КИЇВСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

С.В. КОРНЄЄНКО

МЕТОДИКА ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ННІ «ІНСТИТУТ ГЕОЛОГІЇ»

С.В. КОРНЄЄНКО

МЕТОДИКА ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Підручник

Київ - 2015

УДК 551.49

Рецензенти:
д-р геол. наук, доц. О.Є. Кошляков
канд. тех. наук, доц. О.Л. Шевченко

Рекомендовано до друку вченою радою ННІ «Інститут геології»
(протокол № 2 від 24 вересня 2015 року)

Корнєєнко С.В.

Методика гідрогеологічних досліджень: підручник. /[Електронний ресурс]. – Режим доступу: geol.univ@kiev.ua, 2015 – 275 с.

У підручнику розглянуті основні методи і види гідрогеологічних досліджень, за допомогою яких можна одержувати загальну гідрогеологічну характеристику об’єктів, що досліджуються, та вирішувати спеціальні гідрогеологічні завдання. Розглянуто специфіку гідрогеологічних робіт для вирішення конкретних господарських завдань (з метою водопостачання, меліорації земель, при пошуку та розвідці родовищ мінеральних, термальних і промислових підземних вод, при проведені пошуково-розвідувальних робіт та експлуатації нафтових і газових родовищ, при пошуку, розвідці та розробці родовищ твердих корисних копалин, для різних видів будівництва, з метою охорони та поновлення запасів підземних вод).

Для студентів геологорозвідувальних спеціальностей вищих навчальних закладів.

УДК 551.49

©Корнєєнко С.В., 2015
©Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2015

ПЕРЕДМОВА

«Вода! Ти не маєш ні смаку, ні кольору, ні запаху, тебе неможливо описати, тобою насолоджуються, не знаючи тебе. Неможна сказати, що ти необхідна для життя: ти – саме життя. …Ти наповнюєш нас радістю, яку неможливо пояснити нашими почуттями. З тобою повертаються до нас вже втрачені сили. Завдяки тобі в нас знову оживають бурхливі джерела нашого серця…».

Антуан де Сент-Екзюпері «Планета людей»

Підґрунтям для створення підручника став навчальний матеріал лекцій, який багато років викладається автором на кафедрі гідрогеології та інженерної геології ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка. *За своїм змістом* дисципліна «Методика гідрогеологічних досліджень» умовно поділена на два розділи: *у першому* розглянуто характеристику основних методів і видів гідрогеологічних досліджень (гідрогеологічна зйомка й картографування, розвідувальні роботи, дослідно-фільтраційні роботи, вивчення режиму й балансу підземних вод тощо); *у другому* розглядаються особливості методики проведення гідрогеологічних досліджень для вирішення конкретних господарських завдань (з метою водопостачання, з метою меліорації земель, при пошуку та розвідці родовищ мінеральних, термальних і промислових підземних вод, при проведенні пошуково-розвідувальних робіт та експлуатації нафтових і газових родовищ, при пошуку, розвідці і розробці родовищ твердих корисних копалин, для різних видів будівництва, з метою охорони та поновлення запасів підземних вод). У запропонованому підручнику викладені основні методи і види польових гідрогеологічних досліджень, за допомогою яких одержують загальну гідрогеологічну характеристику

досліджуваних об’єктів та вирішують спеціальні гідрогеологічні питання й завдання.

З кожним роком вагомість підземних вод і гідрогеологічних досліджень зростає. *Прісні та технічні підземні води* широко використовуються з метою водопостачання переважної більшості населених пунктів, промисловості й сільського господарства; *мінеральні води* - з лікувальною метою; *високомінералізовані води* глибоких горизонтів - для видобування рідкісних і розсіяних елементів (наприклад, бору, йоду, літію, радію тощо). *Термальні підземні води* використовуються з бальнеологічною метою та з метою теплофікації житлових будинків, промислових підприємств і сільськогосподарських об’єктів, *перегріті води* - для вироблення електроенергії.

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

Отже, для успішного та ефективного вирішення різноманітних завдань фахівці з гідрогеології *повинні мати ґрунтовні знання* основних методів і прийомів вивчення гідрогеологічних умов, оволодіти науковими основами й 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 господарських завдань.

Автор з вдячністю прийме всі конструктивні зауваження та побажання, які будуть спрямовані на покращення викладання навчальної дисципліни «Методика гідрогеологічних досліджень». Зауваження просимо надсилати за адресою: 03622, Київ-22, вул. Васильківська, 90, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ННІ «Інститут геології», кафедра гідрогеології та інженерної геології.

ВСТУП

Гідрогеологічні дослідження - учення про методи і прийоми вивчення гідрогеологічних умов. Зміст, мета та завдання навчальної дисципліни.

Історія розвитку і сучасний стан методики гідрогеологічних досліджень. Основні етапи розвитку. Дорадянський, радянський і сучасний період. Значення гідрогеологічних досліджень для вирішення завдань економічного розвитку країни.

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 їхніх ресурсів, запасів, режиму, якості та особливостей руху підземних вод з метою вирішення різноманітних практичних 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 і методика проведення досліджень залежать від мети і характеру задач, що вирішуються, складності й ступеня вивченості природних умов, стадії досліджень та інших факторів. Проте, у всіх випадках, комплекс досліджень повинен забезпечувати достовірність гідрогеологічної інформації, яка необхідна для науково обґрунтованого, вірного, швидкого та ефективного вирішення отриманих завдань.

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

2. Історія розвитку й сучасний стан методики гідрогеологічних досліджень

Історія розвитку методів гідрогеологічних досліджень дуже тісно пов’язана з історією розвитку *гідрогеології як науки*, у зв’язку з необхідністю використання підземних вод та боротьби з їх негативним впливом.

За IV–III тисячоліття до н. е. у долинах річок Тигру, Євфрату та Нілу, а також в Індії та Китаї сформувалася давня культура. Із 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 у III–IV сторіччі до н. е. у великих містах стародавньої Греції та у стародавньому Римі були водогони, які використовували підземні води (рис. 1).

Рис. 1. Давньоримський акведук на території сучасної Франції, що знаходиться неподалік від Ремулена-Пон-Дю-Гар
[**Акведук** (від лат. «*aquaeductus*»- водогін) - споруда для подачі води до населених пунктів або зрошувальних полів з більш високого місця]

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

Відомості про практичне використання підземних вод були зафіксовані у численних руських літописах XI–XIV сторіч. Вже у XI–XII сторіччях були розроблені оригінальні методи «*верчения*», тобто буріння артезіанських свердловин глибиною до 100 м і більше, в основному для видобування розсолів і випарювання із них солей.

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

Історію розвитку методів гідрогеологічних досліджень, як й історію будь-якої вітчизняної науки, можна поділити на 3 періоди:

- *дорадянський;*
- *радянський;*
- *сучасний.*

Ці три періоди, за виключенням сучасного періоду, в свою чергу, можна поділити на етапи.

Дорадянський період (межа XVII–XVIII сторіч та до 1917 року) поділяється на 2 етапи:

1 етап (межа XVII–XVIII сторіч та до 80-тих років XIX сторіччя).

У XVII сторіччі з'явився рукописний трактат, який мав назву «Как зачать верчение на ровном месте».

У 1810 році Вільною геологічною спілкою було видано статтю «О способах бурения на воду».

У 1820-35 рр. у Криму, на Прикарпатті (м. Трускавець) та інших місцях було організоване глибоке буріння, яке можна вважати початком розвідки артезіанських вод.

У 1831-1837 роках бурились свердловини на воду з метою водопостачання Одеси, Сімферополя, Керчі, Харкова, Євпаторії та інших міст.

У 1832 році в Одесі була створена «Акціонерна спілка заснування артезіанських фонтанів».

У 1852 році в працях Вільної економічної спілки з'явились статті «Способ, чтобы вода стремилась кверху

без насосов у каждом колодезе», «О снабжении местности водою» тощо.

У 1872 році у Києві з'явився перший централізований водогін.

Величезний внесок у розвиток гідрогеологічних досліджень було зроблено К.М. Феофілактовим (рис. 2), якого по праву можна вважати засновником гідрогеологічних досліджень в Україні. Він першим вказав на можливість водопостачання Києва артезіанськими водами, одним із перших проводив інженерно-геологічні дослідження околиць Києва, зокрема вивчав зсуви правого берега Дніпра та визначив шляхи боротьби з цим донині небезпечним явищем. Своїми геологічними розвідками він передбачив існування Дніпровсько-Донецького прогину, що нині є основним нафтогазовим джерелом України.

Рис. 2. Костянтин Матвійович Феофілактов (1818- 1901) геолог, доктор природничих наук, декан фізико-математичного факультету (1877-1880, 1884-1887), ректор (1880-1881) Університету Святого Володимира

У цілому, до 80-тих років XIX сторіччя було отримано матеріали про площинне розповсюдження не тільки ґрунтових, але й артезіанських вод, розроблено методику

буріння свердловин на артезіанські води, розпочалося визначення якості води, її хімізму й «*хвороботворних*» властивостей.

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

2 етап (з 80-тих років XIX сторіччя до 1917 року).

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

У 1886 році вперше у світі була введена штатна посада «*головного гідрогеолога» Таврической земської управи*, на яку було призначено М.О. Головкинського (рис.3). Під його керівництвом виконувалось буріння артезіанських свердловин у Криму та у Причорномор'ї.

Рис. 3. Микола Олексійович Головкінський (1834 - 1897) першій у світі штатний гідрогеолог

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

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

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

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

1 етап (з 1917 до 1929 року).

З 1923 року гідрогеологічні дослідження починають виконувати Управління водного господарства, які були створені при Народних комісаріатах із землеробства радянських республік. Підземні води Української РСР також вивчала Південна обласна меліоративна організація (м. Одеса).

У 1926 році видається методичний посібник О. М. Мазаровича (рис. 4) «Методика гидрогеологических исследований», де було узагальнено увесь дорадянський досвід.

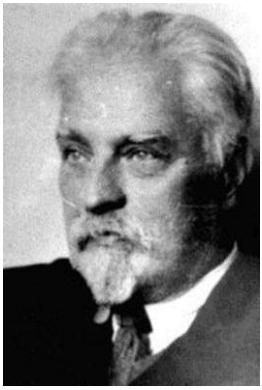

Рис. 4. Олександр Миколайович Мазарович (1886—1950) учений-геолог, геоморфолог та гідрогеолог

Наприкінці 20-х - на початку 30-х років XX сторіччя у деяких вузах СРСР створюється система підготовки

фахівців з гідрогеології. Першою була Московська гірнича 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).

У 1931 році Головним геологорозвідувальним управлінням СРСР було видано збірник «Опробование месторождений полезных ископаемых», друга частина якого вміщувала методичні інструкції із проведення гідрогеологічних досліджень.

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

У 1937 році вийшов перший підручник з методики гідрогеологічних досліджень О.І. Силіна-Бекчуріна «Курс специальной гидрогеологии для техникумов» (рис. 5).

Рис. 5. Олексій Іванович Силін-Бекчурін (1900—1971) гідрогеолог, професор кафедри гідрогеології МДУ

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

3 етап (з 1941 до 1945 року).

У 1944 році при АН СРСР була створена Лабораторія гідрогеологічних проблем, яка до 1961 року була головним методичним центром теоретичної гідрогеології.

У 1944 році в складі геологічного факультету Київського університету імені Тараса Шевченка була створена кафедра гідрогеології та інженерної геології, яку очолив видатний учений проф. К.І. Маков, широко відомий своїми науковими працями у галузі регіональної гідрогеології України (рис. 6). Він створив перший кваліфікований склад кафедри, до якого увійшли А.Є. Бабінець, пізніше Ф.А Руденко, Г.І. Банник, О.Є. Попов та інші. На жаль, плідна діяльність К.І. Макова трагічно обірвалася у 1948 році внаслідок автокатастрофи.

Рис. 6. Костянтин Іванович Маков (1911—1948)

4 етап (з 1946 до 1991 року).

У 1962 році вийшов навчальний посібник А.Г. Солдака, Г.І. Банника, В.І. Пелешенка «Польова гідрогеологія» [55].

У 1978 році було видано перше видання класичного підручника з методики гідрогеологічних досліджень П.П. Климентова, В.М. Кононова «Методика гидрогеологических исследований» (друге видання відбулося у 1989 році) [18].

У 1984 році вийшла класична академічна монографія «Основы гидрогеологии. Методы гидрогеологических исследований» (автори – М.І. Плотников, Г.С. Вартанян, С.С. Бондаренко та інші) [46].

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, для проведення меліоративних робіт в Україні, у Російській Федерації, Казахстані, республіках Закавказзя й Середньої Азії. Проводяться гідрогеологічні дослідження родовищ мінеральних і термальних вод, а також родовищ твердих корисних копалин. Виконуються роботи з метою вивчення глибоких горизонтів підземних вод артезіанських басейнів.

Видається велика кількість монографій, методичних робіт та наукових праць, деякими з яких користуються до теперішнього часу.

Науковці та фахівці кафедри гідрогеології та інженерної геології геологічного факультету (тепер ННІ «Інститут геології») Київського університету імені Тараса Шевченка завжди брали найактивнішу участь у вирішенні багатьох господарських завдань, пов'язаних із використанням

підземних вод та забезпеченням будівництва різноманітних інженерних споруд.

У 1949 році кафедру гідрогеології та інженерної геології Київського університету імені Тараса Шевченка очолив доц. А.Є. Бабінець (рис. 7).

Рис. 7. Андрій Євтихійович Бабінєць (1911—1982)

Наукова діяльність кафедри під його керівництвом була присвячена питанням гідрогеологічних умов районів новобудов півдня України, характеристиці підземних вод території зрошувальних земель, явищам просідання у зв'язку із надмірним зволоженням лесових ґрунтів правобережних терас Середнього Дніпра тощо.

У другій половині 50-х років XX сторіччя значна частина досліджень кафедри була пов'язана з Державною геологічною і гідрогеологічною зйомками масштабу 1:200000, яка проводилася Міністерством геології СРСР. Під керівництвом нового завідувача кафедри гідрогеології та інженерної геології Київського університету імені Тараса Шевченка проф. Ф.А. Руденка (рис. 8) була створена зйомочна гідрогеологічна експедиція, яка працювала спочатку у Центральному Казахстані, а згодом і у Бурятії. Безпосередню участь у польових роботах брали

викладачі кафедри – А.Г. Солдак, В.І. Пелешенко, Г.І. Банник, а також студенти кафедри, які проходили виробничу практику.

Рис. 8. Федір Андрійович Руденко (1912—1986)

Науковцями та фахівцями кафедри виконувались регіональні дослідження умов формування підземних вод Українського щита і гідрогеологічних умов поховання промислових відходів у глибокі горизонти. Багато уваги було приділено мінеральним та термальним водам України, їхнім лікувальним властивостям, а також охороні підземних вод від виснаження та забруднення. Вивчалися питання які стосувалися гідрогеології родовищ корисних копалин та прогнозів змін гідрогеологічних умов навколишніх територій тощо.

Зусиллями проф. І.Є. Жернова (рис. 9) (який у 1976 році очолив кафедру гідрогеології та інженерної геології Київського університету імені Тараса Шевченка) у 1963 році на кафедрі була створена лабораторія меліоративної гідрогеології (у подальшому – екологічної гідрогеології, яка проіснувала як самостійна і дійова структура до 1994 року).

Розробки лабораторії мали, як суто практичне, так і науково-методичне значення. Найважливішими проблемами, які розв'язували науковці лабораторії, були:

а) вивчення гідрогеологічних умов режиму підземних вод у районах меліорації та зміни цих умов під впливом зрошення або осушення;

Рис. 9. Ігор Євгенович Жернов (1914—1994)

б) удосконалення методів гідрогеологічних спостережень і досліджень у різних напрямах меліорації;

в) застосування математичних методів обробки гідрогеологічної інформації;

г) розробка досконалих методів і відповідної апаратури для дослідження складу і гідрофізичних властивостей гірських порід, їхніх гідрогеологічних, гідрохімічних і гідрофізичних параметрів;

д) розробка методів вивчення водного, сольового та теплового режиму й балансу в природних умовах і в умовах зрошення та осушення;

е) розробка методів гідрогеологічних прогнозів у природних умовах, при осушенні та зрошенні земель і при

використанні дренажних систем на підґрунті застосування математичного моделювання.

Науковцями і фахівцями кафедри виконувались роботи з вирішення проблем будівництва і проектування Південно-Української та Північно-Кримської зрошувальної систем, будівництва Каховської ГЕС, забезпечення населення, промисловості та сільського господарства водою. Виконувалися гідрогеологічні та інженерно-геологічні прогнози із застосуванням математичного моделювання геофільтрації й міграції; екологічна оцінка складних природних систем, розробка досконалих методів і відповідної апаратури для досліджень складу і гідрофізичних властивостей порід, їхніх гідрогеологічних, гідрофізичних, гідрохімічних параметрів.

У 1978 році кафедру гідрогеології та інженерної геології Київського університету імені Тараса Шевченка очолив доц. А.Г. Солдак (рис. 10).

Рис. 10. Анатолій Георгійович Солдак (1926—1993)

Наукова діяльність та дослідні роботи науковців і фахівців кафедри під його керівництвом були присвячені

проблемам і напрямкам меліоративної гідрогеології оскільки, це був період найбільшого піднесення меліоративного будівництва в Україні. Досліджувались процеси соленакопичення у ґрунтах зони аерації, умови формування сольового режиму, сольовий склад ґрунтів районів зрошення у степовій зоні України, баланс підземних вод і особливості процесу їхнього дренування, гідрогеохімічні умови та формування закономірностей складу ґрунтових вод на масивах зрошення.

Було запропоновано методику комплексних гідрогеолого-меліоративних досліджень перспективних для зрошення районів, здійснено якісний прогноз зміни гідрогеолого-меліоративних умов при зрошенні земель тощо. Викладачі кафедри були у складі експедицій, брали участь у геологічних та гідрогеологічних зйомках, у тому числі і за кордоном (Камбоджа, Сирія, Афганістан).

Сучасний період (з 1991 року і до теперішнього часу).

У 1988 році кафедру гідрогеології та інженерної геології Київського університету імені Тараса Шевченка очолив проф. М.І. Дробноход (рис.11).

Рис. 11. Микола Іванович Дробноход (1940—2013)

Виконані під керівництвом завідувача кафедри проф. М.І. Дробнохода дослідження відіграли провідну роль у створенні еколого-гідрогеологічних моделей багатьох районів України, у регіональній оцінці природних ресурсів підземних вод, в обґрунтуванні водопостачання багатьох великих міст, серед яких Київ, Полтава, Чернігів, Харків тощо.

Були розроблені оригінальні методи польових і лабораторних досліджень соле- та вологопереносу в ґрунтах рослинного шару та гірських породах, а також процесів міграції в умовах порушення термодинамічної та фізико-хімічної рівноваги під впливом техногенних факторів. Ці методики було випробувано у різних районах України, в тому числі в зоні радіоактивного забруднення від Чорнобильської АЕС.

Із 2001 року кафедру гідрогеології та інженерної геології Київського університету імені Тараса Шевченка очолює док. геол. наук, доц. О.Є.Кошляков (рис.12).

Рис. 12. Олексій Євгенович Кошляков (1957 р.н.)

Наукова діяльність кафедри під керівництвом доц. О.Є. Кошлякова пов’язана з гідрогеологічним моделюванням,

вивченням екологічних проблем підземної гідросфери, охороною навколишнього середовища та раціональним використанням природних ресурсів при розробці родовищ різноманітних корисних копалин, гідрогеологічним та інженерно-геологічним прогнозуванням із застосуванням математичного моделювання та геоінформаційних технологій, екологічною оцінкою складних природно-техногенних систем, екологічною експертизою проектів будівництва інженерних споруд, оцінкою експлуатаційних запасів родовищ підземних вод тощо.

У 2001 році було видано навчальний посібник С.В. Корнєєнка «Методика гідрогеологічних досліджень. Основні методи і види гідрогеологічних досліджень» [23].

У 2003 році вийшов підручник О.Є. Кошлякова «Гідрогеологічне моделювання» [25].

У 2004 році було видано навчальний посібник (у 2011 році перевидано доповнений варіант) О.Л. Шевченка (рис. 13) «Методи досліджень мінеральних підземних вод» [61].

Рис. 13. Олексій Леонідович Шевченко (1962 р.н.)

У 2005 році вийшов підручник Б.М. Мандрика, Д.Ф. Чомка (рис. 14), Ф.В. Чомка «Гідрогеологія» [27].

Рис. 14. Дмитро Федорович Чомко (1975 р.н.)

Науковці та фахівці кафедри брали участь у розробці системи водопостачання м. Луганськ, у розробці та обґрунтуванні природоохоронних заходів на територіях Маріїнського палацу і Києво-Печерської Лаври в м. Києві та дендропарку «Софіївка» в м. Умані, у створенні бази даних геолого-геофізичної інформації для території Київської агломерації, прогнозуванні забруднення питних вод Криворізького водозабору в результаті скиду шахтних вод, оцінці еколого-гідрогеологічних умов м. Києва, у дослідженнях властивостей ґрунтів при будівництві та реконструкції автомобільної траси Одеса-Київ, у проведенні детального комплексного обстеження корозійного стану об’єктів газотранспортної системи ДК «Укртрансгаз» тощо.

За роки незалежності в Україні було видано ряд нових важливих державних стандартів, норм і методичних розробок.

У 1993 році було прийнято ДСТУ 878-93 «Води мінеральні питні. Технічні умови» [12].

У 1996 році було прийнято галузевий стандарт МОЗ

України ДСТУ 42.10-02-96 «Води мінеральні лікувальні. Технічні вимоги» [13].

У 1997 році була затверджена «Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр».

У 1998 році вийшла Постанова Кабінету міністрів України «Про правовий режим зон санітарної охорони водних об’єктів».

У 1999 році вийшли «Збірники укрупнених кошторисних норм на геологорозвідувальні роботи (ЗУКН)», у тому числі, розділ 4. «Гідрогеологічні роботи».

У 2000 році було затверджено «Інструкцію із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод».

У 2001 році були прийняти нові «Положення про стадії геологорозвідувальних робіт на підземні води (гідрогеологічні роботи)» [50].

У 2014 році були прийняти нові ДБН А. 2.2-1-2014 «Інженерні вишукування для будівництва», де також було розглянуто склад і завдання інженерно-гідрогеологічних вишукувань для будівництва [9].

У 2010 році були прийняти Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПін 2.2.4-171-10) [11].

На сучасному етапі гідрогеологія із наукового напряму, що вивчає природні процеси, перетворюється у напрям, що керує такими процесами і спрямовує їх на користь суспільства, що в свою чергу, потребує розвитку та вдосконалення методики гідрогеологічних досліджень.

В останні роки розвиток методики гідрогеологічних досліджень відбувається у напрямку подальшої розробки наукових основ пошуку та розвідки родовищ підземних вод; прогнозування зміни гідрогеологічних умов; оцінки

експлуатаційних запасів і прогнозних регіональних ресурсів; обґрунтування методів відновлення, охорони та раціонального використання підземних вод; розробки нових, удосконалення існуючих і широкого впровадження сучасних методів досліджень: космічних, математичних, гідрогеологічного моделювання, ядерно-фізичних, ізотопних, геофізичних, гідрологічних, гідрохімічних, мікробіологічних тощо.

РОЗДІЛ І. Основні методи і види сучасних гідрогеологічних досліджень.

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

Основні види та структура гідрогеологічних досліджень.

Загальні принципи проведення, стадійність та планування гідрогеологічних досліджень. Принцип повноти досліджень, послідовних наближень, рівномірності вивчення родовищ, найменших матеріальних і трудових витрат, найменших витрат часу, раціонального й комплексного використання природних ресурсів. Єдина система планування гідрогеологічних досліджень. Стадії (підстадії) геологорозвідувальних робіт. Регіональне гідрогеологічне вивчення території України, пошук та пошукова оцінка родовищ підземних вод, розвідка родовищ підземних вод. Геологічні завдання, поетапні плани та проектно-кошторисна документація.

1.1. Основні види та структура гідрогеологічних досліджень

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

Основними видами гідрогеологічних досліджень є:

1) збирання, узагальнення та аналіз матеріалів попередніх досліджень;

2) рекогносцирувальні гідрогеологічні дослідження;
3) гідрогеологічні зйомки та картографування;
4) бурові та гірничі роботи;
5) польові дослідно-фільтраційні роботи;
6) моделювання фільтрації підземних вод;
7) лабораторні роботи;
8) спостереження за режимом підземних вод.

З метою забезпечення більш успішного й ефективного вирішення отриманих завдань та підвищення геологічної й економічної ефективності гідрогеологічних досліджень у комплексі з основними видами досліджень також можуть застосовуватись різні види геофізичних досліджень, топогеодезичні роботи, балансово-гідрометричні й гідрологічні роботи, а також спеціальні методи досліджень (наприклад, індикаторні, гідрогеохімічні, ізотопні, ядерно-фізичні, геоботанічні тощо).

Методичні рекомендації із застосування різних видів досліджень, їхньої структури, об'ємам, методиці та послідовності проведення надаються у різноманітних інструкціях, посібниках, довідниках та методичних вказівках, стосовно рішень конкретних господарських завдань.

1.2. Загальні принципи проведення, стадійність та планування гідрогеологічних досліджень

Загальні принципи проведення гідрогеологічних досліджень визначаються основними завданнями пошуково-розвідувальних робіт, вимогами, що до них висуваються та об'єктивними закономірностями процесу пізнання. У відповідності з цими принципами будь-яке родовище підземних вод має бути вивчено якомога повніше і всебічніше, послідовно, більш менш рівномірно,

за мінімально можливих витрат 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 у цілому, а не лише його окремих ділянок, бодай й найперспективніших.

Цей принцип є одним із найважливіших, що обумовлено специфічними властивостями підземних вод (наприклад, висока динамічність, гідравлічна єдність, реагування на зміни зовнішнього середовища тощо), і вимагає необхідність вивчення всієї області фільтрації в її природних або штучних межах. З метою підвищення загальної ефективності пошуково-розвідувальних робіт та їхньої 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 термін усі необхідні та достовірні відомості про родовище практично неможливо.

Цей принцип знаходить своє відображення у стадійності проведення геологорозвідувальних робіт;

3) принцип рівномірності вивчення родовищ - він випливає з необхідності більш або менш рівномірного вивчення родовища, що розвідують, без чого неможливо отримати правильної уяви про його особливості, умови експлуатації, характер області фільтрації, умови живлення та інші фактори, що обумовлюють геологопромислову 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 й умов живлення підземних вод або іншими аномальними проявами та менш детальне вивчення простих його ділянок, що у сукупності забезпечує однакову достовірність вивчення родовища у цілому;

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

5) принцип найменших витрат часу - він звичайно розглядається разом з попереднім принципом, тому що спільне їхнє 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 обґрунтоване використання водних ресурсів у господарстві з найбільшим економічним ефектом і користю, а також економічно виправдане застосування всіх їхніх корисних властивостей для задоволення різноманітних потреб водокористувачів.

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

Стадія (підстадія) геологорозвідувальних робіт - це частина геологорозвідувального процесу, що визначається притаманними їй об'єктами геологічного вивчення, метою

та методами геологорозвідувальних робіт, вимогами до їхніх кінцевих результатів.

Геологорозвідувальні роботи на підземні води проводяться за такими стадіями:

Стадія I. *Регіональне гідрогеологічне вивчення території України.*

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

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

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

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

Підстадія II-1. Пошукові роботи.

Підстадія II-2. Пошуково-оцінювальні роботи.

Стадія III. *Розвідка родовищ підземних вод.*

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

Межі між стадіями (підстадіями) геологорозвідувальних робіт на підземні води визначаються вимогами до їхніх 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 їхнього комплексу для конкретних геологічних, гідрогеологічних, еколого-геологічних, географічних, гідрологічних та 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, що є супутніми корисними копалинами, виконується із дотриманням стадійності розвідки родовища основної корисної копалини.

Стадія I. **Регіональне гідрогеологічне вивчення території України.**

Підстадія I-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 (наприклад, прогнозних ресурсів підземних вод, спеціалізованого гідрогеологічного районування, гідрогеохімічних та еколого-гідрогеологічних карт, гідрогеодинамічних карт різного змісту тощо), а також для виконання інших гідрогеологічних та еколого-гідрогеологічних робіт.

До складу робіт на цієї підстадії входять: аналіз, збирання, узагальнення та інтерпретація геологічних, геофізичних та гідрогеологічних матеріалів середнього й великого масштабів, виконання обмеженого обсягу спеціалізованих досліджень (наприклад, геофізичних, гідрогеохімічних тощо), збір фактичних матеріалів про стан і використання підземних вод з проведенням окремих

польових досліджень гідрогеологічного спрямування, інші роботи та дослідження, що необхідні для виконання отриманого геологічного завдання, у тому числі аерокосмічні.

