., Кононов В.М. Методика гидрогеологических исследований. - М., 1989.
- Мироненко В.А., Шестаков В.М. Теория и методы интерпретации опытно-фильтрационных работ. - М., 1978.
- Мироненко В.А., Румьнин В.Г. Опытно-миграционные работы в водоносных пластах. - М., 1986.
- Опытно-фильтрационные работы / Под. ред. В.М. Шестакова и Д.Н. Башкатова. - М., 1974.
- Руководство по определению коэффициента фильтрации водоносных пород методом опытной откачки. - М., 1981.
- Солдак А.Г., Банник Г.І., Пелешенко В.І. Польова гідрогеологія. - К., 1962.
- Солдак А.Г. Полевые методы гидрогеологических исследований. - К., 1978.
- Справочное руководство гидрогеолога. Т. 2. - Л., 1979.
- Справочник гидрогеолога / Под ред. М.Е.Альтовского. - М., 1962.
- Чураев Н.В., Ильин Н.И. Радиоиндикаторные методы исследования движения подземных вод. - М., 1973.

5. Вивчення режиму та балансу підземних вод

- Климентов П.П., Кононов В.М. Методика гидрогеологических исследований. - М., 1989.
- Ковалевский В.С. Условия формирования и прогнозы естественного режима подземных вод. - М., 1973.
- Коноплянцев А.А., Семенов С.М. Прогноз и картирование режима грунтовых вод. - М., 1979.
- Лебедев А.В. Методы изучения баланса грунтовых вод. - М., 1976.
- Методические рекомендации по проведению гидрогеологической и инженерно-геологической съемки для целей мелиорации применительно к природным условиям различных регионов Украины. - Днепропетровск, 1979.
- Методические рекомендации по проведению наблюдений за режимом подземных вод по ведомственной сети скважин. - Днепропетровск, 1986.
- Методическое руководство по гидрогеологическим и инженерно-геологическим исследованиям для мелиоративного строительства. Вып. 2. - М., 1972.
- Методическое руководство по изучению режима подземных вод в районах водозаборов. - М., 1968.
- Методические указания по производству наблюдений за режимом температуры подземных вод. - М., 1982.
- Михайлов Л.Е. Гидрогеология. - Л., 1985.
- Основы гидрогеологии. Гидрогеодинамика. - Новосибирск, 1983.
- Принципы размещения сети гидрогеологических наблюдательных пунктов в естественных и нарушенных условиях (методические рекомендации). - М., 1974.
- Солдак А.Г., Банник Г.І., Пелешенко В.І. Польова гідрогеологія. - К., 1962.
- Справочное руководство гидрогеолога. Т.2. - Л., 1979.

ЗМІСТ

Передмова	3
Вступ	4
1. Гідрогеологічні дослідження - вчення про методи і прийоми вивчення гідрогеологічних умов.....	4
2. Історія розвитку і сучасний стан методики гідрогеологічних досліджень.....	4
1. Основні види, структура, стадійність і принципи проведення гідрогеологічних досліджень	9
1.1. Основні види та структура гідрогеологічних досліджень.....	9
1.2. Загальні принципи проведення, стадійність, планування та ефективність гідрогеологічних досліджень.....	9
2. Гідрогеологічна зйомка і картування	17
2.1. Види, завдання та зміст гідрогеологічної зйомки.....	17
2.2. Основні види і методи досліджень, які використовуються при проведенні гідрогеологічної зйомки.....	18
2.3. Порядок планування і проведення гідрогеологічної зйомки.....	21
2.4. Гідрогеологічне картування, принципи складання і зміст гідрогеологічних карт.....	21
2.5. Складання гідрогеологічних звітів.....	22
3. Розвідувальні роботи при проведенні гідрогеологічних досліджень	24
3.1. Завдання і зміст розвідувальних робіт при проведенні гідрогеологічних досліджень.....	24
3.2. Категорії, конструкція і обладнання гідрогеологічних свердловин.....	24
3.3. Способи буріння гідрогеологічних свердловин.....	27
3.4. Гідрогеологічні спостереження при бурінні і випробуванні свердловин.....	28
4. Дослідно-фільтраційні роботи при проведенні гідрогеологічних досліджень	29
4.1. Головні види, мета і завдання дослідно-фільтраційних робіт.....	29
4.2. Види відкачок, їх призначення та методика організації і проведення.....	29
4.3. Дослідні нагнітання і наливи в свердловини.....	34
4.4. Метод наливів в шурфи.....	36
4.5. Експрес-методи проведення дослідно-фільтраційних робіт.....	40

4.6. Спеціальні види дослідно-фільтраційних робіт	42
4.7. Дослідно-міграційні роботи	44
4.8. Визначення напрямку і швидкості руху підземних вод.....	50
5. Вивчення режиму і балансу підземних вод.....	54
5.1. Мета та завдання вивчення режиму і балансу підземних вод.....	54
5.2. Методика проведення спостережень за режимом підземних вод.....	55
5.3. Методи вивчення балансу підземних вод	58
Предметний покажчик.....	60-62
Іменний покажчик.....	63
Список літератури	64-66

Навчальне видання

КОРНЄЄНКО Сергій Віталійович

**Методика гідрогеологічних досліджень
Основні методи і види гідрогеологічних
досліджень**

Навчальний посібник

Посібник надано за авторською редакцією



Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет"
01033, Київ, бульв. Т.Шевченка, 14, кім. 43, тел. (38044) 221 3222; (38044) 224 9972
факс (38044) 234 2290.

Підписано до друку 20.11.01. Формат 60x84/16. Вид. N
Друк офсетний. Наклад 100. Умовн. друк. арк. 4,3.
ЗАМ. N 21-196