За даними регіональних гідрогеологічних і геофізичних (гідрогеологічного спрямування) робіт складаються зведені карти щодо території України або окремих її регіонів та поаркушні карти масштабу 1:1 000000 - 1:500000.

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.

Головним призначенням робіт на цієї підстадії є з'ясування (уточнення) основних закономірностей формування й поширення різних типів підземних вод, їхнього екологічного стану, регіональна оцінка їхніх прогнозних ресурсів, напрямів існуючого й можливого використання підземних вод.

За підсумками робіт цієї підстадії здійснюється загальне гідрогеологічне районування території із 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 гідрогеологічні роботи масштабу 1:200000 проводяться із застосуванням обмеженого обсягу геофізичних, гідрогеохімічних, дистанційних аерокосмічних досліджень, бурових, дослідно-фільтраційних робіт та спостережень за режимом підземних вод, інших робіт та досліджень, що необхідні для визначення основних

закономірностей формування та поширення різних типів підземних вод, регіональної оцінки їхнього екологічного стану. У межах достатньо вивчених у гідрогеологічному плані територій регіональні гідрогеологічні дослідження належить проводити камеральним шляхом у поєднанні з ревізійними польовими роботами. На цієї стадії слід широко застосовувати комплексну переінтерпретацію наявних геолого-геофізичних і гідрогеологічних матеріалів, дешифрування матеріалів космофотозйомки та аерофотозйомки, статистичну обробку даних гідрогеологічних і гідрологічних режимних спостережень.

Регіональні гідрогеологічні та геофізичні (гідрогеологічного спрямування) роботи масштабу 1:200000 належить проводити груповим методом одночасно для декількох суміжних номенклатурних аркушів, які охоплюють площу однієї гідрогеологічної структури.

Основним результатом гідрогеологічної зйомки масштабу 1:200000 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 їхнього використання з визначенням перспективних площ і водоносних горизонтів (комплексів), що рекомендуються для проведення подальших геологорозвідувальних робіт, та оцінкою прогнозних ресурсів підземних вод.

Підстадія І-3. Спеціалізовані гідрогеологічні та геофізичні (гідрогеологічного спрямування) роботи масштабу 1:50000 (1:25000).

Спеціалізовані гідрогеологічні та геофізичні (гідрогеологічного спрямування) роботи масштабу 1:50000

(1:25000) проводяться на площах з особливо складними гідрогеологічними та еколого-гідрогеологічними умовами *з метою* спеціалізованого гідрогеологічного картографування відповідного масштабу або вирішення спеціальних гідрогеологічних питань.

Роботи цієї підстадії здійснюються самостійно або у 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 їхніх прогнозних ресурсів та, в окремих випадках, попередньо розвіданих експлуатаційних запасів категорії C_2.

Спеціалізовані гідрогеологічні роботи масштабу 1:50000 (1:25000) проводяться із застосуванням геофізичних, гідрогеохімічних, дистанційних аерокосмічних досліджень, бурових і дослідно-фільтраційних робіт, спостережень за режимом підземних вод та інших спеціальних методів гідрогеологічного вивчення, що є необхідними для виконання отриманих геологічних завдань.

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

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

Якщо цільовим призначенням робіт цієї підстадії є загальне великомасштабне гідрогеологічне картографування 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 C_2.

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 їхнього поширення та ділянок надр, перспективних для проведення подальших пошуково-оцінювальних та розвідувальних робіт з підрахунком попередньо розвіданих експлуатаційних запасів підземних вод категорії C_2 та оцінкою прогнозних ресурсів Р.

На цієї підстадії геологорозвідувальних робіт проводиться вивчення площ поширення і умов залягання водоносних горизонтів (комплексів) переважно шляхом збору, узагальнення та камеральної обробки матеріалів, які були 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, визначених геологічним завданням.

Під час проведення пошукових робіт застосовуються дистанційні методи досліджень, у тому числі аерокосмічні, а також використовуються матеріали багаторічних режимних спостережень за підземними й 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 й в її межах виділяються площі та ділянки надр, що є перспективними для проведення подальших пошуково-оцінювальних робіт, а у достатньо вивчених районах - розвідувальних робіт. Оцінка експлуатаційних запасів підземних вод на виділених площах та ділянках здійснюється переважно за категорією C_2.

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

У районах, що 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 C_1 та C_2 й 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 із поверхневими. Обсяги та площа пошуково-оцінювальних робіт визначаються ступенем раніше досягнутої геолого-гідрогеологічної вивченості території та потребою замовника у підземних водах відповідного типу.

На діючих водозаборах, що розташовані у 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 їхньої експлуатації.

На діючих водозаборах, які можуть гідравлічне взаємодіяти з підземними водами ділянок надр, що вивчаються, на підстадії пошуково-оцінювальних робіт організовуються 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, що є перспективними для проведення подальших геологорозвідувальних робіт, з оцінкою експлуатаційних запасів підземних вод за категоріями C_1 та C_2, 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.

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 та були визнані першочерговими для промислового освоєння.

Об'єктами розвідувальних робіт можуть бути родовища (ділянки), доцільність розвідки яких була обґрунтована позитивними результатами пошукових та пошуково-оцінювальних робіт, а також родовища (ділянки), що розробляються, й такі, що були розвідані раніше, але із різних причин не були залучені до промислового використання.

Розвідувальні роботи можуть проводитись неодноразово на об'єктах, що були розвідані раніше, відповідно до обґрунтованої потреби у 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 розвідують, здійснюється за

матеріалами техніко-економічного обґрунтування доцільності їхньої розробки на підґрунті 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 спостережних свердловин, дослідно-фільтраційні та хіміко-аналітичні дослідження. Крім того, до загального комплексу геологорозвідувальних робіт включають наземні геофізичні дослідження, геофізичні дослідження у свердловинах, спостереження за режимом підземних і поверхневих вод (у тому числі й 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 вже експлуатуються, переважно здійснюється шляхом проведення режимних спостережень в експлуатаційних та спеціально обладнаних спостережних свердловинах. Методика розвідувальних робіт з метою залучення до експлуатації нових ділянок надр і водоносних горизонтів (комплексів), що ще не розробляються, приймається аналогічно до розвідки нового родовища (ділянки) підземних вод.

Додаткові розвідувальні роботи, що виконуються згідно із 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*.

У геологічному завданні міститься: цільове призначення робіт, межі об’єкту та вимоги до результатів його вивчення, геолого-гідрогеологічні завдання, послідовність і методи їхнього вирішення, очікувані

результати, строки виконання, форма звітності та інші умови та показники виконання робіт, що проектуються.

З метою раціонального послідовного виконання гідрогеологічних досліджень та посилення оперативного контролю за їхнім проведенням і результатами, складають *поетапні плани проведення робіт*.

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

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

Проект складається єдиним на кожний об’єкт, на термін, що забезпечує повне виконання геологічного завдання з урахуванням передбаченої у ньому черговості виконання робіт. Проект є обґрунтуванням для визначення кошторисної вартості робіт з використанням одиничних кошторисних розцінок, які розраховуються на підставі «Збірників укрупнених кошторисних норм на геологорозвідувальні роботи (ЗУКН)». Види та об’єми робіт, що передбачаються проектом, послідовність й методика їхнього проведення визначаються із урахуванням геолого-гідрогеологічних особливостей об’єкту, ступеня його вивченості, характеру та специфіки завдань, що вирішуються, інформативності й ефективності досліджень, що проектуються, в умовах об’єкта, що вивчається, та забезпечення виконання всіх вимог основних принципів геологорозвідувального процесу.

На виконання гідрогеологічних досліджень для вирішення різноманітних господарських завдань витрачаються значні кошти, тому питанням економії матеріальних ресурсів, їхньої раціональної витрати та підвищенню ефективності досліджень приділяється величезна увага.

ГЛАВА 2. ГІДРОГЕОЛОГІЧНА ЗЙОМКА ТА КАРТОГРАФУВАННЯ

Види, завдання та зміст гідрогеологічної зйомки. Дрібномасштабні, середньомасштабні та великомасштабні гідрогеологічні зйомки.

Основні види й методи досліджень, що використовують при проведенні гідрогеологічної зйомки. Аерометоди та дешифрування аеро- і космофотознимків. Наземні маршрутні спостереження (геоморфологічні, геологічні, гідрогеологічні, гідрологічні, геоботанічні та інженерно-геологічні). Буріння та гірничопрохідницькі роботи. Картографувальне та зондувальне буріння. Дослідно-фільтраційні роботи. Спостереження за режимом підземних вод. Геофізичні, гідрохімічні й радіогідрогеологічні дослідження. Лабораторні та камеральні роботи.

Порядок планування й проведення гідрогеологічної зйомки. Підготовчий, польовий та камеральний період.

Гідрогеологічне картографування, принципи складання й зміст гідрогеологічних карт.

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 й картографування підземних вод, їхніх природних колекторів і басейнів, а також порід зони аерації.

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

1) водоносність різноманітних геологічних утворень та структур;

2) розповсюдження й умови залягання підземних вод;

3) умови живлення, руху і розвантаження підземних вод;

4) витриманість за площею та у розрізі водомістких і водотривких порід;

5) якість, кількість й умови використання різноманітних типів підземних вод;

6) основні природні та штучні фактори, які визначають гідрогеологічні особливості території, що досліджується;

7) умови охорони підземних вод;

8) перспективи проведення подальших робіт.

Гідрогеологічну зйомку проводять або на готовій геологічній основі, або одночасно із геологічною зйомкою, що більш ефективно та доцільно - у 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 та призначення.

За масштабом (або детальністю) гідрогеологічні зйомки поділяються на:

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

За цільовим призначенням виділяють:

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

Дрібномасштабні гідрогеологічні зйомки проводяться у невивчених і слабо вивчених великих регіонах для встановлення їхніх загальних гідрогеологічних особливостей. Їхня мета - загальна оцінка водоносності порід і якості підземних вод верхньої частини розрізу до

глибини 100 м, з'ясування основних особливостей їхнього живлення, руху і розвантаження.

Середньомасштабні гідрогеологічні зйомки також виконуються з метою оцінки загальних гідрогеологічних умов, але коло питань, що підлягають вивченню, суттєво розширюється – це пошук підземних вод з різною метою, перспективність окремих ділянок, роль різних факторів у формуванні підземних вод та їхня участь у геологічних процесах, водоносність порід, якість та режим підземних вод. Глибина картографування звичайно не перевищує 100-200 м. У цьому інтервалі найбільш детально вивчають основний у 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 картографування, 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 тощо. Картографування, 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 їхню кількісну характеристику.

Загальні гідрогеологічні зйомки (дрібномасштабні та середньомасштабні) проводяться з метою комплексного

гідрогеологічного вивчення і картографування території для виявлення умов формування, розповсюдження і залягання різноманітних типів підземних вод, попередньої оцінки їхнього режиму, ресурсів і перспектив використання.

Спеціалізовані гідрогеологічні зйомки (великомасштабні і рідко середньомасштабні) проводяться з метою гідрогеологічного обґрунтування проектування різноманітних інженерних споруд (наприклад, водозаборів, меліоративних систем, гірничовидобувних підприємств, гідротехнічних споруд тощо).

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

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

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

1) збирання, систематизація та аналіз матеріалів раніше виконаних досліджень;

2) аерометоди та дешифрування аеро- й космофотознімків;

3) наземні візуальні спостереження (гідрогеологічні, геологічні, геоботанічні, геоморфологічні тощо);

4) буріння і гірничопрохідницькі роботи;

5) дослідно-фільтраційні роботи;

6) спостереження за режимом підземних вод;

7) геофізичні, гідрохімічні та радіогідрогеологічні дослідження;

8) лабораторні й камеральні роботи.

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

Виділяють такі *основні види* аерометодів та дешифрування*:* аеро- й космофотозйомка, аеровізуальні спостереження та дешифрування аеро- й космофотознімків.

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

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

Геоморфологічні спостереження виконуються з метою вивчення розповсюдження й особливостей різноманітних форм рельєфу та їхніх зв'язків з підземними водами; отримання додаткового матеріалу для картографування 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 та залягання порід для встановлення умов їхньої обводненості; співставлення раніше складеної геологічної основи з наявним 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 й штучні відслонення, розрізи порід, які розкриті гірничими виробками, розчистками тощо.

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

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 та осушувальні канали.

Геоботанічні спостереження виконуються з метою виявлення ділянок із найбільш близьким заляганням рівня

ґрунтових вод від поверхні; прогнозу їхньої 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 тощо. В якості геоботанічних критеріїв гідрогеологічних умов використовують рослинні сполучення - *гідроіндикатори*, які поділяють на прямі та опосередковані. *Прямі гідроіндикатори* - це рослинні сполучення утворені рослинами, коренева система яких досягає ґрунтових вод або вод капілярної облямівки, що залягають над водоносним горизонтом (наприклад, саксаул, очерети, тугаї тощо). *Опосередковані гідроіндикатори* - це сполучення утворені рослинами, які існують за рахунок використання вологи атмосферних опадів (наприклад, полині, типчак, мохи тощо).

Інженерно-геологічні спостереження проводяться з метою вивчення міцностних, 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 картографування гідрогеологічних умов. Серед свердловин, що бурять у процесі гідрогеологічної зйомки, розрізняють опорні, картографувальні, зондувальні та допоміжні.

Метою *опорного буріння* є з'ясування загального характеру гідрогеологічного розрізу території, що

картографується або окремих її ділянок. Опорні свердловини проходять до прийнятої глибини вивчення гідрогеологічного розрізу.

Картографувальне буріння виконують для дослідження гідрогеологічного розрізу на всю картографуєму в даному масштабі глибину. За допомогою картографувальних свердловин у сполученні з іншими методами зйомки просліджують водоносні та водотривкі товщі, з'ясовують їхні взаємозв'язки, зміну літології й фільтраційних властивостей порід, рівнів (напорів) та якості підземних вод з детальністю, що відповідає масштабу зйомки.

Зондувальне буріння виконується з метою деталізації та простежування змін за площею окремих елементів гідрогеологічних умов, з'ясування будови і складу порід зони аерації, глибини залягання та якості підземних вод. Цим визначається і глибина зондувальних свердловин, яка звичайно є невеликою.

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

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

Дослідно-фільтраційні роботи проводять з метою оцінки водозбагаченості й фільтраційних властивостей водоносних горизонтів. У результаті проведення цих робіт мають бути отримані порівнювальні фільтраційні характеристики всіх водоносних товщ та їхніх фаціально-літологічних різновидів у 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 із колодязів, шурфів і свердловин, наливи і нагнітання у свердловини, експрес-методи та випереджаюче випробування водоносних горизонтів.

Спостереження за режимом підземних вод дозволяє отримати загальну уяву про режим і баланс підземних вод основних водоносних горизонтів розповсюджених на площі зйомки у межах глибини картографування; 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. У складі гідрогеологічної зйомки стаціонарні спостереження нетривалі, як правило, у межах одного - двох річних циклів.

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

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

Гідрохімічні дослідження проводять з метою виявлення гідрогеохімічних особливостей підземних вод, оцінки їхньої якості, виділення меж родовищ мінеральних і промислових вод, а також з метою оцінки перспективності площ, що картографуються, на рудні й

нерудні корисні копалини (наприклад, нафту, газ, сіль, мідь, золото, ртуть тощо).

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

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

Камеральні роботи є кінцевим етапом гідрогеологічної зйомки, метою якого є обробка матеріалів всіх проведених досліджень. У 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 3 періоди: підготовчий, польовий і камеральний.

Підготовчий період включає вивчення фондових і друкованих матеріалів по району досліджень, наукову і

організаційно-господарську підготовку та проектування робіт.

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

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

2.4. Гідрогеологічне картографування, принципи складання і зміст гідрогеологічних карт

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

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

Основою легенди гідрогеологічної карти є ***гідрогеологічна стратифікація,*** яка полягає у розчленуванні геологічного розрізу на товщі гірських порід або окремі їхні зони, що розрізняються за характером і ступенем водоносності. Найбільш широке розповсюдження отримав *літолого-стратиграфічний метод* розчленування розрізу, у відповідності з яким у товщі пухких і слабозцементованих осадових і метаморфічних порід прийнято виділяти водоносні й водотривкі горизонти, комплекси, серії та поверхи, що

дозволяє розчленувати геологічний розріз із різним ступенем детальності у відповідності з накопиченими практичними матеріалами і можливостями гідрогеологічної зйомки того або іншого масштабу.

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

Гідрогеологічні карти поділяють:

1) ***за масштабом*** - на *оглядові* (1:1000000 і дрібніше), *дрібномасштабні* (1:10000000 - 1:500000), *середньомасштабні* (1:200000 - 1:100000), *великомасштабні* (1:50000 - 1:25000) та *детальні* (1:25000 і крупніше);

2) ***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, підошви прісних і солоних вод; модулі підземного стоку; опорні пункти (наприклад, свердловини, колодязі, джерела тощо); напрямок руху вод тощо і *спеціальні*, які складають для конкретних практичних цілей (наприклад, водопостачання, меліорації, осушення родовищ твердих корисних копалин тощо) і на яких зображують окремі елементи або ознаки гідрогеологічних умов;

3) ***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;

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

5. Складання гідрогеологічних звітів

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

Остаточний звіт із гідрогеологічної зйомки складається з 3 частин:

Частина 1. Текстова: вступ, фізико-географічні умови району робіт, геолого-гідрогеологічна вивченість, геологічна будова, геоморфологія, гідрогеологічні умови, спеціальні питання (оцінка гідрогеологічних умов відповідно до отриманого 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 гідрофізичних властивостей гірських порід, каталоги свердловин, колодязів, джерел та інших водопунктів, опис шліфів, фауни і флори.

ГЛАВА 3. РОЗВІДУВАЛЬНІ РОБОТИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Завдання й зміст розвідувальних робіт при проведенні гідрогеологічних досліджень. Головні завдання розвідувальних робіт.

Категорії, конструкція й обладнання гідрогеологічних свердловин. Пошукові, розвідувальні, розвідувально-експлуатаційні, спостережні та експлуатаційні свердловини. Головні елементи й параметри конструкції гідрогеологічних свердловин.

Способи буріння гідрогеологічних свердловин. Обертальний спосіб з прямою промивкою, обертальний спосіб зі зворотною промивкою, обертальний спосіб з продувкою, ударно-канатний, комбінований, реактивно-турбінний та колонковий спосіб.

Гідрогеологічні спостереження при бурінні й випробуванні свердловин.

3.1. Завдання і зміст розвідувальних робіт при проведенні гідрогеологічних досліджень

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

Обсяг і достовірність гідрогеологічної інформації, яку отримують у процесі буріння і випробування свердловин залежить від вірного і обґрунтованого 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, їхніх 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 та від специфіки їхнього наступного використання.

3.2. Категорії, конструкція та обладнання гідрогеологічних свердловин

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

1) пошукові;

2) розвідувальні;

3) розвідувально-експлуатаційні;

4) спостережні;

5) експлуатаційні (наприклад, водозабірні, дренажні, поглинальні, нагнітальні тощо).

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

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

Розвідувально-експлуатаціні свердловини споруджуються у місцях майбутніх водозаборів і призначені для повного вивчення основного водоносного горизонту. Конструкція цих свердловин, включаючи водоприймальну частину, розрахована на обладнання їх водопідйомником (насосом), що забезпечує проектну продуктивність та наступну передачу свердловин до експлуатації.

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

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

У процесі виконання геологорозвідувальних робіт і експлуатації підземних вод може виникнуть необхідність використання пошукових свердловин в якості розвідувальних, пошукових і розвідувальних, в якості спостережних тощо. Можливість такого переводу свердловин з однієї категорії в іншу необхідно передбачати при проектуванні розвідувальних робіт. Це

суттєво підвищує їхню геологічну та 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 тощо;

4) захист водоносних горизонтів від забруднення;

5) можливість проведення ремонтних робіт і вилучення обсадних труб.

Конструкції гідрогеологічних свердловин визначаються їхнім цільовим призначенням, глибиною і способом буріння, початковим і кінцевим діаметрами, характером розрізу, видами ізоляції й випробування, особливостями водоносних горизонтів тощо.

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 (рис. 3.1).

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

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 залежно 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.

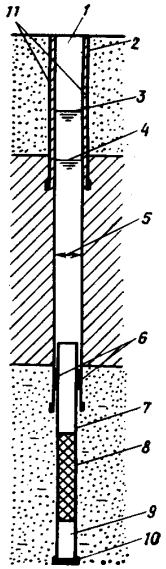

Рис.3.1. Основні елементи конструкції гідрогеологічної свердловини:

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 фільтру; 9 - відстійник; 10 - пробка;11 - цементний стакан

Експлуатаційний діаметр свердловини (діаметр у 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, типа і конструкції фільтру, а також діаметру насосу. Кінцевий діаметр гідрогеологічних свердловин має забезпечити встановлення відповідного фільтру, отримання необхідного дебіту свердловини, умов її довготривалої експлуатації, а також проведення необхідних гідрогеологічних спостережень і досліджень.

Початковий діаметр буріння визначається з урахуванням необхідності спуску проміжних обсадних колон, способу ізоляції водоносних горизонтів і можливості розміщення у свердловині насоса необхідної продуктивності.

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

При обертальному способі буріння обсадні труби встановлюються у свердловину після буріння визначеного інтервалу і вихід колон одного діаметру може бути досить значним (до декількох сотень метрів), що у 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 із необхідністю

закріплення пробуреного інтервалу через кожні 30-40 м (див. рис. 3.2, *Б*).

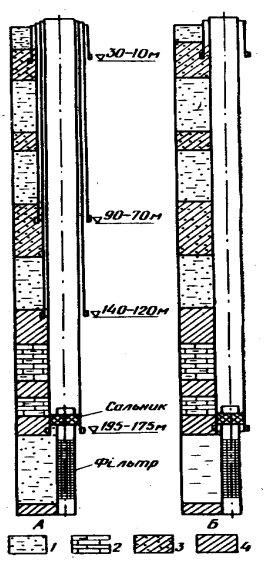

Рис.3.2. Схематичні розрізи свердловин глибиною до 200 м:
А - свердловини, що були пробурені обертальним способом буріння; *Б* – пробурені ударним способом буріння;
1 - пісок водоносний; 2 - вапняк водоносний;
3 - глини піщані; 4 - глини

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 тощо. При виборі необхідно враховувати переваги і недоліки різних способів буріння.

Для спорудження гідрогеологічних свердловин застосовують такі 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 способи буріння використовуються досить рідко і лише для спорудження глибоких свердловин (глибиною більше 200 м).

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

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

Обертальний спосіб із продувкою використовують для буріння свердловин у 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 й 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, у той же час, відрізняється малими швидкостями буріння і великою витратою обсадних труб.

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

3.4. Гідрогеологічні спостереження при бурінні й випробуванні свердловин

Гідрогеологічні спостереження проводяться як при проходці свердловин, так і при їхньому гідрогеологічному випробуванні у процесі буріння.

***Задачами гідрогеологічних спостережень є*:** виявлення водоносних горизонтів, вивчення умов їхнього 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 кожні 1-2 м проходки свердловини;

2) спостерігають за водоносністю порід за зміною об'єму промивної рідини у відстійнику за рейкою, за зміною фізичних властивостей промивної рідини (наприклад, густині, в'язкості, мінералізації, температури тощо), за зміною показників буріння (наприклад, швидкості заглиблення бурового снаряду, кутовій швидкості інструменту і характером його поведінки, тиском і витратою промивної рідини тощо);

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 кожні 0,5-2 м проходки), а при відборі зразків порід з-під клапану желонки - при останньому її піднятті зі свердловини;

2) спостерігають за водоносністю порід за опосередкованими ознаками (наприклад, літологічному складу, чистому відмитому водою інструменту тощо);

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

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

ГЛАВА 4. ДОСЛІДНО-ФІЛЬТРАЦІЙНІ РОБОТИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Головні види, мета й завдання дослідно-фільтраційних робіт.

Види відкачок, їх призначення та методика організації й проведення. Пробні, одиночні дослідні, дослідні кущові, дослідні групові та дослідно-експлуатаційні відкачки. Методика проведення й проектування відкачок. Вибір виду відкачок. Вибір місцеположення й схеми дослідного куща. Характер і ступінь збурення. Конструктивні особливості збурюючих і спостережних свердловин. Документація дослідних відкачок.

Дослідні нагнітання й наливи у свердловини. Наливи й нагнітання у водоносні породи. Наливи й нагнітання у необводненні породи. Нагнітання повітря.

Метод наливів у шурфи. Способи А.К. Болдирева, Г.М. Каменського, М.С. Нестерова, М.К. Гіринського, М.М. Біндемана.

Експрес-методи проведення дослідно-фільтраційних робіт. Випереджаюче випробування водоносних горизонтів. Експрес-відкачки та експрес-наливи.

Спеціальні види дослідно-фільтраційних робіт. Витратометрія та резистивіметрія свердловин.

Дослідно-міграційні роботи. Індикаторні, лізиметрічні та гідрофізичні методи. Польові гідрофізичні дослідження. Тензіометри ґрунтові і глибинні.

Визначення напрямку й швидкості руху підземних вод. Геофізичні, індикаторні і радіоіндикаторні методи. Хімічний, електролітичний і колориметричний способи встановлення появи індикатора у спостережних свердловинах.

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 у свердловини, наливи у 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, порід зони аерації та граничних умов області фільтрації.

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 (наприклад, слаба водозбагаченість і водовіддача порід тощо), при необхідності визначення гідрогеологічних параметрів ненасичених водою порід використовуються наливи і нагнітання у свердловини та дослідні наливи у шурфи.

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

Дослідні наливи у шурфи використовуються з метою вивчення водопроникності необводнених зв’язних і пухких гірських порід зони аерації.

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

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

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

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

Пробні відкачки, найбільш масові, проводяться на всіх стадіях гідрогеологічних досліджень для попередньої оцінки водозбагаченості, якості води та фільтраційних властивостей порід на різних ділянках. Ці відкачки

нетривалі (6-48 годин) і проводяться при одному ступеню зниження.

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

1) визначення основних гідрогеологічних параметрів водоносних горизонтів (дебіту, величини зниження рівня, коефіцієнтів фільтрації, водопровідності, рівне- або п'єзопровідності, водовіддачі, перетікання, приведеного радіуса впливу, сумарного опору руслових відкладів тощо);

2) вивчення граничних умов водоносних горизонтів у плані та у розрізі (взаємозв'язки підземних і поверхневих вод, взаємодія суміжних горизонтів тощо);

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

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

Дослідні відкачки поділяють на ***кущові*** та ***одиночні***. ***Одиночні дослідні відкачки*** виконуються з метою встановлення залежності дебіту (Q) від зниження рівня (s) $Q = f(s)$ і на відміну від пробних відкачок здійснюються при 2-3 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 у 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 водозабірних і дренажних споруд, що проектуються. Різновидом кущових відкачок є ***групові відкачки***, які проводяться одночасно з декількох дослідних свердловин для визначення їхньої взаємодії з метою вивчення умов взаємозв'язку водоносних горизонтів і визначення основних гідрогеологічних параметрів на тих ділянках, де відкачка з одиночної свердловини не може забезпечити необхідної точності розрахунків у зв'язку із незначними величинами зниження рівня.

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

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

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

Методика проектування відкачок залежить від їхнього призначення, стадії гідрогеологічних досліджень та конкретних природних умов родовища підземних вод, що вивчається.

Методика дослідних робіт включає такі основні питання:

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

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

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

4) тривалість відкачки і контроль за її проведенням;

5) обґрунтування конструктивних особливостей дослідних і спостережних свердловин;

6) вибір насосного обладнання.

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

Вибір розташування і схеми дослідного куща необхідно ув'язувати із розташуванням і характером роботи інженерних споруд, що проектуються (наприклад, водозаборів, каналів, дренажів тощо).

Розташування дослідного куща у першу чергу має забезпечити детальне вивчення ділянок інженерних споруд, що проектуються, зони їхнього впливу, по можливості виключаючи або зводячи до мінімуму вплив на умови проведення досліду різних ускладнюючих факторів (наприклад, границь пласта у плані, зон неоднорідності тощо).

Схема дослідного куща є одним із найважливіших елементів відкачки. Вона має забезпечити можливість визначення необхідних гідрогеологічних параметрів, а також достатню точність розрахунків, що виконуються. Вибір схеми дослідного куща полягає в обґрунтуванні кількості збурюючих і спостережних свердловин та їхнього взаємного розташування у плані та розрізі ділянки, що випробовується. У центрі куща розташовується

дослідна (збурююча) свердловина, а у вигляді променів від неї – спостережні свердловини.

Кількість дослідних свердловин визначається необхідною величиною зниження рівня у віддалених спостережних свердловинах, тобто при утворенні потужного збурення у пласті збурюючих свердловин повинно бути 2-3 й розташовуватись вони повинні у вершині променів спостережних свердловин на відстані не більше $0,3r_1$ - у безнапірних водоносних горизонтах та $0,5r_1$ - у напірних водоносних горизонтах (де r_1 - відстань до найближчої спостережної свердловини).

Мінімальна кількість променів у кущі - 1, ***максимальна*** - 4. Кількість та орієнтування променів залежать від складності умов об'єкта, що випробовується, кількості спостережних свердловин і особливостей інженерних споруд, що проектуються. Промені спостережних свердловин необхідно орієнтувати за напрямком виявлених або можливих змін гідрогеологічних умов (наприклад, за напрямками затухаючої або переважаючої тріщинуватості, різкої зміни фільтраційних і ємкісних властивостей порід, проникних і непроникних границь пласта тощо). Двопроменеві схеми дослідних кущів використовують при випробуванні анізотропних пластів (промені - за висями анізотропії) і обмежених пластів (промені - рівнобіжні й дотичні границям). При невеликої кількості спостережних свердловин закладається один промінь.

Кількість спостережних свердловин обирають залежно від ступеня складності природних умов, інтерпретованості дослідних даних, ступеня неоднорідності пластів, глибини залягання горизонтів, що випробовуються, та можливості використання в якості спостережних інших гідрогеологічних свердловин. Для

забезпечення надійного визначення розрахункових гідрогеологічних параметрів, їхнього осереднення і контролю кількість спостережних свердловин у дослідному кущі навіть *у порівняно простих природних умовах* повинна бути не менше 3. *У складних природних умовах* (наприклад, порові ґрунтові, тріщинні ґрунтові й напірні водоносні горизонти, шаруваті товщі в умовах перетікання, неоднорідність фільтраційних властивостей тощо) необхідно мати 4-5 спостережних свердловин, а *у дуже складних природних умовах* (наприклад, тріщино-карстові водоносні горизонти, велика неоднорідність, сполучення декількох факторів аномальності тощо) - від 4 до 10 спостережних свердловин. Положення спостережних 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 спостережну 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 спостережної свердловини r_n можна визначити за напівемпіричною формулою Б.Г. Самсонова:

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

де r_1 - відстань до найближчої спостережної свердловини (звичайно приймається $r_1 = (0{,}7\text{-}1)m$, а при наявності малопотужних пластів $r_1 = (1{,}5\text{-}2)m$; m - потужність пласта), n - порядковий номер спостережної свердловини,

α - емпіричний коефіцієнт, який для безнапірних горизонтів приймається - 1,5, а для напірних - 2,5 (на одному променю розташовують свердловини з парною нумерацією, на другому - з непарною тощо) (рис. 4.1).

Максимальна відстань від центральної свердловини до самої віддаленої спостережної свердловини повинна бути для безнапірних водоносних горизонтів - 150 м, а для напірних горизонтів - 1500 м.

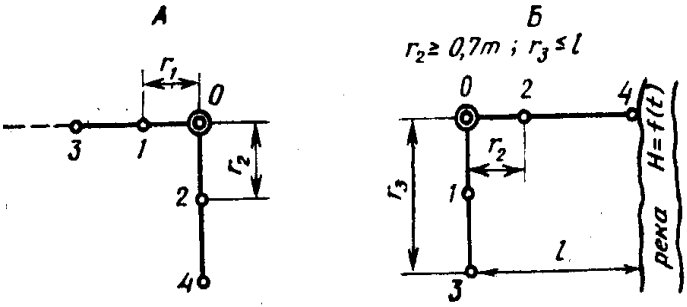

Рис.4.1. Схема дослідного куща:
А- у необмеженому пласті; Б- при зв'язку із річкою:
0 - дослідна свердловина; 1,2,3,4 - спостережні свердловини

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

Рекомендації по дебітах при відкачках, залежно від водопроникності порід були надані Б.Б. Боревським, Б.Г. Самсоновим та Л.С. Язвіним:

1) при випробуванні дочетвертинних пісків, слабих пісковиків і некарстуючихся тріщинуватих порід, водопровідність яких змінюється у межах 50-500 м^2/добу, дебіт має складати 5-25 л/с;

2) при випробуванні четвертинних алювіальних пісків, алювіально-пролювіальних піщано-гравійних відкладів і слабозакарстованих порід при водопровідності 500-1000 $м^2$/добу, дебіт має бути 25-50 л/с;

3) при випробуванні галечників із піщано-гравійним заповнювачем і тріщинно-карстованих масивів із водопровідністю 1000-3000 $м^2$/добу рекомендований дебіт 50-150 л/с.

Тривалість відкачок визначається їхнім призначенням і гідрогеологічними умовами об'єктів, що вивчаються.

При проведенні пробних і одиночних дослідних відкачок їхня тривалість 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 спостережних свердловинах упродовж часу, достатнього для побудови часових, площинних і комбінованих графіків простежування рівня. Орієнтовно, тривалість дослідних кущових відкачок залежно від складу порід і типу водоносного горизонту може бути прийнята така:

1) у зернистих породах із напірними водами тривалість відкачки - 6-11 діб;

2) у зернистих породах з безнапірними водами - 15 діб;

3) у тріщинуватих породах з напірними та безнапірними водами - 15 діб;

4) при визначенні взаємодії підземних вод із рікою - 10-15 діб.

Конструктивні особливості збурюючих і спостережних свердловин по можливості мають виключити вплив різноманітних технічних факторів (наприклад, недосконалість розкриття пласта, зміни призабійної зони,

ємкість і інерційність свердловин тощо) на закономірності зміни рівня, які виявляються у процесі виконання дослідів.

Дослідні свердловини мають бути досконалими за ступенем і характером розкриття водоносних горизонтів, а *найближчі спостережні свердловини* розташовані на відстані, що перевищує потужність водоносного пласта. Якщо відкачки проводяться *із горизонтів невеликої потужності* (до 20 м), то необхідно облаштовувати досконалі дослідні кущі, в яких всі свердловини розкривають горизонт повністю й закріплюються фільтрами зі скважністю 10-20%. *У пластах значної потужності* свердловини куща можуть бути недосконалими, але при цьому поперечні вісі фільтрів дослідних і спостережних свердловин мають знаходитись в однієї площині (рівнобіжній або співпадаючій із осевою площиною водоносного горизонту, що випробовується).

Діаметри фільтрових колон збурюючих свердловин та *глибина свердловин* мають забезпечувати розміщення у них передбачуваного для проведення відкачки водопіднімального обладнання, а *діаметри спостережних свердловин* передбачуваного для вимірів обладнання і можливість проведення пробних відкачок. *Обладнання свердловин дослідного куща* має забезпечувати виміри і регулювання дебіту при відкачці (наприклад, витратоміри, водоміри, лічильники тощо), 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 їхня необхідна камеральна обробка і складається наступна *польова документація*:

1) журнал відкачок (час вимірів, дебіт, положення рівнів у свердловинах тощо);

2) хронологічні графіки залежності дебіту і положення рівня води у центральній та спостережних свердловинах від часу: $Q = f(t)$, $S_0 = f(t)$ та $S_H = f(t)$ (рис. 4.2.);

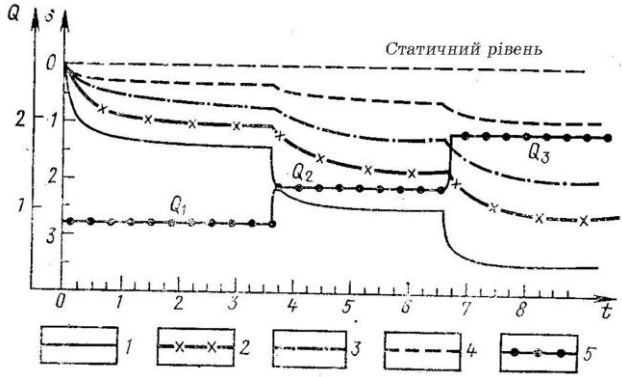

Рис.4.2. Графік залежності витрати і зниження від часу.
Криві зміни зниження у свердловинах:
1- центральної; 2 - першої; 3 - другої; 4 - третьої спостережних;
5 - крива зміни дебіту (Q_1 - при першому, Q_2 - при другому, Q_3 - при третьому зниженнях S)

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

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

4.3. Дослідні нагнітання і наливи у свердловини

Дослідні нагнітання і наливи у свердловини проводять для вивчення водопроникності обводнених порід у тому випадку, коли проведення відкачки ускладнено (наприклад, глибоке залягання підземних вод, слаба

водовіддача тощо), а також для вивчення фільтраційних властивостей слабообводнених і необводнених порід зони аерації.

Під ***дослідними наливами*** слід розуміти досліди, під час проведення яких рівень води підтримується у межах товщі гірських порід, що випробовуються, а у тому випадку, коли фільтрація води здійснюється при надлишковому напорі над верхній межею випробуваного інтервалу гірських порід мова іде про ***дослідні нагнітання***.

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

Дослідні нагнітання є основним методом оцінки водопроникності водоносних тріщинуватих скельних і напівскельних порід.

Дослідні наливи застосовуються у пухкозв'язаних і тріщинуватих породах зони вивітрювання, відносна проникність яких характеризується високим питомим водопоглиненням.

Як правило, дослідні нагнітання і наливи виконуються при відсутності спостережних свердловин. Однак з метою отримання більш точних показників рекомендується обладнання 1 контрольної свердловини, в якій можна було б реєструвати з'явлення води під час проведення досліду.

При наливах 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 у центральній та спостережних свердловинах.

Дослідні нагнітання звичайно здійснюються по інтервалах (стандартний інтервал 5 м) при декількох ступенях напору. Для цього у незакріплені свердловини під тиском більше атмосферного (при 3-х 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 за якими 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 правильності проведення досліду* та для визначення *питомого водопоглинення* q', під яким розуміють кількість води (л), яка поглинається породою за 1 хвилину на 1 м довжини інтервалу свердловини, що випробовується, при напорі, що дорівнює 1 м. *Питоме водопоглинення* характеризує водопроникність і тріщинуватість порід даного інтервалу у 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 у свердловини практично один метод, що дозволяє розчленовувати за водопроникністю глибоко залягаючи неводоносні породи. Однак, дуже часто результати, що отримують у наслідок проведення цих дослідів у неводоносних тріщинуватих породах, мало відповідають показникам водоносних порід,

завдяки зниженню точності розрахунків коефіцієнтів фільтрації і питомого водопоглинення із-за вибіркового характеру фільтрації і кольматації порожнин порід (кольматація [від фр. «*colmatage*» та італ. «*colmata*» - наповнення] – заповнення порожнин (пор) ґрунту дрібними, як правило глинистими частками, які надходять з водою, що фільтрується; у наслідок цього процесу відбувається суттєве зменшення фільтраційних властивостей порід), тому дослідні наливи звичайно проводять у неводоносних піщаних породах. Для визначення параметрів водопроникності використовують данні воронки розтікання, радіус якої залежить від водопроникності порід, тривалості наливу і умов проведення досліду. Для проведення досліду використовують спеціально пробурені, обладнані фільтрами свердловини. Створений у свердловині динамічний рівень шляхом безперервної подачі води підтримується постійним. Налив триває до стабілізації витрат при заданому динамічному рівні (рис. 4.3).

Подекуди, при проведенні досліджень для гідротехнічного будівництва, з метою вивченні фільтраційних властивостей необводнених порід використовують ***дослідні нагнітання повітря***.

У процесі досліду стиснене повітря через бурильні труби центральної свердловини подається в інтервал порід, що випробовується, при цьому фіксується витрата повітря та його фізичні параметри, а спостереження за розповсюдженням повітря здійснюється через систему спостережних свердловин, при цьому реєструється тиск і температура повітря. Дослід, як правило, проводиться на 3-х ступенях витрати повітря, тривалість досліду на кожному ступені 2-4 години (при відносній стабілізації витрати у інтервалі, що випробовується, 1-1,5 години).

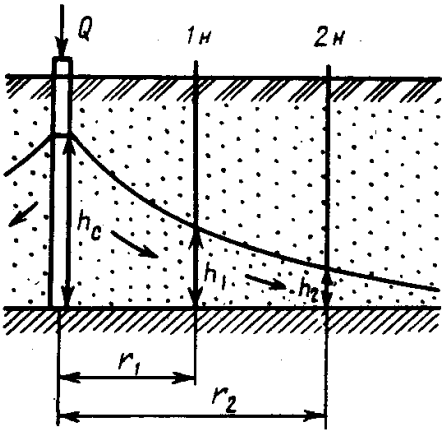

Рис. 4.3. Схема дослідного наливу води у свердловину:
1н, 2н - перша і друга спостережні свердловини; *Q* - стала витрата;
h_c - висота стовпа води у дослідній свердловині;
r_1, r_2 - відстані спостережних свердловин від дослідної;
h_1, h_2 - підвищення рівня води у спостережних свердловинах

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 у шурфи

У 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 у шурфи, що забезпечують фільтраційне випробування порід на глибину до 5 м.

Сутність метода полягає у нагляді за ходом інфільтрації води із шурфів та отриманні характеристик інфільтраційного потоку в умовах постійного рівня води у шурфі під час проведення досліду. Метод інфільтрації води із шурфів, який був *вперше запропонований* А.К. Болдирєвим, зараз використовується у різних модифікаціях, найбільшого поширення набули способи Г.М. Каменського, М.С. Нестерова, М.М. Біндемана та М.К. Гіринського.

Інфільтрацією називається явище просочування води у гірську породу, пори та тріщини якої не заповнені водою. Процес інфільтрації у ненасиченому водою ґрунті відрізняється значною складністю. Тут одночасно діють 2 основних фактори - гідравлічний тиск води, яка налита до шурфу та капілярний тиск, що виявляється у капілярному всмоктуванні.

Всі способи визначення коефіцієнта фільтрації дослідними наливами у 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 досліду і висоти капілярного підняття. В процесі досліду змикання з ґрунтовим потоком води, що інфільтрується, має бути виключено і тому досліди по наливах 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’язана вода та повітря, що заповнює пори і тріщини. У 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 у капілярному всмоктуванні, діє як деякій додатковий напір, який необхідно враховувати при визначенні напірного градієнта потоку, що інфільтрується із шурфу. Таким чином, *швидкість інфільтрації* на відміну від *швидкості фільтрації* залежить, крім напірного градієнта та коефіцієнта фільтрації, ще і від капілярного тиску. В результаті при просочуванні води донизу обидві вказані вище сили накладаються і швидкість інфільтрації стає більшою за звичайну швидкість фільтрації, коли вода рухається у насиченому водою ґрунті.

При проведені дослідних наливів у шурфи дуже важливо дотримуватись таких умов:

1) збереження непорушеного природного стану ґрунтів у межах площі інфільтрації;

2) виключення розмиву ґрунту на площі інфільтрації при наливі води, тому цю площу необхідно покрити шаром дрібного гравію завтовшки 2-3 см;

3) налив води до постійного рівня (не більш 10 см), при якому буде виконуватись дослід, здійснювати поступово, що важливо і для поступового витискування повітря з ґрунту поверхневої зони площі інфільтрації;

4) суворе дотримання постійного рівня шару води на площі інфільтрації, що здобувається за допомогою посудин Маріотта або баків;

5) використання тільки чистої води для запобігання замулення поверхні інфільтрації.

Майже всі способи визначення фільтраційних властивостей порід за даними інфільтрації із шурфу, крім способу М.М. Біндемана, ґрунтуються *на формулах сталої фільтрації* тому, що форма верхньої частини потоку, який інфільтрується із шурфу, через деякий час після початку

досліду стає майже незмінною. 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 х 1,0 м, пройденого до заданої глибини, закладають зумпф перерізом 0,5 х 0,5 м і глибиною 10-15 см, в якому встановлюється мірна рейка. Біля бровки шурфу встановлюють мірну ємкість (бак), із якої по трубах безперервно подається вода у зумпф з інтенсивністю, що забезпечує постійний шар води *z* висотою приблизно 10 см (рис. 4.4).

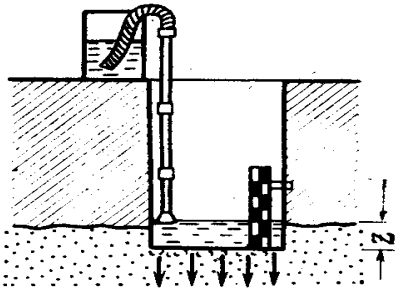

Рис. 4.4. Схема дослідної інфільтрації води із шурфу за способом А.К. Болдирєва

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

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

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

де Q - стала витрата, см^3/хв., F - площа поперечного перерізу зумпфу, см^2.

Спосіб А.К. Болдирєва дає дещо завищене значення коефіцієнта фільтрації, бо не враховує дії капілярних сил і величину бічного 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 х 40 см і глибиною 10 см, у нього встановлюють металеве кільце діаметром 35,75 см і висотою 20 см (площа кільця дорівнює 1000 см^2 , що дуже зручно при розрахунках) (рис. 4.5).

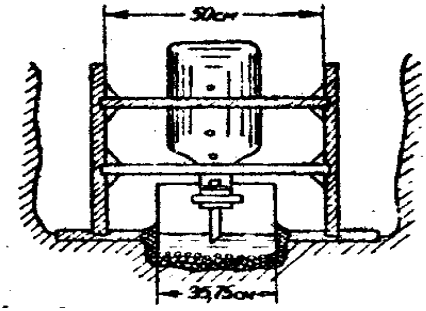

Рис. 4.5. Схема приладу для дослідів по інфільтрації із шурфу за способом Г.М. Каменського

Над зумпфом на спеціальній підставці встановлюють перевернутий догори дном градуйований бутель ємкістю 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 занурюють у воду на висоту 10 см від його дна. Такий пристрій дає можливість підтримувати постійний рівень води у зумпфі.

Дослід закінчують у 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:

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

де $F = 1000$ см^2. Тоді

$$k = 0{,}001Q. \qquad (4.4.)$$

Спосіб М.С. Нестерова застосовують для слабопроникних порід (супісків і суглинків). Він ґрунтується на припущенні, що при інфільтрації води із 2 циліндрів, які розташовані концентрично і заповнені водою на однакову висоту, на розтікання витрачається вода лише із зовнішнього циліндра, а потік води із внутрішнього циліндра має напрямок тільки донизу. Вважається, що розтікання цього потоку не відбувається і що він має постійний переріз, який дорівнює перерізу внутрішнього циліндра, а лінії течії взаємно рівнобіжні та вертикальні. У 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 х 1,5 м. На дні шурфу закладають круглий зумпф глибиною 20 см і діаметром 50 см.

Для проведення досліду в дно зумпфа концентрично втискається 2 циліндри, в які заливається вода висотою 10 см і цей рівень підтримується протягом досліду посудинами Маріотта (рис. 4.6. та рис. 4.7).

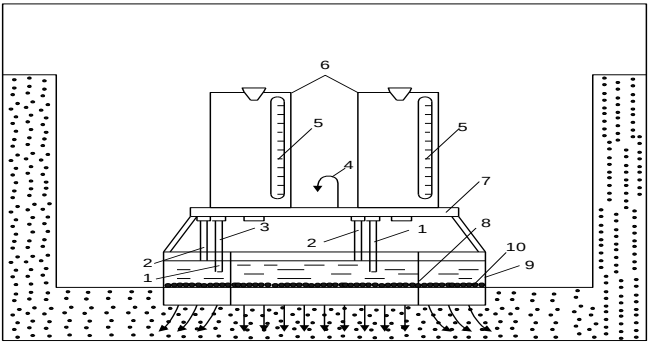

Рис. 4.6. Схема дослідного наливу у шурфи за способом М.С. Нестерова:

1- водозливні трубки; *6 - посудини Маріотта;*

2 - повітряні трубки; *7 - місток;*

3 - крани; *8 - внутрішній циліндр;*

4 - покажчик рівноваги; *9 - зовнішній циліндр;*

5 - шкала; *10 - гравій;*

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

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

де Q - стала витрата води через внутрішній циліндр, (см^3 /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).

Рис. 4.7. Прилад для проведення дослідного наливу у шурф за способом М.С. Нестерова

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

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

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

У дно зумпфу 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 (рис. 4.8).

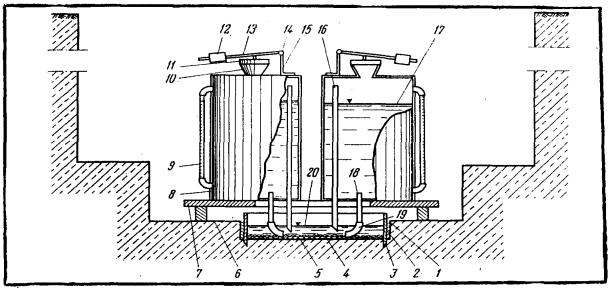

Рис. 4.8. Схема дослідного наливу у шурфи за способом М.К. Гіринського:

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

Дослід проводять аналогічно вище розглянутим до стабілізації витрати.

Коефіцієнт фільтрації k визначають за формулою:

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

де a - коефіцієнт, що залежить від глибини втискання циліндра у 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 досить суттєво скоротити тривалість досліду.

Коефіцієнт фільтрації k розраховується за формулою:

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

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 проведення досліду l до висоти шару води у кільці z.

Спосіб М.М. Біндемана має ряд значних переваг у порівнянні з іншими способами визначення коефіцієнта фільтрації у слабопроникних породах. На дослід за цим способом витрачається менше часу, ніж на досліди, що виконуються до встановлення стабілізації витрати води. Коефіцієнт фільтрації визначається у 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 із 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 неусталеної фільтрації.

Для визначення величини H_k за графіком $\frac{l}{z+Hk} = f(\frac{t}{t_1})$, знаходять значення l / (z + H_k) за яким, знаючи глибину просочування l та рівень води у внутрішньому циліндрі під час досліду z, визначають H_k.

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

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

4.5. Експрес-методи проведення дослідно-фільтраційних робіт

Експрес-методи (або *швидкісні методи*) оцінки фільтраційних властивостей порід ґрунтуються на законах неусталеного 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 у свердловині після короткочасного збурення напору у водоносному пласті.

Використання цих методів у поєднанні з традиційними (відкачками та наливами) 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 у пухких породах з використанням глинистого розчину (рис. 4.9).

Після того, як було розкрито пласт, що був намічений до випробування, буріння зупиняють і промивають свердловину якісним глинистим розчином для забезпечення ізоляції горизонту, що випробовується, від тих, що залягають вище. Потім дістають буровий наконечник і на бурових трубах спускають у свердловину спеціальний фільтр-випробовувач промивного або шнекового типу.

Після введення фільтра у горизонт, що випробовується, заміряється рівень води у бурових трубах і здійснюється відкачка.

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

$$k = [0{,}366Q\,([\lg 1{,}47l / \varepsilon r_0\,] + \xi_ф\,)] / lS_p\,, \qquad (4.9.)$$

де l - довжина фільтра-випробовувача (звичайно 1-2 м), r_0 - його радіус, ε - коефіцієнт, що дорівнює 2 при розташуванні фільтра біля покрівлі або підошви пласта та 1 при положенні фільтра у середині пласта, S_p - розрахункове зниження рівня із врахуванням втрат напору,

$\xi_ф$ - показник опору стандартного фільтра-випробовувача (він змінюється від 1,5 до 6,5 залежно від коефіцієнта фільтрації порід).

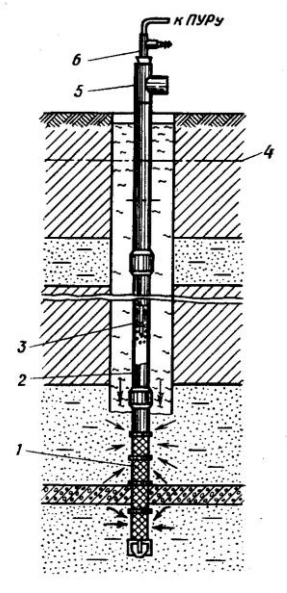

Рис. 4.9. Схема випереджаючого випробування водоносних горизонтів:
1 - фільтр-випробовувач; 2 - бурильні труби; 3 - повітряні труби ерліфту; 4 - рівень підземних вод; 5 - трійник для зливу води; 6 - трійник на повітряній лінії;
(ПУР - пневматичний рівнемір)

Експрес-відкачки та *експрес-наливи у 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 у 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 ємкого тіла.

До недоліків експрес-методів відносять залежність отриманих параметрів від стану і збереження призабійної зони свердловини та їхній малий діапазон дії (при незначному ступеню збурення параметри характеризують невелику зону порід біля свердловини). Достовірність отриманих результатів підвищують за рахунок масовості експрес-визначень (за одиничне визначення приймають середнє арифметичне значення, отримане за даними дослідів, які проведені у 4 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* й *резистивіметрії* свердловин, які у своїй основі є гідродинамічними. Використання цих методів дозволяє надати попередню орієнтовну оцінку фільтраційних властивостей та провести гідрогеологічне розчленування розрізу.

Витратометрія свердловин здійснюється з метою розчленування розрізу за водопроникністю, визначення фільтраційних властивостей і напорів пластів, виявлення зон перетоку і водопоглинання, оцінки роботи фільтрів тощо.

Витратометрія здійснюється у фонтануючих свердловинах, при відкачках, наливах і нагнітаннях в

умовах усталеної (зрідка - неусталеної) 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 (рис. 4.10).

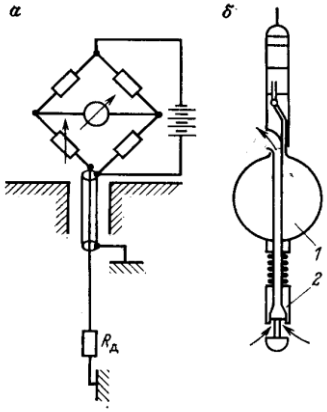

Рис. 4.10. Схема свердловинного витратоміра:
а – термометричний витратомір типу СТД; *б* - механічний витратомір-дебітомір з пакером фірми Шлюмберже
1- пакер; 2 - вертушка, яка приводить до дії магнітний перервач

Термометричні витратоміри ґрунтуються на вимірі опору охолодження підігріваємого датчика $R_д$ розміщеного у потоці, залежно від середньої лінійної швидкості цього потоку (див. рис. 4.10, *а*). *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 із горизонту, що

досліджується, пройшов біля вертушки, свердловину перекривають спеціальним пакером–тампоном (див. рис. 4.10, *б*).

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

Крок встановлення витратоміра залежно від детальності та 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 у свою чергу, проводять з метою уточнення меж і структури водопритоків окремих пластів.

За результатами витратометії 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 (рис.4.11).

За характерними точками 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 їхню однорідність, а за співвідношенням витрат або швидкостей по окремих пластах і сумарної водопроникності (визначається будь-яким іншим методом) оцінюють параметри кожного із пластів.

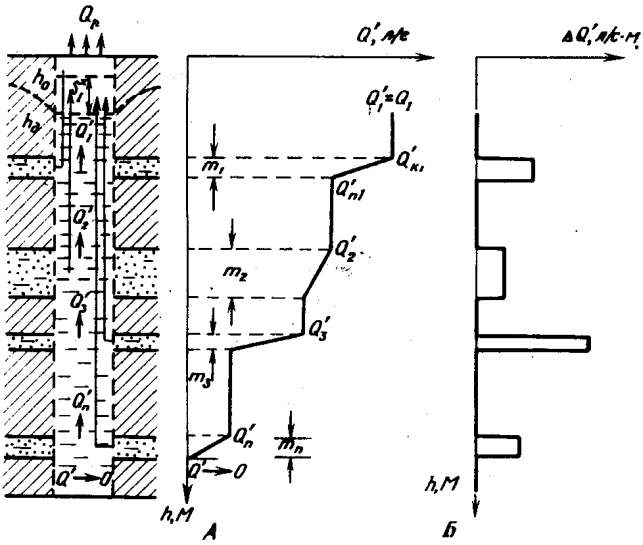

Рис. 4.11. Схема витратометрічного дослідження свердловини при відкачці:

А - витратограма $Q' = f(h)$; *Б* - диференційна витратограма $\Delta Q' = f(h)$; h_0 - *сталий загальний рівень води у свердловині;* $h_д$ - *динамічний рівень води в свердловині при відкачці*

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

Для проведення резистивіметрії свердловину заповнюють мінералізованою водою. Перед початком

досліду вимірюють питомий опір ρ_0 і концентрацію C_0 розчина по всьому стовбуру свердловини. Через визначені та рівні відрізки часу t_1, t_2,.....,t_n повторюють виміри питомого опору розчину ρ_1, ρ_2,…...,ρ_n.

Місця підтоку підземних вод у свердловину визначаються збільшенням питомого опору відносно першого контрольного виміру. За допомогою спеціальних номограм визначають концентрації розчинів C_1, C_2,…...,C_n для кожного водоносного горизонту. Швидкість фільтрації у 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.

Визначивши 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 у 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.

У 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 у ненасичених ґрунтах;

3) отримані дані про напрямок руху вологи за будь-яким перерізом зони аерації та у фільтраційному потоці;

4) отримані дані про вологість ґрунтів за будь-яким перерізом зони аерації;

5) отримані дані про запаси вологи ґрунтів у конкретному інтервалі розрізу зони аерації;

6) отримані дані про положення рівня ґрунтових вод і верховодки;

7) отримані дані 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 розглянуті у підглаві 4.8, *лізиметричні методи* - у підглаві 5.3, тому тут надається 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 у межах конвективно-дифузійних процесів (з

врахуванням механізму гравітаційної диференціації), на які накладаються процеси фізико-хімічних перетворень у підземних водах і взаємодії з гірськими породами, що їх вміщують.

Відповідно, ***у загальному випадк****у* ***міграція хімічних компонентів у водоносних пластах визначається***:

1) показниками конвективного (фільтраційного) перенесення - швидкістю фільтрації та показниками активної пористості (тріщинуватістю);

2) інтенсивністю гравітаційної диференціації розчинів у водоносних пластах;

3) параметрами розсіювання - молекулярної дифузії і гідродисперсії у поровому (тріщинному) просторі;

4) показниками гетерогенних процесів фізико-хімічного поглинання (виділення) речовини (наприклад, сорбції, іонного обміну, розчинення тощо).

Польові гідрофізичні дослідження – це режимно-балансові спостереження у природних і техногенних умовах. Вони виконуються на спеціально обладнаних *дослідних 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 використовують *з метою* отримання гідрогеологічної інформації про рівні ґрунтових вод і верховодки, хімічний склад і мінералізацію вод, водний і сольовий режим зони аерації у природних і техногенно 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 [від лат. «*tendere*» - натягувати, напрягти та від гр. «*metreo*» - вимірювання] використовують для вимірювання всмоктувального тиску ненасичених ґрунтів зони аерації. Принцип роботи тензіометра ґрунтується на досягненні рівноваги всмоктувального тиску у ґрунті та тиску у зонді тензіометра.

Тензіометр складається із пористого керамічного зонда (максимальний розмір пор не більше 1 мкм); з'єднувальних водопровідних або повітряпровідних трубок, які використовуються для з'єднання пористого зонда із вимірювачем тиску - механічним манометром-вакуумметром або рідинним манометром - водяним або ртутним (рис. 4.12 та 4.13).

Відомі різні конструкції тензіометрів, але найбільшого розповсюдження набув ***тензіометр АМ-20-ІІ***, який використовується у різних модифікаціях. Залежно від конкретних умов спостережень обирають різні конструкції тензіометрів, які після збирання встановлюють у свердловини або шурфи. Існують таки типи збірних тензіометрів - *ґрунтові* та *глибинні.*

Ґрунтові тензіометри використовують для вимірювання всмоктувального тиску вологи на невеликих глибинах (3-5 м), їх збирають на поверхні, а потім встановлюють у свердловину (рис.4.12).

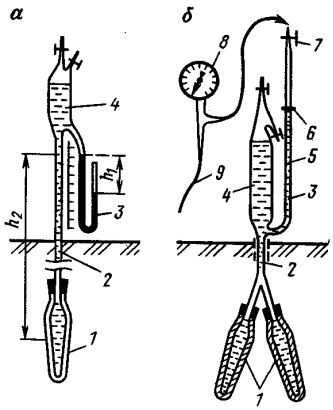

Рис. 4.12. Схема обладнання ґрунтових тензіометрів:
а - із ртутним манометром; *б* – з ізольованим від атмосфери повітряно-водяним манометром або вакуумметром:
1- пористий зонд; 2- з'єднувальна трубка; 3- ртутний манометр; 4- повітряуловлювач; 5- повітряно-водяний манометр; 6- гумове кільце; 7- затискувач; 8- переносний вакуумметр; 9- відвід до насосу

Величину всмоктувального тиску вологи *p* визначають за формулою:

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

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

Глибинні тензіометри використовують для вивчення всмоктувального тиску вологи у ґрунтах зони аерації на глибинах до 30 м. Тензіометр встановлюють у шурф або у свердловину, після чого обсадні труби витягають, а стовбур свердловини тампонують.

Конструкції глибинних тензіометрів відрізняються тим, що у них відсутні водопровідні трубки, а повітряуловлювач безпосередньо зв'язано з пористим зондом (рис. 4.13.).

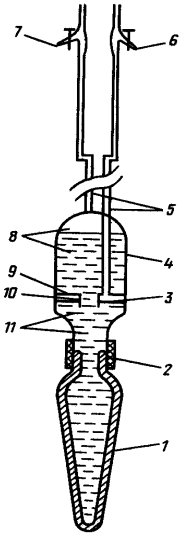

Рис. 4.13. Схема глибинного тензіометра:
1- пористий керамічний зонд; 2- гумова трубка; 3- рівень води у повітряуловлювачі; 4- повітряуловлювач; 5- повітряводи; 6,7- відводи для заповнення тензіометрів водою; 8- верхня камера; 9- перегородка; 10- патрубок; 11- нижня камера

Величина всмоктувального тиску вологи *p* розраховується за формулою:

$$p = p_м + p_в, \qquad (4.12.)$$

де $p_м$ - тиск повітря у нижній камері; $p_в$ - тиск, що створюється стовпом води від рівня води у нижній камері до середини зонда.

Для визначення положення рівня ґрунтових вод у необсаджених трубами, затампонованих ґрунтом свердловинах використовується ***пневматичний рівнемір*** (рис.4.14).

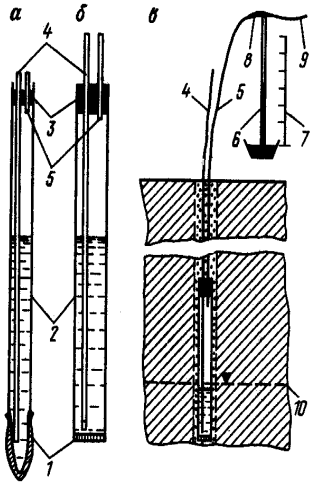

Рис. 4.14. Схема обладнання пневматичного рівнеміра:
а- прилад із зондом; *б* - прилад із пластиною; *в* - монтажна схема.
1 - пористий зонд або пластина; 2 - корпус приладу; 3 - пробка;
4,5 - повітряводні трубки; 6 - манометр; 7 - мірна лінійка;
8 - трійник; 9 - відвід до вакуумного насосу;
10 - рівень ґрунтових вод (РГВ)

Визначення положення рівня ґрунтових вод при відомій глибині находження нижнього кінця приладу зводиться до виміру висоти стовпа води у ньому. Для цього крізь повітряводну трубку *5* відсмоктують повітря, завдяки чому у 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* у прилад буде надходити атмосферне повітря до тих пір, поки тиск повітря над водою не буде урівноважено тиском стовпа води, що знаходиться у ньому.

Сталий тиск у приладі вимірюється підключеним до повітряводної трубки *5* манометром *6*. Величина розрідження, що фіксується манометром, буде чисельно дорівнювати висоті стовпа води у 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:

$$h = h_k - p_м, \qquad (4.13.)$$

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

Глибинні пробовідбірники використовують з метою відбору проб розчинів із ненасичених ґрунтів зони аерації шляхом вакуумних витяжок при тиску вологи у ґрунтах вище 80 кПа (рис. 4.15). Для відбору проб води використовують спеціальні посудини ємністю 0,1-0,15 л із 2 відводами. Один із відводів посудини підключають до водопід’ємної трубки, інший - до баластної посудини (бутель місткістю 0,5 л). При закритті трубки крізь баластну посудину і водопід’ємну трубку у пористому зонді створюється розрідження від -90 до -95 кПа. Під дією розрідження відібраний поровий розчин надходить до посудини.

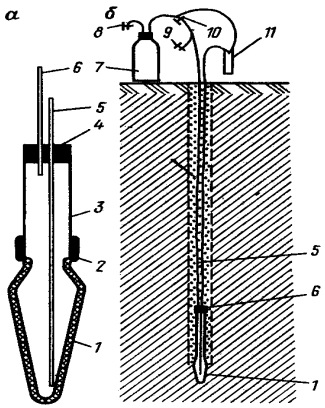

Рис. 4.15. Схема глибинного пробовідбірника:
а - прилад; *б* - монтажна схема.
1 - зонд; 2 - гумова трубка; 3 - патрубок; 4 - пробка; 5 - водопідйомна трубка; 6 - повітряводна трубка; 7 - баластна посудина; 8-10 - затискувачі; 11 - посудина для відбору проб

На рис. 4.16. приведена *схема оснащення спостережної точки на дослідній гідрофізичній ділянці* - розміщення глибинних тензіометрів, встановлених у шурф, пробовідбірника та рівнеміра.

Основною гідрофізичною характеристикою *є залежність* $h_в = p_в = f(\theta)$ (де θ - вологість ґрунту, %; $p_в$ - всмоктувальний тиск; $h_в$ - висота всмоктування), вона дозволяє оцінювати енергетичний стан вологи у ґрунті та пов'язувати із вологістю величину всмоктувального тиску (висоту всмоктування) та параметри вологоперенесення.

Тензіометр дає можливість вимірювати *від'ємний тиск у ненасичених ґрунтах* і *додатний гідростатичний тиск у насичених ґрунтах.*

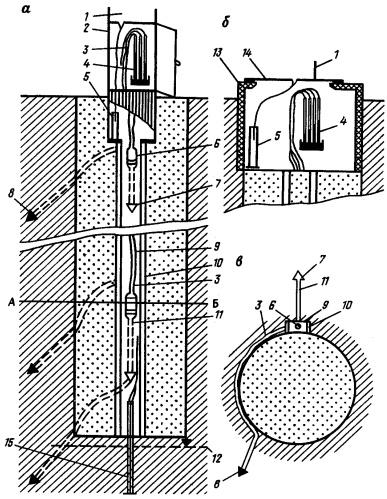

Рис. 4.16. Схема обладнання глибинних тензіометрів у шурфі:
а - поздовжній розріз шурфу; *б* - оголовок із бетонного кільця;
в - поперечний розріз за лінією А-Б.
1 - опадомір; 2 - короб металевий; 3 - повітряводні трубки; 4 - ртутний манометр; 5 - мірна посудина; 6 - повітряуловлювач глибинного тензіометра; 7 - зонд глибинного тензіометра; 8 - зонд пробовідбірника; 9 - отвір; 10 - кріплення з дощок; 11 - водопровідна трубка; 12 - рівень ґрунтових вод; 13 - бетонне кільце; 14 - кришка; 15 - рівнемір

Величина тиску для прісної води відповідає висоті всмоктування у ненасичених ґрунтах і висоті тиску у насичених та квазінасичених ґрунтах. При відомій вертикальній координаті *z*, використовуючи наступні залежності:

а) ***для насичених ґрунтів***: $\mathbf{H_н = h_д + z}$ (де $H_н$ - гідродинамічний напір; $h_д = p_д/\gamma$ - це додатна висота гідростатичного тиску або простіше висота тиску; $p_д$ - гідростатичний тиск; γ - питома вага ґрунту; *z* - висота положення точки спостережень);

б) ***для ненасичених ґрунтів***: $\mathbf{H_{нн} = -h_в + z}$ (де $H_{нн}$ - гідродинамічний напір; $h_в = p_в/\gamma$ - це від'ємна висота тиску у ненасичених ґрунтах або висота всмоктування; $p_в$ - всмоктувальний тиск; z - висота положення точки спостережень над рівнем ґрунтових вод), 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 за розрізом зони аерації у момент часу, коли виконувались відліки по тензіометрах, можна представити графічно у вигляді ***миттєвої епюри напорів*** (рис. 4.17).

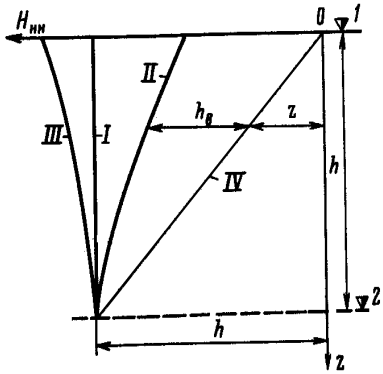

Рис. 4.17. Епюри напорів для визначення напрямку руху вологи у зоні аерації:

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

За нахилом такої епюри можна зробити висновок про напрямок руху вологи у зоні аерації. Якщо межею епюри є

вертикальна лінія (напір постійний), то це вказує на рівноважний стан вологи у ґрунті, тобто рух вологи відсутній (див. рис. 4.17, *лінія I*). Відхилення межі епюри ліворуч від вертикальної лінії (кут нахилу більше 90°) вказує на висхідний рух вологи, а відхилення вправо (кут нахилу менш 90°) - на низхідний рух. *Лінія IV* (див. рис. 4.17), яка проведена під кутом 45°, дозволяє у любому перерізі за глибиною зони аерації розділити величину напору на 2 складові - висоту всмоктування $h_в$ та висоту положення z.

Також можна скласти ***хронологічні графіки зміни напорів***, за якими досліджують зміну напору у часі. Кожна крива такого хронологічного графіка будується за даними, що були отримані з конкретних тензіометрів, які були встановлені на дослідній ділянці. За таким графіком визначають зміну висоти всмоктування у часі у кожному перерізі, напрямок руху вологи (за співвідношенням напорів у суміжних перерізах), динаміку вологоперенесення у 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

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

Напрямок руху підземних вод співпадає з ухилом поверхні їхнього рівня. Він не є постійним і змінюється

залежно від умов живлення та дренування водоносного горизонту. Наприклад, у долинах більшості рівнинних річок під час межені річка дренує підземні води, у наслідок чого їхній рух спрямовано у 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 за ухилом потоку й покаже напрямок руху.

За 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 (залежно від рельєфу і розмірів дослідної ділянки). За встановленими позначками рівня шляхом інтерполяції складають план ізоліній, за яким визначають напрямок руху потоку підземних вод (рис. 4.18).

У тому ж випадку, якщо відсутні карти і достовірні данні про рівні підземних вод, використовують геофізичні, індикаторні та 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 тощо.

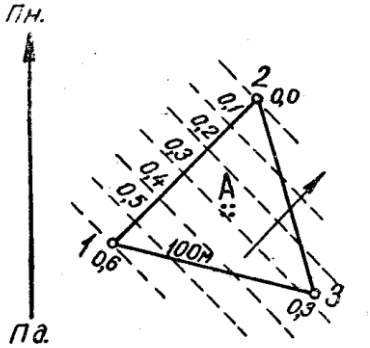

Рис. 4.18. Схема розташування свердловин (1-2-3) для визначення напрямку руху підземних вод:
А - свердловини, пробурені для визначення швидкості руху потоку

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.

Цей метод простий у виконанні, не потребує великих витрат і узгодження з органами *Департаменту організації санітарно-епідеміологічного нагляду*. Однак, він може використовуватись лише 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 у порах і тріщинах порід. Визначення її необхідно для оцінки можливості виникнення суфозійних явищ, встановлення шляхів фільтрації у закарстованих і сильно тріщинуватих породах та для інших цілей. Дійсна швидкість руху підземних вод $v_д$ більше швидкості фільтрації v за рахунок того, що при розрахунках v витрату відносять до всієї фільтруючої площі, а не до її проникної частині (порам і тріщинам).

Дійсна швидкість руху підземних вод $v_д$ і швидкість фільтрації v пов'язані між собою наступною залежністю:

$$v_д = v / n_a , \qquad (4.14)$$

де n_a - *активна у фільтраційному відношенні пористість* породи, що дорівнює різності між повною пористістю n_0 та об'ємним вмістом зв'язної води n_c і затисненого повітря $n_з$, тобто $n_a = n_0 - n_c - n_з$.

Визначення дійсної швидкості руху підземних вод у польових умовах зводиться до запуску тих або інших індикаторів у пускову свердловину (або шурф) та їхнього виявлення у спостережній виробці. Час проходження індикатора між 2 точками t та відстань між ними L й надають можливість визначити дійсну швидкість руху підземних вод:

$$v_д = L / t, \qquad (4.15)$$

Спостережні свердловини або шурфи розміщують за напрямком руху потоку. Якщо ж напрямок руху невідомий, то спостережних виробок намічають декілька і розташовують їх у різних напрямках, але на однаковій відстані від центральної виробки (рис.4.19).

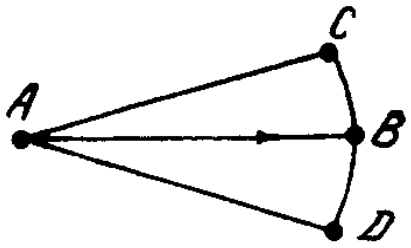

Рис. 4.19. Схема розташування свердловин при визначенні дійсної швидкості руху підземних вод:
A - центральна (дослідна) свердловина; *B,C,D* - спостережні свердловини

Відстань між центральною і спостережними виробками обирають залежно від фільтраційних властивостей водоносних порід (від 0,5 до 50 м) - чим більша водопроникність порід, тим більша відстань, і навпаки:

1) для суглинків і супісків - 0,5-2,0 м;

2) пісків - 2,0-8,0 м;

3) гравійно-галечникових відкладів і сильно тріщинуватих порід - 5,0-15 м;

4) закарстованих порід - 15-50 м і більше.

Кількість спостережних виробок може змінюватись від 1 до 3 при відстані між ними 0,5-2,0 м.

Поява індикатора у спостережних виробках встановлюється хімічним, електролітичним та *колориметричним способами* (перші 2 найбільш надійні та точні).

Хімічний спосіб полягає у визначенні концентрації розчину солі у спостережній 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 (*NaCl*), застосовується

також хлористий кальцій ($CaCl_2$) та хлористий амоній (NH_4Cl). При відстані між центральною і спостережними 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 (рис. 4.20).

Рис. 4.20. Порожнистий циліндр, що використовують для запуску індикаторів

Електролітичний спосіб відрізняється від хімічного лише способом визначення наявності і концентрацією солі в спостережній свердловині. Найчастіше використовують NH_4Cl. Фіксація руху електроліту між свердловинами та поява його в спостережній свердловині проводиться за допомогою спеціального електровимірювального обладнання.

У спостережні свердловини на дротах опускають електрод (мідний або латунний стрижень), ізольований від обсадних труб. Дроти включені до електричного ланцюга, до складу якого входить джерело струму (3-5 елементів по 4-4,5 В), міліамперметр, вимірювач опору (реостат), обсадні труби або фільтр свердловини (рис. 4.21).

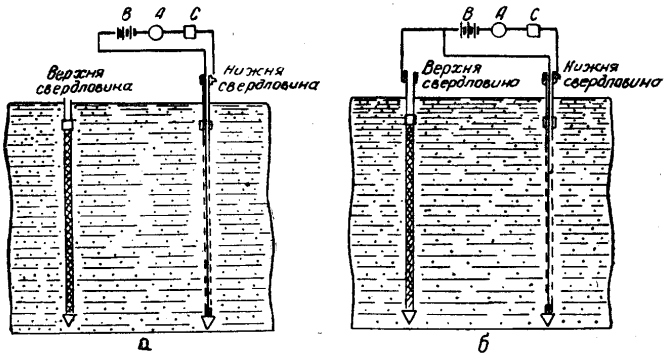

Рис. 4.21. Схеми дослідних установок для вимірювання електропровідності порід у свердловинах:
А - міліамперметр; *В* - джерело струму (батареї); *С* - реостат.

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 спостережну свердловину також з'єднують електричним ланцюгом.

Про момент появи у спостережній свердловині розчину солі судять за збільшенням електропровідності води (сила струму при цьому максимальна, а опір підземних вод мінімальний).

Колориметричний спосіб полягає у визначенні часу проходження розчину барвника між пусковою та спостережною свердловинами. У ролі індикаторів використовуються такі забарвлюючі речовини:

1) *для лужних вод* - флюоресцеїн, флюорантон, еозин, еритрозин, червоне конго тощо;

2) *для кислих вод* - метиленова синька, анілінова блакитна, конго червоне 2К, понсо червоне тощо.

Забарвлюючу речовину вводять у воду пускової свердловини у вигляді розчину. Наявність і концентрація забарвлюючої речовини у спостережних свердловинах

встановлюється шляхом відбору із неї проб води та їхнього аналізу за допомогою флюороскопа. *Флюороскоп* - це набір з 10 скляних трубок із 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 у пускову свердловину до моменту найбільш інтенсивного забарвлення проб води зі спостережної свердловини.

Радіоіндикаторні методи дозволяють визначати напрямок і дійсну швидкість руху підземних вод, використовуючи як односвердловинний спосіб, так і спосіб зі спостережними свердловинами. Радіоіндикаторні методи із використанням спостережних свердловин аналогічні за методикою розглянутим вище індикаторним методам. У спостережній свердловині фіксується поява індикатора (наприклад, сполуки, що вміщують ^{131}I, ^{82}Br, ^{51}Cr, ^{60}Co, ^{3}H, ^{86}Rb, ^{35}S, ^{24}Na тощо) 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 їхньої концентрації. *Сутність односвердловинного радіоіндикаторного метода* полягає у проведенні спостережень за зміною у 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, їхня порівняно невелика сорбційна здатність та висока точність визначень обумовлюють великі перспективи використання радіоіндикаторних методів для вирішення різноманітних гідрогеологічних завдань.

ГЛАВА 5. ВИВЧЕННЯ РЕЖИМУ І БАЛАНСУ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Мета та завдання вивчення режиму й балансу підземних вод.

Методика проведення спостережень за режимом підземних вод. Вивчення природного режиму підземних вод. Особливості вивчення порушеного режиму підземних вод на ділянках водозаборів, в районах промислових об'єктів, на території міст, в районах зрошення або осушення та в районах розробки родовищ твердих корисних копалин. Принципи розміщення й термін робіт спостережної мережі свердловин.

Методи вивчення балансу підземних вод. Метод гідродинамічного аналізу режиму підземних вод. Експериментальні методи. Водно-балансовий і лізиметричний метод.

5.1. Мета та завдання вивчення режиму і балансу підземних вод

Режим підземних вод характеризується зміною їхньої кількості й якості у 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 у процесі формування підземних вод, їхнього пояснення і використання для обґрунтування різного роду гідрогеологічних прогнозів.

Залежно від характеру чинників, що його визначають, режим підземних вод може бути:

1) *природним* - формується під дією комплексу природних чинників (наприклад, кліматичних, гідрогеологічних, геологічних, гідрологічних тощо);

2) порушеним - обумовленим інженерною діяльністю людини (наприклад, меліорація, гідротехнічне будівництво, дія дренажних споруд тощо);

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

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 чинників 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 чинників і процесів, визначення елементів водного балансу);

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

3) встановлення закономірностей формування водного, сольового і теплового балансів підземних вод та їхнього використання 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 та здійсненні різних видів будівництва (наприклад, промислового, цивільного, гідроенергетичного, меліоративного тощо), водопостачання, сільгоспвиробництва та вирішенні інших завдань.

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

1) при розвідці родовищ підземних вод, оцінці їхніх запасів, складанні прогнозів їхнього режиму при експлуатації та обґрунтуванні заходів із раціонального використання та охорони підземних вод від виснаження й забруднення;

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

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

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

Баланс підземних вод - це співвідношення між їхнім надходженням (*прибуткова частина*) та витратою (*витратна частина*) у кількісному виразі (у мм шару води) на площі, що досліджується, 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 чинників* (наприклад, меліорація, втрати води, підпір, дренаж тощо).

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

Баланс підземних вод вивчається як для великих районів і цілих басейнів річок (у 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 обумовлює напрямок і характер режиму підземних вод, тому вивчення його елементів і виявлення основних провідних показників надає підґрунтя для наукового пізнання і управління режимом підземних вод. У 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* (рівнів, температури, хімічного, газового та бактеріологічного складу) на спеціально обладнаній *мережі спостережних пунктів*

(найчастіше це свердловини і джерела, зрідка - шурфи і колодязі).

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

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

Вивчення закономірностей природного режиму підземних вод має охоплювати основні водоносні горизонти і виконуватись в усіх районах, де ці горизонти можуть бути використані на даний час або у перспективі. У результаті таких досліджень має бути вивчено:

1) хід сезонних і багаторічних коливань рівня та інших елементів режиму в різних гідрогеологічних умовах;

2) основні фактори режиму;

3) амплітуди сезонних і багаторічних коливань рівня тощо.

Розміщення опорної спостережної мережі здійснюється на підґрунті районування території, що досліджується, за умовами формування режиму підземних вод з використанням великомасштабної гідрогеологічної карти і урахуванням ступеня вивченості кожного із районів.

У межах кожного виділеного гідрогеологічного району розміщується спостережна мережа у вигляді *створів*, орієнтованих від вододілів до дрен таким чином, щоб охопити спостереженнями всі характерні для цього району

комплекси водовміщуючих порід і геоморфологічні елементи (наприклад, ділянки схилів, терас і заплав, міжрічкові ділянки, площі із різною потужністю зони аерації тощо) (рис. 5.1).

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

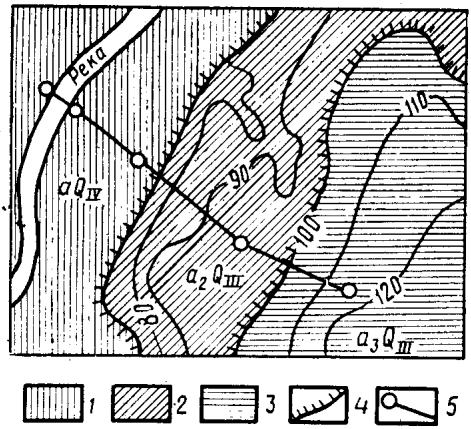

Рис. 5.1. Схема розташування спостережних свердловин у гідрогеологічному районі:

1 - ділянка з прирічковим типом режиму підземних вод; *2* - ділянка зі схиловим типом режиму підземних вод; *3* - ділянка із міжрічковим типом режиму підземних вод; *4* - межі терас; *5* - створ спостережних свердловин

Максимальна відстань між створами у межах однорідного за гідрогеологічними умовами району *не повинна перевищувати 100 км*, щоб не проявлялась кліматична зональність. У складних за геоморфологічними та літологічними умовами районах мережа спостережних

свердловин ущільнюється, вони розташовуються на типових ділянках, нерідко поза створами.

Спостереження за режимом підземних вод мають бути комплексними. *До спостережень входять*:

1) заміри рівнів води;

2) визначення витрати, фізичних властивостей та температури;

3) вивчення метеорологічних елементів;

4) відбір проб води для хімічного і бактеріологічного аналізу.

У середньому, *спостереження за природним режимом підземних вод проводяться* 10 разів на місяць, а *у періоди інтенсивного впливу режимоутворюючих чинників* (наприклад, опади, повені тощо) частота спостережень збільшується у 2-3 рази.

Частота спостережень за змінами хімічного і бактеріологічного складу та температурою підземних вод менше, ніж частота спостережень за їхнім 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 їхнім регулюванням. Особливе значення мають спостереження за впливом штучних чинників та виявлення кількісних зв’язків між окремими елементами режиму підземних вод (рівнем, температурою, хімічним і бактеріологічним складом) і штучними чинниками, що є підґрунтям для виконання прогнозів і обґрунтування заходів із раціонального використання і регулювання підземних вод.

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

Схема розміщення спостережних свердловин встановлюється із урахуванням розповсюдження водоносних горизонтів, що вивчаються, їхнього гідравлічного взаємозв'язку, граничних і гідрогеохімічних умов, літології водоносних порід, особливостей впливу інженерних споруд та характеру отриманих завдань:

1) ***на ділянках водозаборів*** розміщення спостережних свердловин носить переважно площинний характер (рис.5.2).

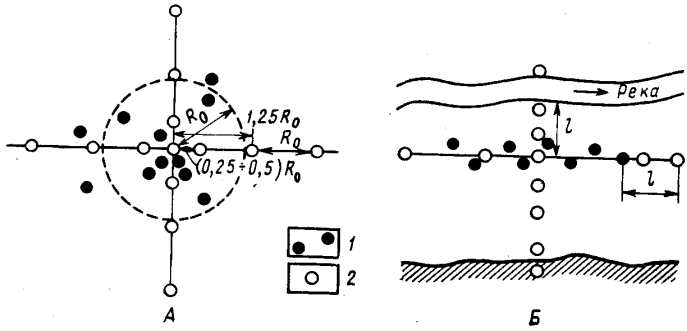

Рис. 5.2. Схеми розташування спостережної мережі на діючих водозаборах:

А - на відстані від границь; *Б* - у долині річки;

1 - експлуатаційні свердловини, 2 - спостережні свердловини, R_0 - радіус «великого» колодязя

2) ***у районах промислових об'єктів*** може бути площинним або приуроченим до головного профілю, орієнтованому за потоком підземних вод, з бічними поперечниками на окремих ділянках, де знаходяться інтенсивні джерела забруднення підземних вод;

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

4) у районах зрошення або осушення спостережні свердловини розташовуються у вигляді створів (у випадку одномірного потоку) або «конверту» (у випадку двомірного потоку);

5) ***у районах розробки родовищ твердих корисних копалин*** спостережна мережа обладнується у вигляді 2-х створів, що перетинаються, промені яких орієнтовані від центру рудного тіла (ділянки), що розробляється, до найближчих границь водоносних пластів (горизонтів), що обводнюють родовище.

Частота спостережень за елементами порушеного режиму підземних вод має забезпечити виявлення основних закономірностей їхніх зміни з урахуванням характеру отриманих завдань і методів їхнього вирішення. У тому випадку, коли дані спостережень будуть використовуватись для визначення гідрогеологічних параметрів, виконується безперервний запис зміни рівня і витрат з використанням самописців і 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 у 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.

У гідрогеологічній практиці водний баланс вивчається 2 групами методів:

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

2) експериментальними (водно-балансовий і лізиметричний).

Метод гідродинамічного аналізу режиму підземних вод ґрунтується на застосуванні теорії неусталеного руху підземних вод до розрахунку головних елементів їхнього 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 отримують на спеціальних створах спостережних свердловин, які закладаються на типових балансових ділянках (елементах потоку), використовуються при складанні прогнозів зміни режиму

підземних вод під впливом господарської діяльності людини.

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

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

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 підошву за рахунок водообміну із водоносним горизонтом, що залягає нижче.

Всі елементи водного балансу (Q_1, Q_2, W та W_{gl}), що входять до рівняння (5.1.), визначаються за допомогою даних про положення рівня води у свердловинах за відповідними формулами динаміки підземних вод (аналітичні або кінцево-різницеві рішення).

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

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

Лізиметричний [від гр. «*lysis*» - розчинення та «*metreo*» - вимірювання] ***метод*** дозволяє визначати елементи

водного балансу експериментально за допомогою спеціальних лізиметричних установок різних конструкцій.

Лізиметри з постійним рівнем ґрунтових вод (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 у лізиметрі завданого постійного рівня води.

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

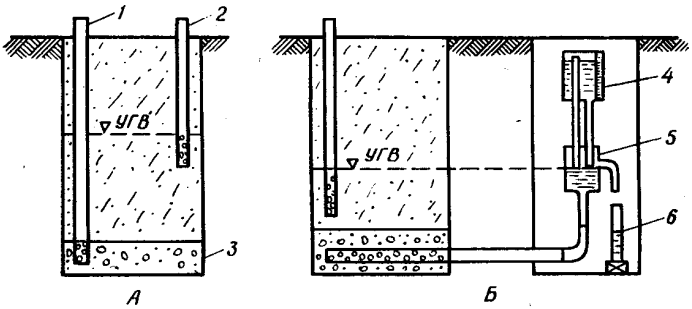

Рис. 5.3. Схема будови лізиметрів:
А - лізиметр із постійним рівнем ґрунтових вод; *Б* - лізиметр із безперервним регулюванням рівня ґрунтових вод;
1- доливна трубка; 2 - спостережна трубка; 3 - піщана-гравійний фільтр; 4 - посудина Маріотта; 5 - зливний бак; 6 - посудина для вимірів інфільтрації до рівня ґрунтових вод

Комбінована установка обох типів лізиметрів і спостережної свердловини на ґрунтові води, по якій визначають величину зміни рівня води *ΔH*, надає

можливість розраховувати водовіддачу або нестачу насичення порід μ за формулою (5.2), де всі величини визначаються експериментально:

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

РОЗДІЛ ІІ. Методика гідрогеологічних досліджень для вирішення конкретних господарських завдань.

ГЛАВА 6. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З МЕТОЮ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Зміст, стадії та завдання гідрогеологічних досліджень джерел водопостачання.

Водозабори підземних вод, їхнє призначення та системи. Вертикальні й горизонтальні водозабори.

Експлуатаційні запаси підземних вод та їхні категорії за ступенем вивченості. Методи визначення експлуатаційних запасів підземних вод. Гідродинамічні, гідравлічні та балансові методи. Моделювання й метод аналогії.

Поняття про родовище підземних вод. Специфічні особливості й класифікація родовищ підземних вод. Особливості пошуків і розвідки родовищ підземних вод із метою водопостачання.

6.1. Зміст, стадії та завдання гідрогеологічних досліджень джерел водопостачання

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

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

Підземні води розглядаються як складова і важлива

частина загальних водних ресурсів, як елемент природного середовища та найважливіша корисна копалина, пошук, розвідка та використання якої регламентуються відповідними положеннями.

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

Гідрогеологічні дослідження (геолого-економічна оцінка) джерел водопостачання проводяться за такими стадіями та підстадіями:

1) регіональне гідрогеологічне вивчення території України (головним чином, підстадія І-З. - Спеціалізовані гідрогеологічні роботи масштабу 1:50000 (1:25000);

2) пошук та пошукова оцінка родовищ підземних вод;

3) розвідка родовищ підземних вод.

Залежно від складності гідрогеологічних умов, ступеню їхньої вивченості та потреби у воді окремі стадії можуть бути поєднані, або повністю виключені.

6.2. Водозабірні споруди, їхня будова та основні типи

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

Експлуатація водозаборів здійснюється за допомогою

каптажних пристроїв ([фр. «*captage*», від лат. «*capto*» – ловлю, перехоплюю].) *Залежно від умов та призначення, водозабори поділяються* на:

1) вертикальні;
2) горизонтальні;
3) каптажі природних виходів-джерел.

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

Бурові свердловини є найбільш універсальним та технічно досконалим типом водозаборів. Вони мають достатньо високу продуктивність та найбільш повно відповідають санітарним вимогам (рис.6.1).

Шахтні колодязі закладаються як у ґрунтових, так і в артезіанських водоносних пластах до глибини 100 м. Вони споруджуються, головним чином, для задоволення незначних потреб водоспоживачів (рис.6.2).

За способом спорудження розрізнюють колодязі:

1) копаний (звичайний) глибиною до 20-30 м;
2) забивний (абісінський) - до 10-20 м;
3) буровий (трубчастий) - до декількох сотень метрів.

Для більш повного перехоплення підземних вод застосовуються *променеві водозабори* – це комбінація шахтного колодязя з горизонтальними буровими свердловинами, що закладені у різні боки в середині пласту (рис.6.3).

Якщо водозабірні споруди розкривають водоносний горизонт на всю його потужність, вони носять назву *«досконалих»* (вода надходить тільки через стінки); у тому випадку, коли водозабори заглиблюються у водоносний

горизонт лише частково та не досягають водотриву, вони мають назву *«недосконалих»* (вода може надходити через стінки і дно, тільки через стінки, або тільки через дно).

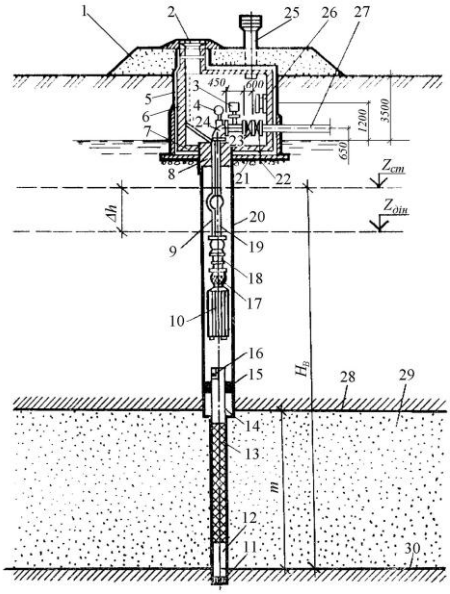

Рис. 6.1. Схема обладнання водозабірної свердловини:
1 – засипка ґрунтом для закріплення оголовка; 2 – люк; 3 – вантуз із засувкою; 4 – манометр; 5 – бітумна ізоляція; 6 – скоби ходові; 7 – дно оголовка; 8 – гирло горловини; 9 – кабель електродвигуна; 10 – електродвигун; 11 – пробка; 12 – відстійник; 13 – робоча поверхня фільтра; 14 – надфільтрова труба; 5 – сальник; 16 – замок для опускання фільтра в свердловину; 17 – сітчастий фільтр; 18 – насос; 19 – труба для підняття води; 20 – обсадна колона; 21 – підготовка із щебеню; 22 – засувка ; 23 – зворотний клапан; 24 – трубопровід із засувкою для скидання промивної води; 25 – вентиляційна труба; 26 – дифманометр; 27 – напірний трубопровід; 28 – покрівля водоносного пласта; 29 – водоносний пласт; 30 – підошва водоносного пласта.

Горизонтальні водозабори поділяються на: траншейні, галерейні (галереї та штольні) та кяризи. *Вибір типу*

горизонтального водозабору визначається глибиною залягання підземних вод та характером водоспоживання.

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

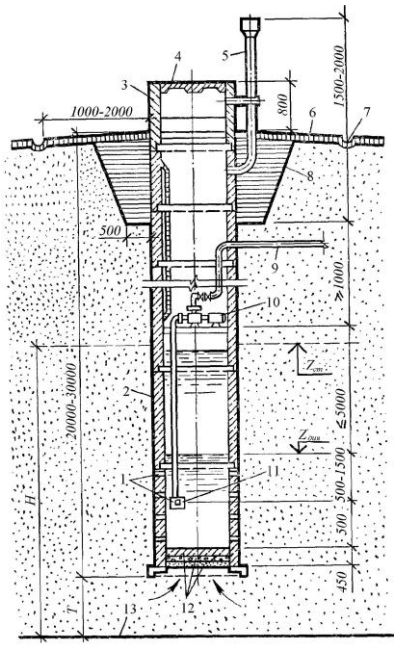

Рис. 6.2. Схема шахтного колодязя:
1 – вікна з пористого бетону для фільтрування води; 2 – ствол; 3 – оголовок; 4 – кришка люка; 5 – вентиляційна труба; 6 – вимощення камінням, або підсипка щебенем; 7 – канава для відведення поверхневої води; 8– глиняний замок, 9 – напірний трубопровід ; 10 – насосний агрегат; 11 – приймальний клапан; 12 – зворотний фільтр; 13 – підошва водоносного пласта.

Траншейні споруди використовуються для відносно невеликого водоспоживання при малій глибині залягання

підземних вод.

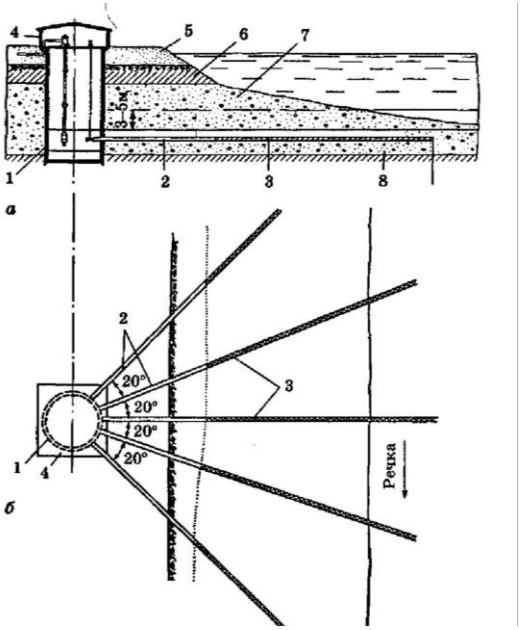

Рис. 6.3. Схема променевого водозабору:
а – розріз; *б* – план;
1 – залізобетонний шахтний колодязь; 2 – глуха частина променевої дрени; 3 – перфорована сталева труба; 4 – наземний павільйон для насосної станції; 5 – насипний грунт; 6 – щільний суглинок; 7 – крупнозернистий пісок та галька; 8 - глина

Кяризи це примітивно влаштовані водозабори, які використовуються для сільськогосподарського водопостачання та зрошення невеликим земельних ділянок у напівпустельних районах з невитриманим заляганням водоносних горизонтів (рис.6.4 та 6.5). Кяризи являють собою систему водозбірних галерей (штолень), що обладнуються вздовж гідроізогіпс, однієї або декількох

відвідних штолень, розташованих приблизно впоперек гідроізогіпс, та низки шахт, через які вибирається ґрунт. У наступному шахти слугують для нагляду, ремонту та вентиляції штолень. Зі збірних штолень вода самопливом надходить у відкритий канал. Найбільше розповсюдження кяризи набули у Туркменістані, Азербайджані та Ірані.

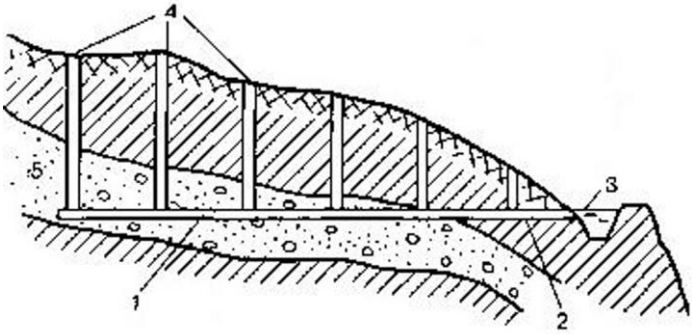

Рис.6.4. Схема кяриза:
1 – водозбірна штольня; *2* – водогінна штольня;
3 – водоприймальний канал (водойма); *4* – наглядові шахти;
5 – водоносний пласт

Рис. 6.5. Кяриз часів середньорічного Гєзлева (Євпаторія)

6.3. Експлуатаційні запаси підземних вод та їхні категорії за ступенем вивченості

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

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

Оцінка експлуатаційних запасів підземних вод полягає в отриманні доказів можливості експлуатації підземних вод при дебіті водозабору та якості води, що задовольняють потребам споживача протягом розрахункового терміну водоспоживання 25 років.

При оцінці експлуатаційних запасів у повній мірі мають бути вивчені якість, кількість та умови експлуатації підземних вод, а також їхні можливі зміни у часі. Залежно *від ступеню вивченості* та *достовірності визначення* цих показників експлуатаційні запаси поділяються на ***розвідані*** – це категорії ***A***, ***B*** і C_1 та ***попередньо оцінені*** – це категорія C_2. ***Прогнозні ресурси*** за ступенем обґрунтованості відносяться до категорії ***P***.

Запаси категорії A підраховуються на детально розвіданих родовищах (ділянках) або родовищах (ділянках), що вже розробляються, стосовно схеми нового або діючого водозабору за сумарним фактичним дебітом свердловин, якій було встановлено під час одиночних та кущових відкачок, або у процесі експлуатації. У складних гідрогеологічних та гідрохімічних умовах для запасів цієї

категорії виконують дослідно-експлуатаційні відкачки.

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

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

Запаси категорії C_2 підраховуються за розрахунковою витратою водозаборів на підґрунті даних випробування одиночних свердловин і результатів інших гідрогеологічних досліджень; за екстраполяцією до запасів більш високих категорій; за аналогією гідрогеологічних умов з більш вивченими площами; за мінімальним дебітом джерел, якій встановлюється одиночними замірами.

Прогнозні ресурси Р - при їхньому розрахунку враховують можливість виявлення нових родовищ підземних вод, наявність та склад яких ґрунтується на загальних гідрогеологічних схемах і передумовах; на гідрогеологічному картуванні, гідрологічних, водно-балансових та геофізичних дослідженнях.

Запаси категорій А та В **встановлюються** у результаті робіт виконаних на стадії розвідка родовищ підземних вод; ***запаси категорій*** C_1 – на підстадії пошуково-оцінювальні роботи та, в окремих випадках, на

стадії розвідки родовищ підземних вод; ***запаси категорій*** C_2 у результаті робіт виконаних на підстадії пошукові роботи та, в окремих випадках, на підстадії пошуково-оцінювальні роботи й на підстадії спеціалізовані гідрогеологічні роботи масштабу 1:50000 (1:25000); ***прогнозні ресурси Р*** - на підстадії спеціалізовані гідрогеологічні роботи масштабу 1:50000 (1:25000) й на підстадії пошукові роботи та, в окремих випадках, на підстадії пошуково-оцінювальні роботи.

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

6.4. Методи визначення експлуатаційних запасів підземних вод

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

Всі методи оцінки експлуатаційних запасів підземних вод поділяються на: гідродинамічні, гідравлічні, балансові та метод гідрогеологічних аналогів.

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

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

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

Негативні риси використання гідродинамічних методів при проведенні оцінки експлуатаційних запасів - вони принципово застосовуються лише для простих гідрогеологічних умов (*«пласт однорідний»*) із чітко встановленими межами і граничними умовами.

2. Гідравлічні методи ґрунтуються на використанні для розрахунків емпіричних залежностей між дебітами та зниженнями рівнів у свердловинах або між зниженнями рівнів та часом. Такі емпіричні залежності встановлюються за даними дослідних відкачок, причому у цьому випадку відкачки проводяться при 2 або 3 ступенях зниженнях.

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

Позитивні риси використання гідравлічних методів при проведенні оцінки експлуатаційних запасів - у розрахунках приймають участь тільки величини дебітів, знижень та часу, які надійно встановлюються у результаті проведення

дослідно-фільтраційних робіт.

Негативні риси використання гідравлічних методів при проведенні оцінки експлуатаційних запасів - відсутність в емпіричних залежностях будь-яких показників забезпеченості розрахункових дебітів джерелами їхнього формування.

3. Балансові методи передбачають оцінку експлуатаційних запасів підземних вод, виходячи з балансу води у зоні роботи водозабірної споруди. Фактично завдання зводиться до кількісної оцінки джерел формування експлуатаційних запасів та полягає у визначенні об'єму води, який може бути відібраний водозабором протягом того чи іншого терміну експлуатації за рахунок виробки природних запасів, часткового або повного перехоплення водозабором природного потоку. Ці методи допоміжні і застосовуються для оцінки експлуатаційних запасів низьких категорій (C_2, іноді C_1), але у той же час їх обов'язково використовують у поєднанні з гідравлічними або гідродинамічними при виконанні оцінки забезпеченості експлуатаційних запасів більш високих категорій *(A, B,* C_1*).*

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

Висновки про використання різних методів оцінки експлуатаційних запасів підземних вод:

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

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

6.5. Поняття про родовище підземних вод

Застосування терміну «*родовище*» для підземних вод раніше неодноразово піддавалося критиці, тому що підземні води на відміну від інших корисних копалин, розповсюджені майже всюди і лише в окремих випадках утворюють оконтурені скупчення.

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

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

Родовища підземних вод (прісних, мінеральних, промислових та термальних) мають багато спільного з родовищами будь-яких інших корисних копалин: (контури у плані та розрізі - тобто межа, визначені об’єми скупчень корисної копалини, специфічні закономірності їхнього формування і розповсюдження, спільність понять запасів корисних копалин тощо). *Для родовищ мінеральних, промислових* та *термальних вод* межі родовища легко

встановлюються на підґрунті урахування кондиційних вимог до якості (за величиною вмісту промислових або біологічно-активних компонентів або за температурою); *для прісних вод* - це питання дискусійне, але прийнято вважати, що контури родовищ підземних вод співпадають з межами області фільтрації, або їх проводять по границі 2-го поясу зони санітарної охорони водозабору.

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

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

1) підземні води швидко сприймають вплив зовнішнього середовища через межі області фільтрації, що виявляється у зміні рівня підземних вод, якості й величини їхніх запасів та у забезпеченні умов відтворення спрацьованих запасів;

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

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

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

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

6) багатоцільове використання підземних вод як корисної копалини та різноманіття вимог до їхньої якості;

7) незамінність води як корисної копалини.

6.6. Класифікація родовищ підземних вод

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

1) родовища річкових долин (рис. 6.6);

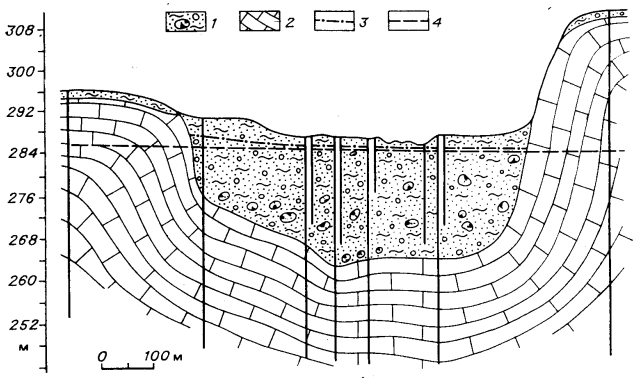

Рис. 6.6. Гідрогеологічний розріз родовища підземних вод річкової долини [46]:

1 – алювіальні відклади (піски, галечники, суглинки, глини);
2 – вапняки; *3*- статичний рівень в алювіальних відкладах;
4 - статичний рівень у вапняках

2) родовища артезіанських басейнів (рис. 6.7);

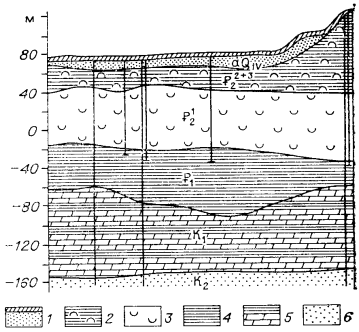

Рис. 6.7. Гідрогеологічний розріз родовища підземних вод артезіанського басейна [46]:

1 – четвертинні алювіальні відклади (водоносні);
2 – еоценові діатомітові глини; *3*- еоценові опоки (основний водоносний горизонт); *4* – палеогенові глини; *5* – верхньокрейдові глини та мергелі;
6 – верхньокрейдові піски та пісковики (водоносний горизонт).

3) родовища конусів виносу передгірських шлейфів і міжгірських западин;

4) родовища обмежених за площею структур або масивів тріщинних і тріщино-карстових порід та зон тектонічних порушень (рис. 6.8);

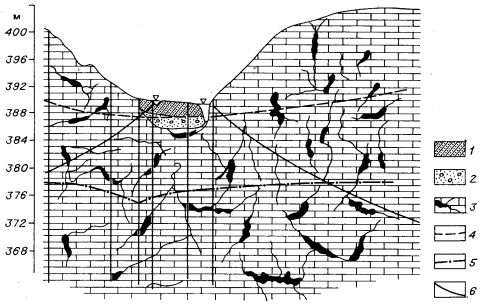

Рис. 6.8. Гідрогеологічний розріз родовища тріщіно-карстових вод у річкової долині [46]:

1 – запіщанені суглинки та супіски з галькою;
2 – грубозернистий пісок з гравієм та галькою; *3*- кавернозний тріщинуватий вапняк; *4* – статичний рівень; *5* – динамічний рівень; *6* – рівень при живленні водоносного горизонту під час повені.

5) родовища піщаних масивів пустель та напівпустель (рис. 6.9);

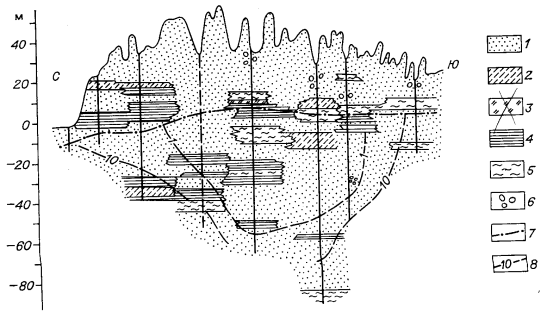

Рис. 6.9. Гідрогеологічний розріз лінзи прісних підземних вод [46]:

1 – піски; *2* – суглинки; *3* - супіски; *4* – глини; *5* – чергування глин, супісків, суглинків та пісків; *6* – валуни; *7* – рівень підземних вод; *8* – межі зон з різною мінералізацією, г/дм^3.

6) родовища водно-льодовикових відкладів;

7) родовища області розвитку багаторічномерзлих порід.

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

6.7. Особливості геологорозвідувальних робіт на родовища підземних вод з метою водопостачання

1) При вивченні родовищ річкових долин вивчають гідрогеологічні умови долини та гідрологічний режим річки.

Пошукові та розвідувальні свердловини розміщують по поперечниках, які січуть долину та закінчуються на

корінному березі - по 4-5 свердловин на поперечнику (поблизу русла, у тиловій частині терас, у місті їхнього причленування до берега та на корінному березі). Таке розміщення дозволяє прослідкувати зміну літологічного складу, потужності та фільтраційних властивостей водовміщуючих порід та якості підземних вод. Відстань між поперечниками приймають від 3-4 км - на підстадії пошукові роботи та до 0,5-1 км - на підстадії пошуково-оцінювальні роботи.

2) При вивченні родовищ артезіанських басейнів пошукові та розвідувальні свердловини розміщують за профілями, що взаємно перетинаються, для отримання характеристики змін фільтраційних властивостей водоносних горизонтів та якості підземних вод за площею.

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

Для родовищ крайових зон артезіанських басейнів додатково визначаються параметри продуктивних водоносних горизонтів у зоні їхнього можливого осушення, умови живлення, розвантаження та взаємозв'язку з підземними водами.

3) При вивченні родовищ конусів виносу для вибору перспективної ділянки пошукові свердловини розташовують за повздовжнім профілем, що проходить від передгір'я до периферії конусу, а при необхідності - за поперечниками, що доходять до міжконусових знижень. Одна свердловина повинна повністю розкрити потужність

водовміщуючих порід, а при великій їхньої потужності виконуються по-інтервальні відкачки.

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

4) Пошук родовищ підземних вод, що приурочені до обмежених за площею структур та масивах тріщинних і тріщино-карстових порід проводять за даними зйомочних робіт масштабу 1:25000 - 1:50000, площинних геофізичних досліджень, буріння та випробування окремих свердловин, що дозволяє визначати площі, ділянки або зони підвищеної водопровідності та водозбагаченості. Поперечники розвідувальних свердловин розбурюються через усе родовище. Виконуються спеціальні водно-балансові дослідження та гідрометричні роботи з обов'язковою організацією постів на вхідному та замикаючому родовище створах.

5) Дослідження родовищ піщаних масивів пустель та напівпустель визначаються конкретними умовами формування лінз прісних вод та потребою у воді. Найважливіше встановити контури лінз прісних вод, умови їхнього живлення, витрати та взаємодії з поверхневими та підстіляючими солоними водами. Для цього на підстадії пошукові роботи виконують гідрогеологічну зйомку, площинні геофізичні дослідження, геоботанічні спостереження та пошукове буріння.

6) При вивченні родовищ водно-льодовикових відкладів часто виникає необхідність буріння значної кількості пошукових і картографовальних свердловин, що пов'язано з різкою мінливістю літологічного складу та потужностей водовміщуючих порід.

7) Родовища підземних вод області розвитку

багаторічномерзлих порід залежно від гідрогеологічних та геокріологічних умов поділяються на такі підтипи родовищ: родовища таликів річкових долин, родовища підозерних та підаласних таликів, родовища підмерзлотних вод артезіанських басейнів.

Глибокі підмерзлотні води внаслідок їхньої високої вартості та технічної складності експлуатації використовують для невеликого водопостачання, тому для їхньої розвідці бурять одиночні розвідувально-експлуатаційні свердловини.

В якості пошукових ознак, що визначають напрямок подальших робіт на *родовища таликів річкових долин*, використовують рослинність, ополонки, полії та незамерзаючі взимку джерела, гідрологічні закономірності зміни стоку в річці та геологоструктурні особливості закладення долини.

Пошукові свердловини задаються за поперечниками та уздовж русла річки, причому їхня частина повинна розкрити талі корінні породи. Для оконтурювання таликів використовують геофізичні методи. Обов’язковими є гідрологічні дослідження й спостереження за поліями, які використовують в якості індикаторів підземних вод та для кількісної оцінки їхнього розвантаження й поповнення у критичний період.

При дослідженні *родовищ підмерзлотних вод міжгірських артезіанських басейнів* доцільно виконання тривалої дослідно-експлуатаційною відкачки у безстічний період з дебітом близьким до проектного.

ГЛАВА 7. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З МЕТОЮ МЕЛІОРАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ

Завдання, види й стадії гідрогеологічних досліджень із метою меліорації земель. Передпроектні (регіональні) гідрогеологічні дослідження. Гідрогеологічні дослідження для обґрунтування проектів зрошення або осушення. Гідрогеологічні дослідження в період будівництва й експлуатації систем зрошення або осушення.

Особливості складу і методики проведення гідрогеологічних досліджень з метою зрошення. Вимоги до гідрогеологічних досліджень, що виконуються з метою зрошення. Типи гідрогеологічних умов зрошуваних територій.

Зміст, склад і методика проведення гідрогеологічних досліджень з метою осушення. Загальні вимоги до гідрогеологічних досліджень, що виконуються з метою осушення. Типи гідрогеологічних умов осушуваних територій.

7.1. Задачі, види та стадії гідрогеологічних досліджень з метою меліорації земель

Меліорація [від лат. «*melioratio*» – покращення] - це сукупність організаційно-господарських і технічних заходів, спрямованих на докорінне покращання земель. *Меліорація дає можливість:*

1) змінювати комплекс природних умов (наприклад, ґрунтових, гідрогеологічних тощо) великих регіонів у потрібному для господарської діяльності людини напрямку;

2) створювати сприятливі для корисної флори та фауни водний, повітряний, тепловий та поживний режими ґрунтів рослинного шару, а також режими вологості, температури й руху повітря у приземному шарі атмосфери;

3) сприяє оздоровлення місцевості та покращенню

природного середовища.

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

Найпоширенішого застосування набула меліорація земель з несприятливим водним режимом. У посушливих землеробних районах, де опадів мало, а випаровуваність висока, запаси ґрунтової вологи поповнюють водою, що штучно подається на поля, тобто застосовують ***зрошення,*** створюючи відкриті та закриті зрошувальні системи.

Меліорація боліт та надлишково зволожених земель спрямована на посилення аерації ґрунту, покращання його температурного режиму та стимуляцію аеробних процесів у розкладенні органічної речовини, що досягається видаленням надлишку води відкритими каналами і закритими дренами із ґрунтового шару у водотоки або водойми, тобто ***осушення.***

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

І. ***Зрошення*** - це комплекс господарських, інженерних та організаційних заходів спрямованих на доставку і рівномірний розподіл води у сільгоспугіддях, які у природних умовах відчувають її нестачу.

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

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

Зрошення земель здійснюють за допомогою ***зрошувальної системи*** – комплексу пов'язаних між собою споруд, будівель та приладів, призначених для забору води із джерела води, транспортування її до зрошуваного масиву, розподілення по поливних ділянках, поливу земель, а також відведення зі зрошуваного масиву дренажних, скидових і ґрунтових вод (рис. 7.1).

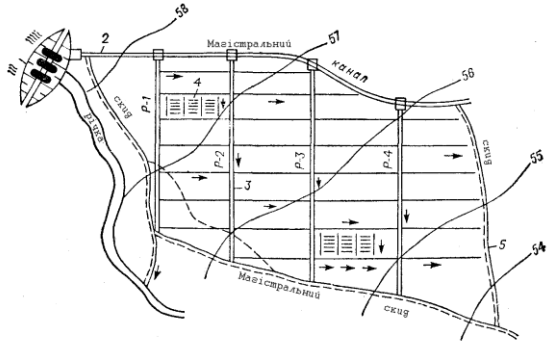

Рис. 7.1. Схема зрошувальної системи:
1 – джерело зрошення; 2 – магістральний канал; 3- розподільчі канали; 4 – тимчасові зрошувачі, відвідні канали і поливні борозни; 5 – магістральний скид та скидова мережа.

До складу великої зрошувальної системи, як правило, входять: зрошувана площа, водосховища, гідротехнічні споруди (водозабірні, водомірні, водорозподільні, поєднуючі), рибозахисні та рибопропускні споруди, відстійники, насосні станції, зрошувальна мережа, водозбірно-скидова дренажна мережа, поливна та дощувальна техніка, засоби управління та автоматизації, засоби контролю за меліоративним станом земель, об'єкти енергопостачання та зв'язку, житлові будинки експлуатаційної служби, шляхи, зелені лісові насадження.

II. ***Осушення*** - це комплекс гідротехнічних, агротехнічних господарських заходів, спрямованих на

попередження або ліквідацію несприятливого впливу води на господарську діяльність людини.

Осушення ґрунтується на гідротехнічних прийомах нормованого вилучення води із рослинного шару ґрунту, в якому знаходиться коренева система рослин, що дає можливість освоювати нові землі та підвищувати їхню сільськогосподарську продуктивність.

Об'єктами осушення є болота, заболочені та мінеральні надлишково зволожені землі. Різниця між ними визначається наявністю та потужністю торфу. При шарі торфу більше 30 см після осушення - це ***болото*** (рис.7.2), при шарі торфу менше 30 см - це ***заболочені землі*** (рис.7.3), а за відсутності торфу - ***мінеральні надлишково зволожені землі***.

Рис. 7.2. Болото

Перезволоження земель зумовлено сукупним впливом комплексу природних факторів. Головними з них є:

1) клімат (заболоченість найбільш характерна для

північних районів при переважанні атмосферних опадів над випаровуванням);

2) геологічна будова (великі болотні масиви тяжіють до геоструктурних знижень);

3) гідрогеологічні умови (глибина залягання ґрунтових вод, наявність водоносних горизонтів та їхній зв'язок з напірними водами тощо);

4) геоморфологія та рельєф місцевості (нерівність місцевості, нахили поверхні);

5) гідрологічні умови та природна дренованість територій (глибина урізу річок, густина річкової мережі, повені).

Рис.7.3. Заболочені землі

До штучних (антропогенових) факторів відносять:

1) підтоплення та затоплення земель при споруджені водосховищ, шлюзів та інших підпірних споруд, а також при неправильній експлуатації систем водопостачання, зрошення та каналізації (втрати води);

2) зниження дренуючої спроможності річок при їхньому замулюванні (розорювання земель до берегів річок,

відсутність протиерозійних заходів);

3) помилки у шляховому будівництві;

4) застосування важкої сільськогосподарської техніки (ущільнення ґрунту сприяє застою води в орному шарі);

5) вирубування лісів і кущів (усувається біологічний дренаж).

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

Осушення земель здійсніться за допомогою ***осушувальної системи*** - комплексу інженерних споруд та пристроїв для покращання водного режиму перезволожених земель (рис. 7.4).

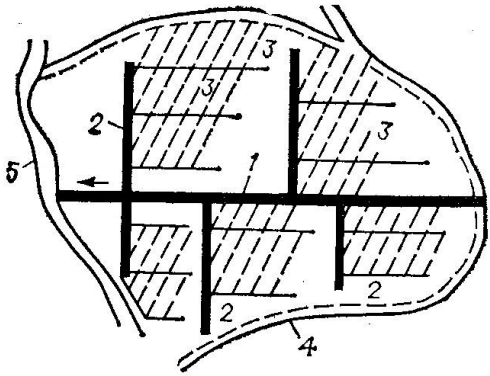

Рис. 7.4. Схема осушувальної системи (горизонтальний дренаж):
1 – магістральний скидний канал; 2 – колектори;
3- осушувачі та збирачі; 4 – контурний скид;
5 – водоприймач.

Головними елементами осушувальної системи є: надлишкове зволожена земельна територія; регулююча мережа (осушувачі, свердловини вертикального дренажу

тощо), огороджувальна мережа (напірні та ловчі канали, дамби тощо), провідна мережа (магістральні канали, колектори тощо); водоприймальник (річка, озеро тощо), гідротехнічні споруди (перепади, гирла каналів, шлюзи, оглядові колодязі, насосні станції тощо); шляхова мережа (дороги, мости, водопропускні труби, переїзди); природоохоронні споруди та прилади (мости-переходи для диких тварин, огорожі, лісосмуги тощо); експлуатаційна мережа (будівлі, гідрометричні пости тощо).

Задачі гідрогеологічних досліджень є спільними для різних видів меліорації земель:

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

2) вибір об’єктів для першочергового сільськогосподарського освоєння;

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

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

5) гідрогеологічні обґрунтування умов роботи та проектування дренажних споруд;

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

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

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

1. Передпроектні (регіональні) гідрогеологічні дослідження.

На 1 етапі з метою попередньої оцінки території, що вивчається, та розробки програми (схеми) її меліоративного освоєння узагальнюються та аналізуються матеріали попередніх регіональних досліджень. У результаті складають схематичні дрібномасштабні карти або схеми гідрогеоло-меліоративного районування територій у межах регіонів, що плануються для меліоративного освоєння.

На 2 етапі здійснюють дослідження з метою техніко-економічного обґрунтування доцільності меліоративного освоєння територій та відбору об'єктів для проектування меліоративного будівництва. Для вирішення задач техніко-економічного обґрунтування проводиться комплексна гідрогеологічна та інженерно-геологічна зйомка масштабу 1:200000.

У результаті проведення зйомочних робіт і використання в якості вихідних матеріалів дрібномасштабних оглядових гідрогеологічних карт, схем гідрогеоло-меліоративного районування та всіх попередніх регіональних досліджень складається гідрогеологічна карта та карта гідрогеологічного районування з характеристикою інженерно-геологічних умов для потреб меліорації масштабу 1:200000.

При районуванні виділяють території, що відрізняються за умовами меліоративного освоєння; попередньо визначається склад необхідних меліоративних заходів та способи їхнього виконання; встановлюються типи дренажних споруд та умови їхньої роботи; здійснюється орієнтовна порівняльна техніко-економічна оцінка умов

меліоративного освоєння окремих масивів і площ територій, що вивчаються.

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

2. Гідрогеологічних дослідження для обґрунтування проектів зрошення або осушення.

Проектування меліоративного будівництва здійснюється у 2 стадії: *проект* і *робоча документація*, або в 1 стадію – *робочий проект* при нескладних природних умовах і порівняно незначної площі зрошення або осушення (до 500 га), а також при складних умовах та невеликій площі досліджень (до 300 га).

Стадія 1 - *проект.* Для обґрунтування проекту зрошувальної або осушувальної системи гідрогеологічні дослідження проводять у межах масивів, зрошення або осушення яких визнано доцільним і економічно ефективним на попередньому етапі досліджень.

Задачі гідрогеологічних досліджень цієї стадії:

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

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

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

Для вирішення отриманих задач проводять спеціалізовану комплексну гідрогеологічну та інженерно-

геологічну зйомку масштабу 1:50000, розвідувальні та дослідно-фільтраційні роботи, стаціонарні дослідження по вивченню режиму ґрунтових вод і водно-сольового балансу, лабораторні роботи, геофізичні дослідження та камеральну обробку матеріалів.

У результаті проведення гідрогеологічних досліджень на цієї стадії:

1) складається гідрогеологічне обґрунтування умов роботи всіх елементів системи зрошення або осушення;

2) здійснюються та уточнюються прогнози режиму ґрунтових вод, водно-сольового балансу території та розвитку інженерно-геологічних процесів;

3) уточнюються умови будівництва різноманітних споруд;

4) визначаються техніко-економічні показники системи зрошення або осушення, що проектується.

На підґрунті меліоративної оцінки території, що вивчається складається комплекс великомасштабних карт (1:50000 - 1:25000) (ландшафтно-індикаційна, глибин залягання, мінералізації та хімічного складу підземних вод, гідродинамічна, геолого-генетичних комплексів, складу та засолення порід, засолення ґрунтів рослинного шару та порід зони аерації, гідрогеологічного та інженерно-геологічного районування для потреб меліорації).

Стадія 2 - *робоча документація*. На цій стадії гідрогеологічні дослідження виконуються з метою конкретизації окремих гідрогеологічних та інженерно-геологічних питань, пов’язаних з уточненням розміщення та конструктивних особливостей окремих споруд системи зрошення або осушення, та питань, що виникають у процесі проектування.

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

Завдання гідрогеологічних досліджень перш за все полягають:

1) у забезпеченні кваліфікованого гідрогеологічного нагляду за будівництвом й експлуатацією системи зрошення або осушення;

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

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

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

Гідрогеологічні дослідження включають:

1) геологічну, гідрогеологічну та інженерно-геологічну документацію у процесі будівництва різноманітних інженерних споруд та буріння свердловин режимної мережі;

2) дослідно-експериментальні роботи;

3) стаціонарні спостереження за режимом і балансом підземних вод;

4) контроль за ефективністю роботи різноманітних споруд та меліоративним станом земель.

7.2. Особливості складу та методики проведення гідрогеологічних досліджень з метою зрошення

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

1. Особливості зйомочних робіт для потреб зрошення:

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

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

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

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

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

При середньомасштабних зйомках (масштаб 1:200000) використовують *опосередковані методи* (аерофотозйомку, геофізичні дослідження, геоморфологічні та геоботанічні

спостереження), що забезпечує швидке отримання інформації, у той же час вона має невисоку достовірність.

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

Зйомка проводиться у 2 етапи.

На 1 етапі проводять маршрутні спостереження у поєднанні з площинними, ландшафтно-індикаційними, геофізичними та іншими методами. У межах кожного морфогенетичного типу рельєфу в хрест його простягання закладається 2-3 опорні геофізичні профілі з проходкою на них 2-3 свердловин глибиною до регіонального водотриву та 1 свердловини з повним розкриттям геолого-літологічного розрізу.

На 2 етапі виконуються роботи у межах виділених типових ділянок та деталізація досліджень за напрямками опорних профілів, що забезпечує наступну екстраполяції отриманих результатів, на всю територію, що вивчається.

2. Особливості стаціонарних спостережень за режимом і балансом підземних вод для потреб зрошення.

Режимні спостереження виконуються з метою виявлення ролі різноманітних природних та штучних факторів у формуванні режиму підземних вод. Для цього створюється *спостережна мережа 3 видів*:

1) опорна регіональна мережа, що знаходиться у веденні гідрогеологічних станцій;

2) внутрішньогосподарська спостережна мережа управлінь зрошувальних систем;

3) тимчасова спостережна мережа різних відомств.

До складу робіт з вивчення режиму підземних вод входить:

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

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

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

4) вивчення елементів сольового балансу ґрунтових вод.

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

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

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

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

Баланс ґрунтових вод, а також їхній сольовий баланс при експериментальному методі досліджень вивчають на спеціально обраних ділянках, типових за гідрогеологічними умовами («*ділянки-ключі*»). При вивченні балансу ґрунтових вод шляхом аналізу рівнянь неусталеного руху ґрунтових вод у кінцевих різностях використовуються відповідним чином розташовані

одиночні спостережні свердловини або їхні «кущі».

7.3. Вимоги до гідрогеологічних досліджень, що виконуються з метою зрошення

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

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

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

б) головні геолого-генетичні комплекси порід, їхній склад, потужності, розповсюдження та умови залягання;

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

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

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

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

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

з) режим поверхневих і підземних вод та його зміни у

часі (протягом не менш ніж 1 рік).

2) *Гідрогеологічні дослідження по вивченню режиму, водного та сольового балансів підземних вод* мають забезпечувати необхідну інформацію для обґрунтування режиму зрошення, дренажу та інших прогнозів.

3) *Гідрогеохімічні параметри* (коефіцієнт дифузії та розчинення солей, швидкість фільтрації, активна пористість та вміст солей) мають бути вивчені у межах всіх типових ділянок.

4) *При вивченні параметрів водно-сольового режиму* має бути охоплена товща порід потужністю не менше 3 м, а при можливості й вся зона аерації.

5) *Прогнози режиму рівнів та хімічного складу ґрунтових вод* мають виконуватись для всієї території, що охоплена впливом меліоративних заходів, причому кількісними методами з наведенням їхньої достовірності.

6) *На ділянках можливого застосування вертикального дренажу* мають бути:

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

б) визначені гідрогеологічні та геохімічні параметри покривних відкладів і водоносних пластів, в яких буде діяти дренаж;

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

г) достовірно встановлена розрахункова схема дії дренажу;

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

7.4. Типи гідрогеологічних умов зрошуваних територій

Залежно від природної дренованості земель, граничних умов у плані та розрізі, а також від наявності напірного живлення ґрунтових вод виділяють *17 типів зрошуваних районів* (рис. 7.5).

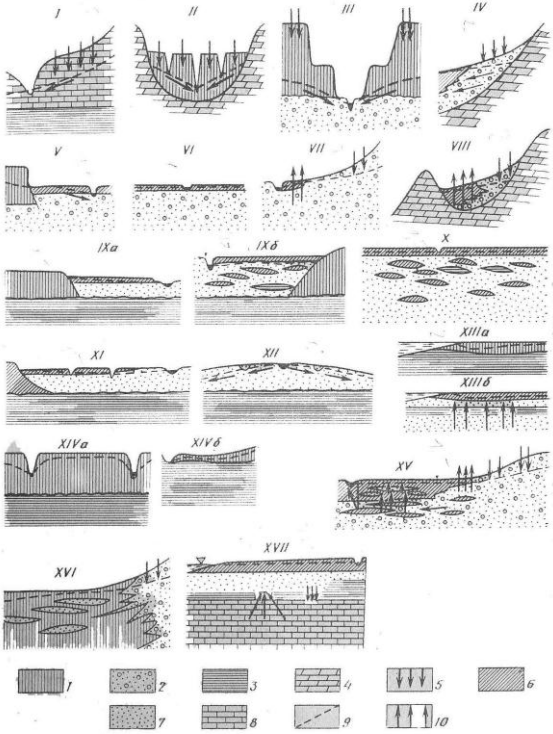

Рис. 7.5. Типи гідрогеологічних умов зрошуваних районів країн СНД (за Д.М. Кацем) [18]:

1 – суглинки, супіски, переважно лесоподібні; *2* – гравійно-галечникові відклади; *3* – водотривкі породи; *4* – дочетвертинні породи різного складу; *5* – низхідні потоки води; *6* – суглинки, глини, супіски; *7* – піски; *8* – добре водопроникні дочетвертинні породи; *9* – рівень ґрунтових вод; *10* – висхідні потоки напірних вод

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

Більшість зрошуваних масивів України розташовано у межах *Причорноморської западини*, для якої характерні $IX^{а}$ та $IX^{б}$, $XIV^{а}$ та $XIV^{б}$, $XV^{а}$ та $XV^{б}$, а також XVII типи гідрогеологічних умов зрошення (див. рис. 7.5).

За складністю гідрогеологічних умов для потреб меліорації зрошувані райони об'єднані в 3 групи:

1 група - ***райони із порівняно простими гідрогеологічними умовами***. Вони характеризуються інтенсивною природною дренованістю земель і стійким глибоким заляганням ґрунтових вод, живлення яких повністю балансується підземним стоком. Ґрунтові води у грунтоутворені участі не приймають**.** Необхідні заходи з боротьби із фільтрацією води з каналів, особливо в умовах I та IV типів районів. Режим ґрунтових вод у більшості районів цієї групи не потребує регулювання.

2 група - ***райони* із *гідрогеологічними умовами середньої* складності.** Вони характеризуються, головним чином, задовільною природною дренованістю та розповсюдженням прісних вод, рівень яких до зрошення залягає на різній глибині, а при зрошенні підіймається до глибини від 0,5-1 м до 4-5 м. Для районів XVIII та XIX типів характерний розвиток єдиних водоносних комплексів ґрунтових і напірних вод з неглибоким заляганням їхнього рівня у зонах виклинювання. Ґрунтові води можуть викликати заболочення ґрунтів, рідше слабке

їхнє засолення. Регулювання режиму ґрунтових вод необхідно у більшості випадків для боротьби з заболоченням ґрунтів та їхнім слабким засоленням і може бути досягнуто застосуванням дренажу та інших заходів.

3 група - ***райони зі складними гідрогеологічними умовами.*** Вони вирізняються слабкою та дуже слабкою природною дренованістю або безстичністю, тому ґрунтові води, головним чином, мають підвищену мінералізацію. У районах XIV^{б}, XV, XVI та часткова XVII типів має місце глибинне живлення ґрунтових вод та неглибоке положення їхнього рівня (майже до виклинювання). В інших районах глибина залягання рівня ґрунтових вод різна, але після зрошення їхній рівень знаходиться на глибині звичайно, менше 2-4 м, що неминуче призводить до засолення ґрунтів, якщо не застосовувати попереджувальні заходи. Для всіх районів з метою регулювання режиму підземних вод доцільним є дренаж, що виключає засолення та заболочування ґрунтів при зрошуванні.

7.5. Зміст, склад та методика проведення гідрогеологічних досліджень з метою осушення

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

Особливістю проведення зйомочних робіт заболочених районів із-за їхньої важкої доступності та поганої прохідності є широке використання опосередкованих методів досліджень (наприклад, аерометодів, ландшафтно-індикаційних тощо), які значно скорочують строки та вартість зйомки. Інформація, що отримують за допомогою непрямих методів перевіряється і доповнюється прямими наземними методами - опорними маршрутами та

дослідженнями на ключових ділянках.

Дослідження на ключових ділянках ***дозволяють*** отримувати інформацію за допомогою якої встановлюється ландшафтно-індикаційні залежності, дешифрувальні ознаки та індикатори гідрогеологічних умов, що є основою для дешифрування результатів опосередкованих досліджень та екстраполяції інформації ключових ділянок на всю площу типового району. Розміри ключових ділянок, їхнє положення та кількість залежать від однорідності ландшафту, складності геолого-гідрогеологічних умов, масштабу зйомки та інших факторів. Наприклад, при складних умовах приймають 1 ключову ділянку на 300-400 км^2 при масштабі 1:200000.

Дослідження на ключових ділянках ***містять*** вивчення геологічної будови та гідрогеологічних умов, фізико-механічних, гідрофізичних і фільтраційних властивостей порід зони аерації та головних водоносних горизонтів, фізико-геологічних процесів та явищ, виявлення кореляційних зв'язків між окремими компонентами гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов і зовнішніми компонентами ландшафту (наприклад, рельєфом, рослинністю, гідрографією тощо).

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

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

У результаті дешифрування аерофотоматеріалів виділяються та окотурюються великі болотні масиви,

проводиться їхня типізація за ландшафтними ознаками, намічаються наземні спостереження найбільш розповсюджених типів болот і систем болотних масивів. Після наземного вивчення ключових ділянок та типових болот результати досліджень екстраполюються на всю площу, що досліджується.

Спостереження за режимом підземних вод здійснюються:

1) *на регіональній спостережній мережі* (з метою вивчення природного режиму та впливу меліорації у регіональному плані; мінімальна тривалість спостережень 3 роки);

2) *на спеціальній гідромеліоративній мережі* (з метою вивчення порушеного режиму підземних вод у межах масиву осушення – це постійні спостереження, та суміжних територій – протягом 5-12 років);

3) на *спеціальній тимчасовій гідромеліоративній мережі* (з метою визначення гідрогеологічних параметрів за даними стаціонарних спостережень).

В якості об'єктів для режимних спостережень обираються найбільш типові у гідрогеолого-геологічному відношенні райони та ділянки, що забезпечує можливість екстраполяції результатів вивчення за методом аналогії на інші території.

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

Спеціальна гідромеліоративна мережа влаштовується у вигляді створів, розташованих дотично до регулюючих частин осушувальної системи (каналів, дрен, збирачів).

Створ складається, щонайменше, з 3-5 спостережних свердловин, частота вимірів дебітів і рівнів - 1 раз у 3-10 днів, гідрохімічні та термометричні дослідження проводяться 2-3 рази на рік.

Водний баланс осушуваних земель визначається експериментально, використовуючи гідродинамічний метод як допоміжний, з метою визначення різниці між притоком та відтоком ґрунтових вод.

Водний баланс складається окремо для ґрунтових вод, зони аерації, поверхневих вод та загальний для всієї території.

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

7.6. Загальні вимоги до гідрогеологічних досліджень, що виконуються з метою осушення

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

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

1) встановленню головних джерел водного живлення перезволожених земель;

2) встановленню типів боліт за умовами їхнього водного живлення та площ їхнього розповсюдження;

3) виявленню фільтраційних властивостей перезволожених ґрунтів, торф’яників і пов’язаних з ними

водоносних горизонтів;

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

За результатами зйомочних робіт масштабу 1:50000 обов'язково складається карта типів водного живлення болот і заболочених земель, яка може бути суміщена з ландшафтно-індикаційною картою. На картах мають бути виділені наступні ***головні типи водного живлення боліт та заболочених земель*** - атмосферний, схиловий, ґрунтовий, ґрунтово-напірний та змішаний.

7.7. Типи гідрогеологічних умов осушуваних територій

Залежно від геологічної будови, обводненності покривних відкладів та ступеню участі напірних вод у їхньої обводнені, гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов ***райони осушення поділяються на 3 категорії*****:** *прості, середньої складності* та *складні* (табл. 7.1).

Гідрогеологічні умови перезволожених земель можна звести до *16 головних типів* (рис. 7.6). Ця класифікація не є універсальною, тому що у межах одного масиву можуть бути ділянки з 2-3 типами умов, у розповсюдженні яких можуть бути наявними або відсутніми деякі закономірності. Однак без цієї класифікації неможливо обрати розрахункову схему, методику вивчення режиму та прогнозу ґрунтових вод.

Таблиця 7.1.

Категорії складності гідрогеологічних умов земель, що осушуються

Оцінка складності умов	Геоморфологічні умови	Основні схеми геологічної будови	Підземні води	Основні методи розрахунку та прогнозу режиму ґрунтових вод
Прості	Заболочені землі й болота на вододілах і схилах озерних і флювіогляціальних рівнин	Однорідні породи	Верховодка	Формули теорії фільтрації для однорідних порід
Середньої складності	Кінцево-моренний ландшафт, конуси виносу, зниження на флювіогляціальних і моренних рівнинах	Двошарові породи	Ґрунтові води	Формули теорії фільтрації для шаруватих порід
Складні	Заплави і дельти річок, кінцево-моренний ландшафт, болота в глибоких депресіях і в давніх улоговинах стоку	Багатошарові породи	Ґрунтові й напірні води	Моделювання

Ступінь участі підземних вод у водному живленні перезволожених земель зростає від 1 типу до останнього (див. рис. 7.6): у *1-5 типах* у перезволожені земель приймає участь переважно верховодка; у *6-11 типах* - притікаючи з боку ґрунтові води; у *12-16* та *7* типах - напірні води. *Режим ґрунтових вод* у останніх типах - *схеми 7, 12-16*, залежить від положення п’єзометричної поверхні напірних вод та вони менше схильні до впливу метеорологічних факторів.

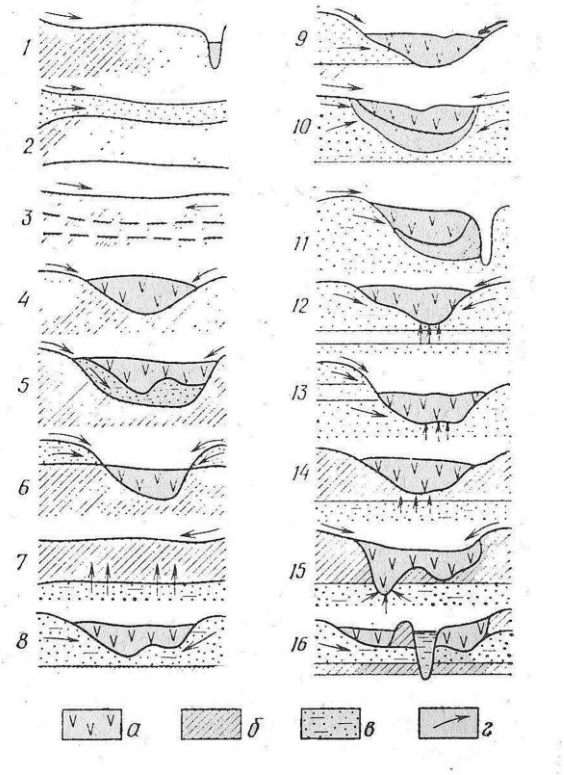

Рис. 7.6. Типи гідрогеологічних умов земель, що осушуються [18]:

а – торф; б – суглинок (глина); в – пісок (супісок, гравій), тріщинуваті скельні породи; г – напрямок руху поверхневих і підземних вод

ГЛАВА 8. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ ПОШУКУ ТА РОЗВІДЦІ МІНЕРАЛЬНИХ (ЛІКУВАЛЬНИХ), ПРОМИСЛОВИХ І ТЕРМАЛЬНИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Основні типи мінеральних, термальних і промислових підземних вод. Загальна схема, основні положення й принципи методики їхніх гідрогеологічних досліджень.

Специфічні особливості, що відрізняють проведення пошуково-розвідувальних робіт на родовища мінеральних, термальних і промислових підземних вод. Класифікація родовищ мінеральних, термальних і промислових підземних вод.

8.1. Основні типи мінеральних (лікувальних), термальних і промислових підземних вод

1. ***Мінеральними (лікувальними) водами*** (згідно з Інструкцією Державної комісії по запасах - ДКЗ) [42] є підземні води, що містять у підвищених концентраціях мінеральні (зрідка, органічні) компоненти та гази, або яким притаманні певні особливі фізичні властивості (радіоактивність, підвищена температура тощо), завдяки чому ці води справляють на організм людини лікувальну дію при зовнішньому або внутрішньому застосуванні.

Для віднесення мінеральних вод до того чи іншого їхнього типу за мінералізацією, вмістом біологічно-активних компонентів та інших показників використовують критерії оцінки, які регламентовані *ДСТУ 878-93 «Води мінеральні питні. Технічні умови»* [12] та галузевим стандартом МОЗ України *ДСТУ 42.10-02-96 «Води мінеральні лікувальні. Технічні вимоги»* [13].

Серед мінеральних вод виділяють такі головні види:

1) залізисті (тип «Шепетівська», Хмельницька обл.);

2) миш’яковисті (тип «Гірськотисенська», Закарпатська

обл.);

3) сірководневі (тип «Синяк», Закарпатська обл.);

4) вуглекислі (тип «Лужанська», Закарпатська обл.);

5) радонові (тип «Хмільник», Вінницька обл.);

6) йодні (тип «Луганська», м. Луганськ);

7) борні (тип «Берегівська», Закарпатська обл.);

8) бромні (тип «Старобєльська», Луганська обл.);

9) кременисті (тип «Ужгородська», м. Ужгород);

10) з підвищеним вмістом органічної речовини (тип «Березовська», Харківська обл.).

Мінеральні (лікувальні) води за характером використання поділяються на 2 категорії – *питні води* (для внутрішнього застосування) та *бальнеологічні води* (для зовнішнього застосування – ванни).

Серед питних вод виділяють 2 групи: *лікувальні столові* з мінералізацією до 8 г/дм^3 та *лікувальні*, що приймаються за призначенням лікаря, з мінералізацією 8-25 г/дм^3.

2. ***Під термальними водами*** розуміють води з температурою вище 20^{0}С.

Існує багато класифікацій підземних вод ***за температурою***, зокрема, класифікація Н.І. Толстихіна [18], що включає:

1) негативно температурні води - ***кріопеги*** (від - 36^{0}С до 0^{0}С);

2) позитивно температурні води - ***пеги*** (до + 20^{0}С);

3) ***терми*** - теплі та гарячі (від 0^{0}С до + 100^{0}С)

4) надгарячі (перегріті) води - ***супертерми*** (від + 100^{0}С до + 700^{0}С);

5) гарячі пари (газ та пара) - ***вапортерми*** (понад + 700^{0}С).

За способом використання виділяють такі групи термальних вод:

1) з температурою ≤ 70^{0}С - для гарячого водопостачання

(парники, теплиці, ферми);

2) з температурою 70^0С ÷ 100^0С - для опалювання, гарячого водопостачання та вироблення електроенергії;

3) з температурою > 100^0С - для одержання електроенергії та теплопостачання.

При вирішенні питання про використання термальних вод завжди враховується їхній хімічний склад та експлуатаційні запаси. Термальні води також можуть використовуватися й з бальнеологічною метою – в якості мінеральних термальних вод (наприклад, азотна термальна мінеральна вода *Ходжа-Обі-Гарм* (Гісарський хребет Тянь-Шаню, 48 км на північ від Душанбе, Туркменістан). Це другий у світі пароеманатерій, де лікують захворювання суглобів, а також гастрити й коліти (курорт засновано у 1935 році, він розташован на висоті 1800 м, вода закипає при +95^0С) (рис. 8.1).

Рис. 8.1. Бальнеологічний курорт Ходжа-Обі-Гарм

3. ***Промисловими називають підземні води***, що містять у розчині корисні компоненти або їхні сполуки (кухонну сіль, *I, Br, B, Li, K* тощо) у концентраціях, що забезпечують у конкретних гідрогеологічних умовах на даному рівні розвитку технології економічно доцільний їхній видобуток та перероблення.

Віднесення природних підземних вод до промислових проводиться за сукупністю ознак, вирішальне значення серед яких мають:

1) рівень концентрації рідкісних елементів у підземних водах;

2) експлуатаційні запаси підземних вод;

3) технологічні можливості як у відношенні видобування окремих елементів із води, так і їхнього комплексного використання;

4) умови експлуатації водозаборів (у першу чергу, глибина свердловини й динамічний рівень підземних вод);

5) умови скидання вироблених вод;

6)фактори техніко-економічного і загальноекономічного порядку (наприклад, наявність шляхів сполучення тощо).

Досвід промислового використання показує, що ***нижній рівень концентрації рідкісних елементів у підземних водах***, що становлять інтерес як потенційно промислові, має бути таким (за цим показником також встановлюється і ***тип промислових вод***): для *йоду* - 18 мг/дм^3, *брому* - 250 мг/дм^3, *літію* - 10-20 мг/дм^3, *рубідію* - 3-5 мг/дм^3, *цезію* - 1 мг/дм^3, *стронцію* - 300-500 мг/дм^3, *бору* - 200 мг/дм^3. При цьому, (при глибині експлуатаційної свердловини - 1000-2000 м та положенні динамічного рівня 300-800 м нижче поверхні) дебіт окремих свердловин має становити не менш ніж 300-1000 м^3/добу.

8.2. Загальна схема, основні положення та принципи методики гідрогеологічних досліджень мінеральних (лікувальних), термальних і промислових підземних вод

За умовами формування, залягання та розповсюдження мінеральні (лікувальні), термальні й промислові підземні води ***мають багато спільного***:

1) розкриваються у глибоких структурних горизонтах;

2) мають підвищену мінералізацію й специфічний хімічний склад;

3) характеризуються незначною залежністю режиму від кліматичних факторів, складними гідрогеохімічними особливостями та пружним режимом при експлуатації.

Усе вище сказане надає підґрунтя використання однієї схеми вивчення мінеральних (лікувальних), термальних і промислових підземних вод та характеристики загальних положень й принципів гідрогеологічних досліджень їхніх родовищ.

Для кожного конкретного родовища промислових і термальних підземних вод має бути встановлена економічна доцільність їхнього використання. Вона має бути якісно втілена та доведена техніко-економічними розрахунками, які виконуються у процесі проектування пошуково-розвідувальних робіт, вивчення та оцінки експлуатаційних запасів родовищ.

Економічна доцільність експлуатації родовищ та їхні експлуатаційні запаси встановлюються на підґрунті ***кондиційних показників*** – це вимоги до якості підземних вод та умов їхньої експлуатації, при дотриманні яких можливо економічно доцільне їхнє використання із водовідбором, що дорівнює величині встановлених експлуатаційних запасів.

До кондиційних показників відносять:

1) вимоги до загального хімічного складу підземних вод;

2) вимоги до вмісту окремих компонентів і газів та до температури;

3) вимоги до умов експлуатації свердловин і глибині залягання продуктивних горизонтів.

Ділянки родовищ, у межах яких економічно доцільне використання підземних вод, називають ***експлуатаційними ділянками.*** Вони виявляються та вивчаються у процесі спеціальних пошуково-розвідувальних робіт.

8.3. Специфічні особливості, що відрізняють проведення пошуково-розвідувальних робіт на родовища мінеральних (лікувальних), термальних і промислових підземних вод

1. ***Мінеральні (лікувальні) підземні води***. Родовища мінеральних вод класифікуються за різноманітними ознаками. Для розвідки найбільший інтерес має типізація родовищ за їхніми геолого-структурними та гідрогеологічними умовами.

Виділяють 6 типів родовищ мінеральних (лікувальних) вод:

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

2) ***Родовища передгірських і міжгірських***

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

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

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

5) ***Родовища, що приурочені до зон розвантаження напірних потоків у басейнах ґрунтових вод*** характеризуються обмеженим розповсюдженням куполів мінеральних вод у ґрунтових потоках, залежністю розмірів та форми куполів від гідродинамічної рівноваги взаємодіючих потоків. Розповсюджені у масивах магматогенно-метаморфічних порід, де до верхньої

тріщинуватої зони приурочені, як правило, прісні ґрунтові потоки, в які по тектонічним порушенням розвантажуються мінеральні води.

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

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

Родовища перших 2 типів відносяться до групи з простими гідрогеологічними умовами. Для них виділення перспективних для розвідки площ можливе на підґрунті аналізу регіональних гідрогеологічних матеріалів, а також рекомендується розвідка бурінням та випробуванням одиночних свердловин (зрідка - кущів). Оцінка експлуатаційних запасів доцільна гідродинамічним і гідравлічним методами (при значній тектонічній порушеності порід та газонасиченості вод), або шляхом їхнього спільного застосування (комбінований метод).

Родовища з 3 по 6 тип відносять до 2 та 3 групи складності. Для них при виділенні ділянок під розвідку окрім аналізу регіональних матеріалів часто потрібне проведення пошукових, термометричних та інших досліджень, буріння пошукових та пошуково-зондувальних свердловин та їхнє масове глибинне

випробування, а також проведення спеціальних розвідувальних робіт. Ці родовища досліджуються бурінням свердловин за створами та спеціальними площинними зйомочними роботами.

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

Розвідувальні та розвідувально-експлуатаційні свердловини розміщують з урахуванням результатів буріння та випробування пошукових свердловин стосовно до схеми майбутнього водозабору, проводяться тривалі дослідно-експлуатаційні відкачки. Мінімальна тривалість дослідно-експлуатаційних відкачок приймається при розвідці родовищ 1 групи, а для родовищ з дуже складними гідрогеологічними та гідрохімічними умовами (3 група) - максимальна.

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

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

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

Належність родовищ промислових вод до того або іншого типу визначає особливості проведення

гідрогеологічних досліджень. Але, для родовищ промислових вод характерні й ***загальні риси***, що визначають особливості пошукових робіт:

1) розташування у глибоких частинах артезіанських басейнів (200 м та більше);

2) широке розповсюдження продуктивних відкладів, їхня відносна витриманість та висока водозбагаченість;

3) значні розміри родовищ та їхніх експлуатаційних запасів;

4) пружноводонапірний режим при експлуатації;

5) обмеженість ділянок, у межах яких можлива раціональна експлуатація.

***При вивченні родовищ промислових підземних вод перш за все виявляють*:**

1) розміри;

2) положення у межах водонапірної системи;

3) глибину залягання та потужність водоносної зони;

4) гідрогеологічні та гідродинамічні особливості.

Оцінка експлуатаційних запасів родовищ промислових вод 1 типу, як правило, виконується гідродинамічним методом, а при високому ступені вивченості – моделюванням; *для родовищ 2 типу* доцільне комплексне застосування гідродинамічного та гідравлічного методів, а при високому ступені вивченості – гідродинамічного метода й моделювання, а на окремих ділянках - моделювання.

При проведенні пошуково-розвідувальних робіт необхідно мати на увазі можливість експлуатації родовищ промислових підземних вод, в ***умовах застосування способу підтримання пластового тиску (ППТ)***. *Застосування* ***ППТ*** *визначається такими умовами*:

1) відсутністю у теперішній час водопідйомного обладнання, що забезпечує експлуатацію свердловин при

зниженні рівня більше 300 м від поверхні землі та дебітах свердловин 500-1000 м^3/добу та більше;

2) великими труднощами в організації скидання відпрацьованих вод поверхневим шляхом.

У таких умовах експлуатація родовищ промислових підземних вод проводиться зі зворотнім закачуванням відпрацьованих вод у продуктивні пласти та підтриманням у них необхідного пластового тиску, що створює сприятливі умови експлуатації свердловин, забезпечує утилізацію відпрацьованих вод, дає можливість суттєвого збільшення експлуатаційних запасів промислових підземних вод та більш повного відпрацювання їхніх природних запасів.

У зв'язку із цим, оцінка експлуатаційних запасів та проектування розробки промислових підземних вод можливі лише на підґрунті обліку та відповідного прогнозу умов роботи експлуатаційних і нагнітальних свердловин, характерів і темпів просування некондиційних вод, що закачуються, оцінки масштабів ***розубожування*** промислових підземних вод («розубожування» – це засмічення корисної копалини при її видобуванні непромисловими сортами та вміщуючими гірськими породами, що призводить до зменшення вмісту корисного компоненту у сировині, яка видобувається, у порівнянні з її вихідним вмістом), обґрунтування найбільш раціональної схеми розміщення водозабірних і нагнітальних свердловин. Тому, часто виникає необхідність постановки спеціальних робіт і випробувань свердловин, застосування моделювання для гідродинамічних та гідрохімічних процесів, що виникають під час розробки родовищ, впровадження засобів контролю та управління експлуатацією водозабірних і нагнітальних свердловин.

3. ***Термальні підземні води.*** Для пошуково-розвідувальних робіт й оцінки експлуатаційних запасів *родовища термальних вод поділяються на 3 типи*:

1) родовища артезіанських басейнів платформного типу;

2) родовища артезіанських басейнів гірсько-складчастих областей;

3) родовища тріщинно-жильного типу гірсько-складчастих областей.

На території держав колишнього СРСР на перші 2 типи припадає понад 90% родовищ.

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

Серед родовищ 3 типу термальних підземних вод виділяють родовища 2 видів:

1) *родовища перегрітих вод (парогідротерм) у районах сучасного й недавнього вулканізму (з температурою від* $+150^0C$ *до* $+200\text{-}300^0C$*)*, характеризуються невеликою глибиною залягання, високою температурою та невеликою мінералізацією підземних вод, наявністю чисельних термоаномалій, тріщинуватістю колекторів, проявами парогідротерм (*гейзерів*). На стадії пошуку ефективними є аерофотозйомка, поверхнева термометрична зйомка (вимірювання температури поверхневих водойм, джерел тощо), гідрогеологічна зйомка та геофізичні дослідження. Розвідувальні свердловини розміщують вздовж встановлених тектонічних порушень, до яких приурочені осередки розвантаження парогідротерм. Експлуатаційні

запаси оцінюються, головним чином, гідравлічним методом. Для оцінки парогідротерм виконується прогноз всіх компонентів, що їх характеризують (температура, витрата пари та її тиску, рівень води);

2) *родовища термальних підземних вод (температура до +100^{0}С) як у районах сучасного й недавнього вулканізму, так і поза областями молодої вулканічної діяльності у складчастих районах, що піддавались впливу неотектонічної діяльності* приурочені, головним чином, до інтрузивних, метаморфічних та вулканогенно-осадових комплексів порід, розбитих системою тектонічних порушень, вирізняються дуже складною будовою, сильною фільтраційною та геотермальною неоднорідністю, локальним розповсюдженням та невеликими розмірами.

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

На стадії пошуку проводиться великомасштабна структурно-геологічна та термометрична зйомки, у свердловинах виконується комплекс термометричних і геофізичних досліджень та їхнє зональне випробування.

На подальших стадіях геологорозвідувальних робіт закладаються, досліджуються та випробуються тривалими дослідно-експлуатаційними відкачками розвідувально-експлуатаційні свердловини.

Експлуатаційні запаси, як правило, оцінюються гідравлічним методом, при цьому *вирішуються наступні специфічні питання:*

1) прогноз температури води на усті експлуатаційної свердловини (за термометричними спостереженнями по

стовбуру свердловини й за допомогою аналітичних рішень);

2) оцінка й урахування впливу газового фактору (зміни газового фактору та введення корективів при визначенні й прогнозах положення рівнів води);

3) розрахунки та прогнози підтягання контурів холодних вод із областей живлення та розвантаження підземних вод.

ГЛАВА 9. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ ПОШУКОВО-РОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБОТАХ Й ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ РОДОВИЩ

Основні типи нафтогазоводоносних басейнів і родовищ нафти та газу.

Етапи та стадії пошуково-розвідувальних робіт на нафту й газ. Регіональний, пошуковий та розвідувальний етап.

Гідрогеологічні показники оцінки перспектив нафтогазоносності басейнів підземних вод. Показники наявності покладів нафти й газу. Показники наявності нафти й газу. Показники умов формування скупчень нафти й газу. Показники умов зберігання та руйнування нафти й газу. Показники наявності пасток нафти й газу.

Гідрогеологічні дослідження при пошуках нафтових і газових родовищ.

Гідрогеологічні дослідження при проведенні розвідки та розробці родовищ нафти й газу.

9.1. Головні типи нафтогазоносних басейнів і родовищ нафти й газу

Нафта й ***газ*** як до, так і після свого існування у вигляді покладів частково знаходяться в розчинному стані у підземних водах. Формування нафтових і газових покладів пов’язане із певними гідрогеологічними умовами у структурах (пастках) та поблизу них, а самі поклади є елементами водонапірних комплексів і систем, з якими вони знаходяться у щільній гідравлічній єдності, фізичній, хімічній та механічній взаємодії.

Як правило, нафтові й газові родовища знаходяться всередині водонапірних систем, утворюючи у сукупності ***нафтогазоводоносні басейни*** або ***нафтогазоносні***

басейни підземних вод. Серед них виділяються *3 головних типи*, що характеризуються певними геолого-структурними та гідрогеологічними особливостями.

Басейни 1 типу (Pz) розташовані у межах платформ з давнім докембрійським фундаментом і частково захоплюють суміжні території давніх крайових прогинів (наприклад, *Дніпрово-Донецький нафтогазоносний басейн підземних вод*). Басейни цього типу розташовуються, головним чином, у межах рівнин та давніх передгір'їв. Для басейнів характерна одноманітність хімічного й газового складу підземних вод, слабка газонасиченість, переважання розсолів і вод хлоридно-кальцієвого типу, значний розвиток і роль сучасних інфільтраційних процесів у водоносних комплексах та слабка рухливість підземних вод, що їх заповнюють.

Басейни II типу (Mz) розташовані на плитах із молодим палеозойським фундаментом, захоплюючи суміжні молоді крайові прогини альпійських гірських споруд (наприклад, *Передкарпатський* та *Причорноморський нафтогазоносні басейни підземних вод*). Басейни цього типу знаходяться у межах рівнин та епіконтинентальних ділянок морів, захоплюючи передгір'я молодих високих гірських споруд. Басейнам притаманне сполучення у розрізі інфільтраційних та ***елізійних систем*** (від лат. «*elisio*» - витискання, виштовхування), широкий розвиток слабомінералізованих підземних вод, нарівні з розсолами, висока газонасиченість та різка мінливість хімічного й газового складу в плані та у розрізу, локальні прояви ***інверсійної гідрохімічної зональності*** (від лат. «*inversio*» - перестановка; зменшення мінералізації з глибиною, замість звичайного зростання) та гідродинамічних аномалій.

Існують, також, **басейни проміжного типу (між I та II**

типами) (наприклад, *Західносибірський нафтогазоносний басейн підземних вод*).

Басейни III типу (Kz) розташовані у внутрішніх структурах (западинах) альпійської складчастої системи (наприклад, *Південно-Каспійський нафтогазоносний басейн підземних вод*). Басейнам цього типу притаманний виключний розвиток елізійного водообміну, надзвичайно висока газонасиченість, інверсійна гідрохімічна зональність, аномально високі пластові тиски у глибоких водоносних комплексах, що зменшуються до крайових ділянок міжгірських западин.

9.2. Етапи та стадії пошуково-розвідувальних робіт на нафту й газ

Геологорозвідувальні роботи на нафту й газ проводяться в 3 етапи, які, у свою чергу, поділяються на стадії:

1) ***Регіональний етап*** - поділяється на 2 стадії: прогноз нафтогазоносності та оцінка зон нафтогазоносності.

2) ***Пошуковий етап*** - поділяється на 2 стадії: виявлення та підготовка об’єктів до пошукового буріння; пошуки родовищ або покладів.

3) ***Розвідувальний етап*** - поділяється на 3 стадії: оцінка родовища; підготовка родовища або покладів до розвідки; експлуатаційна розвідка.

Залежно від масштабу та значущості родовища, ступеню вивченості території та інших факторів окремі стадії можуть вилучатися або об’єднуватися.

Пошуково-розвідувальні роботи на нафту й газ виконуються на підґрунті геологічних і гідрогеологічних узагальнень та містять комплексне вивчення надр за допомогою геолого-структурного картографування, польових і промислових геофізичних досліджень,

пошуково-розвідувального буріння, геохімічних методів розвідки, гідрогеологічних, геохімічних та інших методів досліджень. Гідрогеологічні дослідження проводяться на всіх стадіях пошуково-розвідувальних робіт, а також під час експлуатації нафтових і газових родовищ.

9.3. Гідрогеологічні критерії оцінки перспектив нафтогазоносних басейнів підземних вод

Гідрогеологічні критерії використовуються на різних етапах проведення пошуків на нафту й газ та застосовуються для вирішення конкретних задач, головними з яких є:

1) оцінка перспектив нафтогазоносності конкретних територій;

2) виявлення нафтогазоносних товщ і зон зі сприятливими умовами збереження покладів нафти й газу;

3) виявлення родовищ і покладів нафти й газу.

Залежно від призначення та характеру використання у практиці пошуково-розвідувальних робіт на нафту й газ ***гідрогеологічні критерії (показники)*** *поділяються на 5 груп*:

1) ***Показники наявності покладів нафти та газу*** – це підвищені тиски насичення розчинених у підземних водах газів; вміст у них, вуглеводневих газів, бензолу та його гомологів (від грец. «*homologia*» – спільнота; це група органічних сполук, окремі члени якої відрізняються один від одного групою CH_2, наприклад, метиловий спирт CH_3OH, етиловий спирт CH_3CH_2OH), особливо збільшення цих показників назустріч руху підземних вод та у напрямках, що сприяють накопиченню нафти та газу у геологічних структурах (пастках); значна амплітуда коливань рівня води у свердловинах зі зміною

атмосферного тиску.

2) ***Показники наявності нафти та газу*** - наявність у підземних водах розчинених вуглеводневих газів (метану та його гомологів, наприклад, етану, пропану, бутану тощо), безаргонного азоту та сірководню; підвищений вміст у воді рідких вуглеводнів (бензолу, толуолу), летких жирних кислот і фенолів; високі концентрації у підземних водах амонію, йоду та брому; вміст гідросульфідів і соди; недонасиченість води сульфатами.

3**)** ***Показники умов формування скупчень нафти та газу*** - тривалість елізійних етапів; інтенсивність елізійного водообміну; віддаленість областей живлення; невеликі гідравлічні ухили та швидкості потоків.

4) Показники умов збереження та руйнування нафти та газу. Вони поділяються на:

а) гідрогеологічні – це закритість надр; низькі ухили та швидкості потоків, положення областей живлення (планове та висотне); недоторканість седиментаційних вод; тривалість елізійних та інфільтраційних етапів розвитку систем;

б) гідрогеохімічні – це відсутність у воді високих концентрацій азоту, водню, вуглекислого газу, безсульфатність вод, їхня висока мінералізація та хлоридність (за відсутності соляних покладів), високий вміст брому та гелію, низьке значення хлор-бромного та високе значення гелій-аргонового коефіцієнтів.

5) ***Показники наявності пасток нафти та газу***. Вони поділяються на:

а) гідродинамічні (п’єзомаксимуми та п’єзомінімуми);

б) гідрохімічні (аномалії у верхніх комплексах і горизонтах, по відношенню до перспективних, за загальною мінералізацією, хлоридністю, сульфатністю та мікрокомпонентам);

в) геотермічні (позитивні температурні аномалії у водоносних комплексах і горизонтах, що залягають вище). Всі ці показники пов'язані із джерелами розвантаження водонапірних нафтогазоносних комплексів.

9.4. Гідрогеологічні дослідження при пошуках родовищ нафти та газу

На початкових етапах і стадіях пошукових робіт використовуються матеріали геологічних загальних і спеціальних гідрогеологічних і гідрохімічних зйомок, а також матеріали різних пошуків і буріння опорних свердловин.

Залежно від того, чи відома у цьому районі нафтогазоносність, головну увагу приділяють показникам наявності нафти та газу або показникам їхнього збереження.

На окремих ділянках використовуються спеціальні гідрохімічні зйомки з метою виявлення пасток (гідрохімічних аномалій), або для отримання показників наявності нафти та газу у районі, де ще не виявлена нафтогазоносність.

На стадії пошукового буріння головну роль відіграють гідрогеологічні відомості, що були отримані внаслідок буріння опорних, параметричних і пошукових свердловин та їхнього гідрогеологічного випробування. У результаті встановлюються найважливіші показники наявності пасток нафти й газу та нафтогазових скупчень, а також показники умов збереження нафти та газу у перспективних горизонтах.

На всіх стадіях пошукових робіт проводяться гідрогеологічні дослідження з метою збору матеріалів для порівняльної оцінки перспектив нафтогазоносності

окремих басейнів, районів, площ і горизонтів. Головним чином, використовуються, якщо є можливість, всі гідрогеологічні показники, а при наявності достатньо містких матеріалів опорного й глибокого пошукового буріння - показники наявності покладів нафти й газу та показники умов збереження нафти й газу.

На підґрунті комплексного використання різноманітних гідрогеологічних показників складаються оціночні карти перспектив нафтогазоносності для окремих водоносних комплексів і районів у цілому.

9.5. Гідрогеологічні дослідження при розвідці та розробці родовищ нафти та газу

З метою успішного вирішення завдань промислової гідрогеології у процесі розвідки та розробки родовищ нафти й газу *мають бути отримані дані, що характеризують*:

1) просторово-геологічне положення підземних вод і покладів нафти й газу, а також їхній взаємозв’язок;

2) хімічний склад підземних вод;

3) положення статичних рівнів і величин пластових тисків по усіх пов’язаних із нафтогазопроявами водоносних горизонтах і комплексах;

4) склад і вміст розчинених у воді газів;

5) гідродинамічні параметри продуктивних і пов’язаних з ними водоносних горизонтів;

6) геотермічні умови родовища, що вивчається;

7) режим продуктивних нафтогазоносних горизонтів і гідродинамічні умови їхньої експлуатації.

У промисловій практиці підземні води нафтогазових родовищ поділяються на:

1) *пластові* (гравітаційні води нафтогазоводоносних

пластів);

2) *тектонічні* (що рухаються по тектонічним порушенням у межах родовищ);

3) *зв'язані* (капілярні, затиснуті та інші сполучені води, що знаходяться всередині нафтогазонасиченої частини пласту);

4) *конденсаційні* (що виділяються із газів при конденсації водяної пари);

5) *технічні* (штучно введені у продуктивні шари при бурінні свердловин, промиванні та обводнені пластів з метою підтримання пластового тиску).

Найбільше розповсюдження, важливість та значення мають ***пластові води*** (рис. 9.1), які залежно від їхнього просторового розташування відносно нафтових і газових покладів поділяються на *нижні крайові* (контурні), *підошвені*, *проміжні*, *верхні крайові* (зустрічаються вкрай рідко), *верхні* та *нижні* води.

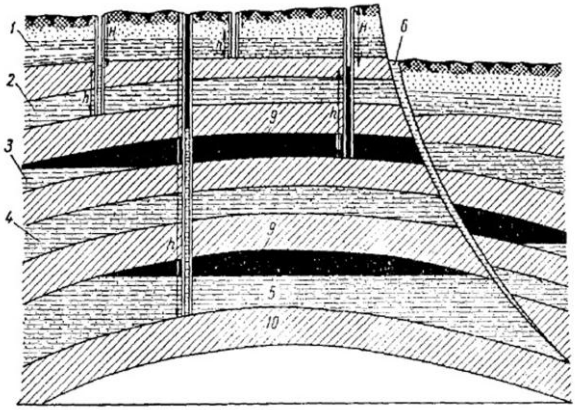

Рис. 9.1. Пластові води:

1 – з вільною поверхнею (ненапорні); *2* – верхня відносно нафтоносного горизонту; *3* – крайова приконтурної зони (нижня крайова напірна); *4* - нижня відносно нафтоносного горизонту (нижня напірна); *5* – підошвіна; *6* – глибинна; *7* – проміжна; *8* – верхня крайова; *9* – нафта; *10* – глина; *11* – глибина рівня

У процесі розвідувальних робіт гідрогеологічні дослідження проводяться ***з метою***:

1) встановлення наявності покладів нафти та газу;

2) визначення положення нафтогазоводяних контактів і нафтових облямівок газових покладів та їхніх можливих зміщень;

3) вивчення загального сольового й газового складу підземних води;

4) визначення положення статичних рівнів і значень пластових тисків;

5) уточнення гідрогеологічних і гідрохімічних особливостей розрізу родовища;

6) виявлення гідродинамічних властивостей та параметрів продуктивних пластів і свердловин;

7) встановлення комплексу прямих і непрямих показників нафтогазоносності розрізу.

Головними шляхами отримання інформації на цьому етапі є гідрогеологічні спостереження та дослідження при бурінні розвідувальних, опорних, параметричних і розвідувально-експлуатаційних свердловин, а також спеціальне випробування різних категорій свердловин після їхнього буріння.

Отриману у результаті досліджень інформацію про гідрогеологічні умови родовища, що розвідується, відображують на типових гідрогеологічних розрізах, а для родовищ з різкою зміною гідрогеологічних показників по площі - на різноманітних картах (наприклад, хімічного складу, мінералізації тощо) по окремих нафтогазоносних комплексах і горизонтах підземних вод.

Отриману під час розвідувальних робіт інформацію (особливо про режим нафтоводоносних пластів, їхні гідродинамічні властивості та параметри, умови експлуатації свердловин) використовують як для

проектування, так і для розробки нафтогазових родовищ.

Головними завданнями гідрогеологічних досліджень під час підготовки й введення в експлуатацію нафтогазових покладів є:

1) узагальнення всіх раніше зібраних матеріалів;

2) визначення можливого режиму експлуатації покладів;

3) обґрунтування найбільш раціональної схеми розробки родовищ і шляхів здійснення контролю за експлуатацією нафтогазових покладів.

Для прогнозу можливих режимів роботи нафтогазоводоносних пластів при їхньої експлуатації необхідно мати гідрогеологічні відомості про будову водонапірної системи, просторову витриманість її нафтогазоводоносних комплексів і горизонтів, віддаленість покладів від областей їхнього живлення й розвантаження та ступеню їхнього гідравлічного зв'язку із цими областями, можливості існування гідравлічного зв'язку продуктивних і непродуктивних горизонтів, ступеню їхнього нафтогазонасичення, об'ємах і пружних запасах нафтогазоводоносних комплексів, фільтраційних властивостях продуктивної та законтурної областей систем.

Всі ці відомості отримують внаслідок гідрогеологічних спостережень та випробування свердловин різних категорій (опорних, параметричних, розвідувальних, експлуатаційних, спостережних). Виняткову цінність мають результати спостережень за глибокими свердловинами режимної мережі, що забезпечує можливість визначення режиму глибокозалягаючих водоносних і нафтогазоводоносних горизонтів від зон живлення до зон їхнього розвантаження із урахуванням головних регіональних закономірностей режиму підземних вод. Саме режим роботи

нафтогазоводоносних пластів багато у чому визначає систему заходів з проектування, здійснення й контролю процесу розробки нафтогазових родовищ.

На практиці широко застосовується система розробки нафтогазових родовищ в умовах водонапірного режиму з *підтримуванням пластового тиску (ППТ)* шляхом нагнітання води (або газу) у продуктивні пласти. Для обґрунтування проектування такої системи проводяться спеціальні гідрогеологічні дослідження із пошуків джерел обводнення, їхньої розвідки, оцінки та прогнозу умов їхньої експлуатації для заводнення нафтогазових родовищ.

Гідрогеологічні дослідження, пов'язані з розробкою нафтогазових покладів, починають у перших розвідувально-експлуатаційних свердловинах, в яких при випробуванні були отримані притоки нафти та газу.

Протягом всієї експлуатації покладів здійснюються спостереження та дослідження у законтурних свердловинах**. *Метою цих досліджень й спостережень* є:**

1) виявлення змін тиску у покладах і перерозподілу його за площею;

2) виявлення змін нафтогазонасиченості й водонасиченості пластів;

3) виявлення переміщення водогазонафтових і газоводяних контурів;

4) виявлення змін фізичних і хімічних властивостей нафти, газу та води, що вилучаються з покладів.

Для виконання цього завдання проводяться точні виміри дебітів рідини, визначають вміст у ній нафти й води у всіх свердловинах та в цілому у покладах. Отримані відомості узагальнюються у вигляді кривих у найбільш характерних свердловинах і у покладах, що розробляються.

Окрім того, проводяться безперервні спостереження за зміною рівнів у п’єзометричних свердловинах - це або розвідувальні свердловини, що опинились за контуром нафтогазоносності, або свердловини, що раніше вже експлуатувалися, а потім заводнились пластовою водою; дуже рідко проходять спеціальні п’єзометричні свердловини.

Законтурні свердловини дають уяву про пластовий тиск у період розробки й експлуатації нафтогазового покладу. З початком його розробки проводяться спостереження за зміною рівнів води у цих свердловинах шляхом безперервного їхнього вимірювання реєстраційними *рівнемірами*, або *манометрами* з наступною побудовою графіків зміни динамічного рівня із часом. Щорічно, для спостереження за переміщенням газонафтових і воднонафтових контурів складаються карти заводненості із нанесенням на них свердловин, що заводнились та контурів нафтогазоносності.

З метою вивчення змін хімічного складу та властивостей підземних вод у часі з експлуатаційних і спостережних свердловин відбирають проби води на хімічний аналіз та інші визначення приблизно через кожні 10 діб протягом перших 3-х місяців із часу припливу води, потім через місяць протягом року, а надалі - не менше 2-х разів на рік.

Отримані у результаті всіх видів спостережень, лабораторних робіт і спеціальних досліджень гідрогеологічні і гідрохімічні відомості систематизують та зображують у вигляді різних розрізів, профілів, карт і графіків, що використовуються для управління процесом розробки нафтогазоносного родовища.

ГЛАВА 10. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ ПОШУКУ, РОЗВІДЦІ ТА РОЗРОБЦІ РОДОВИЩ ТВЕРДИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Мета й завдання гідрогеологічних досліджень родовищ твердих корисних копалин. Гідрогеологічні дослідження з метою вивчення природних умов родовища. Гідрогеологічні дослідження як спеціальні методи пошуку і розвідки родовищ. Гідрогеологічні дослідження з метою вивчення й оцінки підземних вод, як джерел для господарсько-питного й виробничо-технічного водопостачання об'єктів гірничорудних та переробних підприємств.

Особливості й зміст гідрогеологічних досліджень на різних стадіях пошуково-розвідувальних робіт та розробці родовищ твердих корисних копалин.

10.1. Мета та завдання гідрогеологічних досліджень родовищ твердих корисних копалин

Гідрогеологічні дослідження при пошуково-розвідувальних роботах і розробці родовищ твердих корисних копалин можуть проводитись у 3 різних аспектах, що відрізняються їхнім цільовим напрямком і характером досліджень, що виконуються.

1 випадок. ***Гідрогеологічні дослідження проводяться з метою вивчення природних умов родовища*** та їхньої оцінки як одного із головних чинників, що визначають умови розвідки, доцільність й ефективність освоєння та експлуатації родовища.

Підземні води, у цьому випадку, розглядаються як шкідливий фактор, що суттєво ускладнює умови розвідки й розробки родовища та визначає нерентабельність його промислового освоєння у теперішній час.

Гідрогеологічні дослідження, що виконуються з цією

метою передбачаються у загальному проекті геологорозвідувальних робіт, проводяться у межах встановленої для них стадійності, за одній з ними програмі та фінансуються за рахунок коштів на геологорозвідувальні роботи на головну корисну копалину.

2 випадок. ***Гідрогеологічні дослідження виконуються як спеціальні методи*** пошуку і розвідки родовищ, та мають на меті оцінку перспектив території на різноманітні корисні копалини, підвищення ефективності головного комплексу геологорозвідувальних робіт на місцеві корисні копалини.

Підземні води, у цьому випадку, розглядаються як найважливіший геологічний агент який приймає участь у різноманітних гідрогеохімічних процесах, що визначають міграцію хімічних елементів у земної корі, їхнє концентрування у вигляді рудних покладів і родовищ, та як джерело інформації про місце знаходження родовищ, про умови їхнього формування та руйнування.

Гідрогеологічні дослідження можуть бути проведені як у сукупності з іншими методами пошуку і розвідки родовищ, так і самостійно або у складі пошуково-зйомочних робіт.

3 випадок. ***Гідрогеологічні дослідження проводяться з метою вивчення та оцінки підземних вод,*** як можливих джерел для господарсько-питного та виробничо-технічного водопостачання підприємств у процесі промислового освоєння й розробки родовищ.

Підземні води самі розглядаються як корисна копалина, а пошуково-розвідувальні роботи виконуються за окремими геологічними завданнями у відповідності зі встановленими положеннями про гідрогеологічні дослідження для потреб водопостачання.

Надалі, докладно буде розглянуто лише *1 випадок*, коли

гідрогеологічні дослідження виконуються у загальному комплексі геологорозвідувальних робіт, спрямованих на пошук та розвідку твердих корисних копалин.

У результаті проведення гідрогеологічних досліджень у складі комплексу геологорозвідувальних робіт мають бути вирішені наступні конкретні завдання:

1) Вивчені загальні гідрогеологічні та інженерно-геологічні умови району родовища.

2) Вивчені головні водоносні горизонти та комплекси, що можуть приймати участь в обводнені родовища (умови їхнього розповсюдження, живлення та розвантаження, хімічний та бактеріологічний склад підземних вод, положення рівнів, розрахункові гідрогеологічні параметри).

3) Оцінені можливі водопритоки у гірничі виробки та обґрунтовані заходи, що до їхнього захисту від підземних вод.

4) Оцінений можливий вплив підземних вод на інженерні споруди, конструкційні матеріали та механізми, вміст у них корисних компонентів і шкідливих домішок.

5) Наданий прогноз впливу експлуатаційного водовідливу на підземні води та оточуюче середовище у районі родовища, а також прогноз розвитку несприятливих фізико-геологічних явищ і процесів.

6) Виконано обґрунтування можливостей використання, відводу, видалення та збереження підземних вод, що відкачуються при осушенні родовища у процесі його експлуатації.

7) Виконана попередня оцінка можливих джерел господарсько-питного та виробничо-технічного водопостачання, що забезпечують потребу майбутніх гірничопромислових підприємств.

8) Надані рекомендації з проведення подальших

спеціальних гідрогеологічних та інших досліджень й пошуків.

Одночасно з гідрогеологічними та у комплексі з ними проводяться й необхідні інженерно-геологічні дослідження.

10.2. Особливості й зміст гідрогеологічних досліджень на різних стадіях пошуково-розвідувальних робіт і розробки родовищ твердих корисних копалин

Геологорозвідувальні роботи на тверді корисні копалини проводяться за такими стадіями:

<u>Стадія I</u>. Регіональне геологічне вивчення території України

Підстадія I-1. Регіональні геолого-геофізичні дослідження масштабу 1:1000000 - 1:500000.

Підстадія I-2. Регіональні геологозйомочні, геофізичні й геологопрогнозні роботи масштабу 1:200000 (1:100000).

Підстадія I-3. Геологозйомочні й геологопрогнозні роботи масштабу 1:50000 (1:25000).

<u>Стадія II</u>. Пошук та пошукова оцінка родовищ корисних копалин

Підстадія II-1. Пошукові роботи.

Підстадія II-2. Пошуково-оцінювальні роботи.

<u>Стадія III</u>. Розвідка родовищ корисних копалин

На кожній із цих стадій виконується той чи інший комплекс гідрогеологічних досліджень.

Стадія I. Регіональне геологічне вивчення території України.

Регіональне геологічне вивчення проводиться ***з метою*** пізнання геологічної будови і гідрогеологічних умов великих територій, виявлення корисних копалин, оцінки

їхніх прогнозних ресурсів і виділення площ, що є перспективними для пошуків.

З гідрогеологічних досліджень на цієї стадії проводяться регіональні гідрогеологічні зйомочні роботи (1:200000 - 1:100000), а також регіональні гідрогеохімічні та радіогідрогеологічні дослідження (з метою виявлення перспективних територій для пошуку сульфідних, поліметалічних, кольорових, уранових та рідкометальних корисних копалин).

Види та об'єми *гідрогеологічних досліджень*, що виконуються на подальших стадіях суттєво залежать від складності природних умов родовищ, що вивчаються.

За ступенем складності гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов виділяють 3 групи родовищ твердих корисних копалин: з *простими*, *складними* та *дуже складними умовами*.

До родовищ з простими умовами (рис. 10.1) відносяться безводні або слабо обводнені родовища, освоєння яких не призводить до розвитку ускладнюючих їхню розробку інженерно-геологічних явищ та не потребує попереднього здійснення захисних заходів.

До цієї групи відносяться родовища, що складені скельними породами, які не карстуються, або обводненими піщано-глинистими відкладами.

До родовищ зі складними умовами (рис. 10.2) відносяться ті родовища, розробка яких пов'язана із попереднім проведенням заходів, спрямованих на боротьбу з підземними водами або на підвищення стійкості гірських порід (при цьому проведення цих заходів проходить без особливих ускладнень).

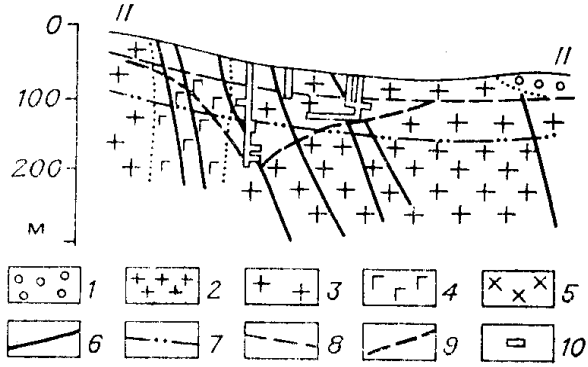

Рис. 10.1. Схематичний гідрогеологічний розріз поліметалічного родовища Забайкальської гірсько-складчастої складчастості у зоні розлому в масиві гранодіориту [46]:
(максимальні водопритоки у систему підземних гірничих виробок на глибині 400 м не перевищують 460 м^3/год.):
1 – алювіальні відклади; 2 – граніти біотитові; 3 – гранити лейкократові; 4 – діорити; 5 – гранодіорити; 6 – зони розломів; 7 – межа розповсюдження тріщиних вод зони вивітрювання; 8 – статичний рівень; 9 – динамічний рівень; 10 - експлуатаційні шахти.

До цієї групи відносяться родовища, що приурочені до потужного комплексу водоносних піщаних і піщано-глинистих відкладів.

До родовищ з дуже складними умовами (рис. 10.3 та 10.4) відносяться ті родовища, розробка яких можлива лише при широкому використанні спеціальних методів проходки гірничих виробок, попередніх великих осушувальних заходів або водознижень, здійснення яких ускладнюється особливо несприятливими інженерно-геологічними властивостями порід або високою та нерівномірною обводненістю родовищ. Часто виникає потреба проведення заходів із відведення або ізоляції поверхневих водотоків і водоймищ.

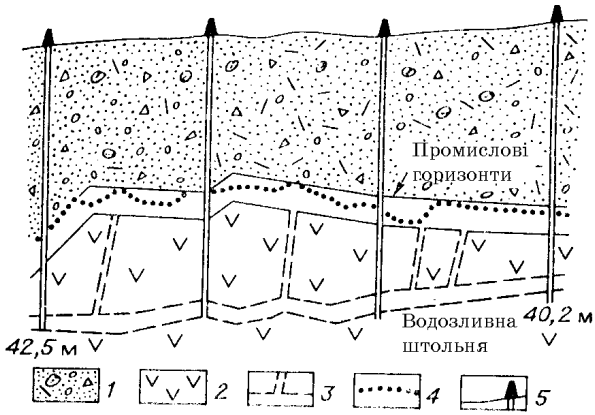

Рис. 10.2. Схематичний розріз Ленських золотоносних розсипів, що дренується штольнею [46]:
(водопритоки до системи штолень вільного водозливу досягають понад 2500 м^3/год.):
1 – валунно-піщані та уламкові відклади; 2 – корінні породи; 3 – водоспускні виробки; 4 – контакт пухкої товщі із корінними породами; 5 – шахта.

До цієї групи належать родовища у карбонатних карстуючихся породах (див. рис. 10.3), родовища солей та області розповсюдження багаторічномерзлих порід, родовища, перекриті потужними водоносними пухкими породами, а також, родовища, що розташовані поблизу поверхневих водотоків і водоймищ, як можливих джерел їхнього обводнення (див. рис. 10.4).

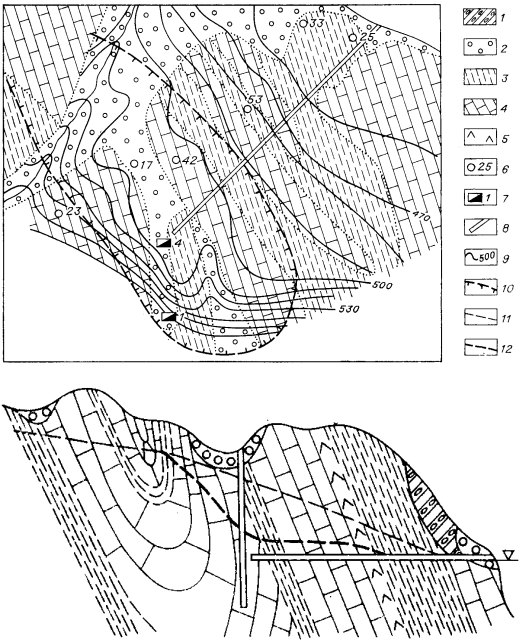

Рис. 10.3. Гідрогеологічна схема та розріз Слюдяньського флогопітового родовища [46]:

(водопритоки до дренажної штольні, що має довжину 3,5 км, досягають понад 6000 м^3/год.):

1 – делювіальні відклади; 2 – алювіальні відклади; 3 – гнейси, сланці; 4 – мармури; 5 – кварц-діопсидові та кварц-карбонатні породи; 6 – гідрогеологічна свердловина та її номер; 7 – шахта та її номер; 8 – дренажна штольня; 9 – гідроізогіпса та її відмітка, м; 10 – контур депресійної лійки; 11 – статичний рівень; 12 – динамічний рівень.

Чим складніші гідрогеологічні та інженерно-геологічні умови родовищ, тим більш значні за об’ємом та вартістю проводяться дослідження.

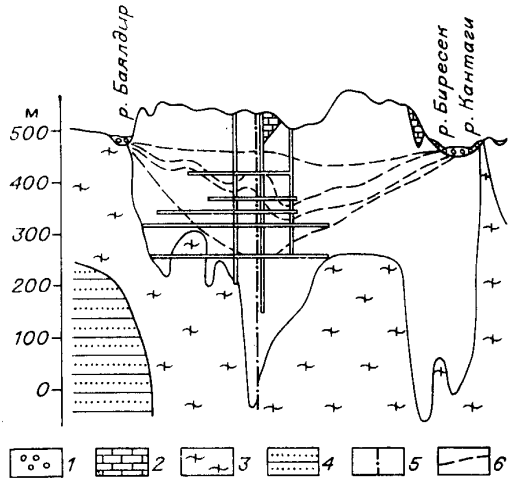

Рис. 10.4. Схематичний розріз району Миргалімсайського родовища свинцево-цинкових руд [46]:

(у товщі рудовміщуючих і покривних порід утворено комплекс напірних вод різної мінералізації – від прісних до мінералізованих; верхні водоносні горизонти зв'язані із поверхневими водами гідрографічною мережею):

1 – алювіальні відклади; 2 – вапняки й доломіти карбону та девону; 3 – аргіліти верхнього девону; 4 – пісковики середнього та верхнього девону; 5 – тектонічне порушення; 6 – зміна рівня підземних вод на різних стадіях розробки родовища.

Стадія II. Пошук та пошукова оцінка родовищ корисних копалин

Підстадія II-1. ***Пошукові роботи.***

Пошукові роботи проводяться ***з метою*** виявлення корисних копалин у межах відомих і потенційних рудних (продуктивних) полів, зон, басейнів, локальних перспективних ділянок надр, виділених попередніми геологозйомочними, геологопрогнозними та іншими геологорозвідувальними роботами.

У процесі пошукових робіт (геологічна зйомка 1:25000-1:5000 та спеціальні методи пошуків корисних копалин)

проводяться такі ***гідрогеологічні та інженерно-геологічні дослідження*:**

1) супутні гідрогеологічні спостереження при бурінні пошукових, картографовальних та опорних свердловин;

2) вимірюються рівні води та температура головних водоносних горизонтів, відбирають проби води на хімічний аналіз;

3) проводять опис керну;

4) досліджують наявні діючі шахти та кар'єри;

5) якщо необхідно, проводять найпростіші дослідно-фільтраційні випробування опорних та картографовальних свердловин (експрес-випробування, пробні відкачки та прокачування).

Підстадія II-2. ***Пошуково-оцінювальні роботи***.

Об'єктами пошуково-оцінювальних робіт можуть бути:

1) потенційні родовища корисних копалин;

2) перспективні ділянки надр та прояви корисних копалин, що рекомендовані для подальших геологорозвідувальних робіт.

Головними завданнями пошуково-оцінювальних робіт є:

1) відбракування проявів корисних копалин, що не придатні для промислового використання;

2) попередня геолого-економічна оцінка промислового значення відкритих родовищ корисних копалин і доцільності їхнього промислового освоєння;

3) підготовка першочергових об'єктів до проведення розвідувальних робіт.

На цій стадії проводиться ***комплекс досліджень***, який має забезпечити вивчення та оцінку геолого-гідрогеологічних, гідрогеологічних та інших умов освоєння родовища, а також виконання необхідних гідрогеологічних прогнозів й обґрунтувань для об'єктивної

оцінки можливостей освоєння родовища.

Мають бути:

1) вивчені головні водоносні горизонти та комплекси, розповсюджені як у межах родовищ, так і за його межами; їхній взаємозв'язок між собою та з поверхневими водами, головні гідрогеологічні параметри;

2) попередньо оцінені можливі водопритоки у розвідувальні й експлуатаційні гірничі виробки та заходи боротьби із підземними та поверхневими водами;

3) встановлені гідрофізичні та фізико-механічні властивості порід, їхня стійкість у підземних гірничих виробках та схилах кар'єрів, а також можливість виникнення несприятливих для розробки родовища гірничо-геологічних явищ (наприклад, прориви пливунів, обвалення та осипи);

4) оцінено вплив осушення родовища на навколишнє середовище;

5) охарактеризовано умови водопостачання майбутніх гірничих підприємств.

У свою чергу, ***матеріали виконаних досліджень повинні дозволяти:***

1) поділити родовища на ділянки, що є різними за гідрогеологічними та інженерно-геологічними умовами;

2) обґрунтувати з точки зору гідрогеології та інженерної геології доцільність розробки родовища відкритим або підземним способом, а також надати орієнтовну економічну оцінку заходів із боротьби з водопритоками;

3) вивчити гідрогеологічні умови (загальні) наземного будівництва у районі родовища.

Для вирішення отриманих завдань виконується комплекс гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень, що містить наступні ***види робіт***:

1) комплексну гідрогеологічну та інженерно-геологічну

зйомку району родовища масштабу 1:25000 та крупніше (залежно від складності природних умов і розмірів родовища);

2) буріння спеціальних свердловин з метою гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень (наприклад, дослідно-фільтраційні випробування, відбір проб води, режимні спостереження тощо);

3) гідрогеологічні спостереження та документація при бурінні й випробуванні розвідувальних свердловин;

4) дослідно-фільтраційні роботи (одиночні й кущові відкачки) зі спеціальних гідрогеологічних і розвідувальних свердловин, розташованих на характерних у гідрогеологічному відношенні ділянках розповсюдження головних водоносних горизонтів;

5) спостереження за режимом підземних і поверхневих вод;

6) лабораторне вивчення гідрофізичних і фізико-механічних властивостей порід, а також хімічного складу підземних і поверхневих вод (з відбором проб зі всіх головних водопунктів;

7) геофізичні дослідження для вивчення гідрогеологічних й інженерно-геологічних умов району родовища (профільні й площинні зйомки, геофізичні дослідження у свердловинах).

Весь комплекс виконаних гідрогеологічних досліджень на цієї стадії ***має забезпечувати*** вивчення гідрогеологічних умов району родовища та їхню схематизацію для вирішення головних гідрогеологічних прогнозів й обґрунтувань.

Стадія III. Розвідка родовищ корисних копалин

Розвідка проводиться тільки на тих родовищах (ділянках) корисних копалин, які отримали позитивну геолого-економічну оцінку за результатами попередніх

геологорозвідувальних робіт і були визнані першочерговими для промислового освоєння.

Об'єктами розвідувальних робіт можуть бути:

1) попередньо розвідані родовища (ділянки) корисних копалин, що рекомендовані до розвідки за позитивними результатами пошуково-оцінювальних робіт;

2) попередньо розвідані ділянки родовищ корисних копалин, що розробляються;

3) родовища (ділянки) корисних копалин, що розвідані раніше й з різних причин не були залучені до промислового розроблення.

Головними гідрогеологічними завданнями на цієї стадії є:

1) прогноз водопритоків у експлуатаційні гірничі виробки;

2) оцінка впливу експлуатаційного водовідливу на навколишнє середовище.

Для вирішення цих завдань необхідно вивчити гідрогеологічну будову родовища, головні джерела формування водопритоків, розрахункові гідрогеологічні параметри та граничні умови головних водоносних горизонтів, як у природних, так й у порушених водовідливом умовах.

Комплекс гідрогеологічних досліджень містить у собі наступні види робіт:

1) комплексне геолого-гідрогеологічні обстеження рудного поля (1:10000 та крупніше);

2) буріння спеціальних свердловин для гідрогеологічних та інженерно-геологічних цілей (дослідних, водознижувальних);

3) гідрогеологічні спостереження та документація при проведенні бурових і гірничопрохідницьких робіт;

4) дослідно-фільтраційні роботи та спостереження (відкачки);

5) спостереження за режимом підземних і поверхневих вод;

6) лабораторне вивчення властивостей гірських порід (*для відкритої розробки* - кожного характерного шару розрізу, *для підземної розробки* - порід у покрівлі та підошві корисної копалини);

7) лабораторне вивчення хімічного та бактеріологічного складу підземних вод і пов'язаних з ними поверхневих вод, а також їхню агресивність до бетону, металів і полімерів;

8) геофізичні дослідження у свердловинах і за площею рудного поля;

9) дослідно-експлуатаційне водозниження - для родовищ з дуже складними гідрогеологічними умовами, або розвідувальний водовідлив - при проходці шахт і штолень у несприятливих гідрогеологічних умовах.

Під час розробки родовищ твердих корисних копалин гідрогеологічні дослідження є складовою частиною загального геологічного обслуговування шахт, рудників і кар'єрів.

Гідрогеологічні дослідження виконуються ***з метою*** подальшої деталізації знань про склад і будову рудних тіл корисних копалин, умови їхнього промислового освоєння з метою планування видобування та управління розробкою родовища з урахуванням його раціонального освоєння й охорони навколишнього середовища.

Гідрогеологічні та інженерно-геологічні дослідження, що виконуються на цієї стадії, ***дозволяють вирішити такі завдання*:**

1) деталізувати особливості гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов, точно оцінити їхній вплив на умови розробки родовища, уточнити раніше виконані прогнози та проектні рішення, що приймались на їхньому

підґрунті;

2) стабілізувати умови роботи водознижувальних та осушувальних систем, протифільтраційних та інших заходів, що забезпечують сприятливі умови розробки родовища;

3) оцінити характер і ступінь впливу гірничо-видобувних підприємств на зміни гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов родовища на навколишнє середовище, виконати прогнози такого впливу та на їхньому підґрунті здійснити необхідні природоохоронні заходи;

4) оцінити можливість використання рудничних вод та їхню раціональну утилізацію;

5) вивчити гідрогеологічні та інженерно-геологічні умови суміжних частин родовища для їхнього наступного освоєння;

6) надати необхідні гідрогеологічні прогнози, оцінки та обґрунтування.

З метою вирішення цих завдань виконуються такі ***види гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень:***

1) постійна гідрогеологічна та інженерно-геологічна документація гірничих робіт;

2) авторський нагляд за здійсненням всіх проектних рішень із реалізації системи осушення родовища й комплектації режимної мережі;

3) стаціонарні спостереження за режимом підземних і поверхневих вод, як за пунктами спостереження, так і у гірничих виробках;

4) дослідно-фільтраційні спостереження під час дослідно-експлуатаційних знижень й експлуатаційного водовідливу;

5) лабораторне вивчення хімічного й бактеріологічного складу рудничних вод і водних об’єктів у зоні впливу

водовідливу, а також гідрофізичних і фізико-механічних властивостей гірських порід, що є об’єктом гідрогеологічних та інженерно-геологічних оцінок і прогнозів;

6) періодичне рекогносциювальне обстеження або зйомка всієї території родовища й зони впливу його розробки з метою спостережень за розвитком різноманітних техногенних процесів і контролю стану оточуючого середовища;

7) спеціальні гідрогеологічні та інженерно-геологічні дослідження з метою вирішення завдань й проблем, що виникають під час розробки родовища.

Головним видом гідрогеологічних досліджень під час розробки родовищ твердих корисних копалин є стаціонарні спостереження за порушеним і природнім режимом підземних і поверхневих вод, що надає інформацію для вирішення переважної частини гідрогеологічних завдань.

ГЛАВА 11. ІНЖЕНЕРНО-ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ВИШУКУВАННЯ ДЛЯ РІЗНИХ ВИДІВ БУДІВНИЦТВА

Мета, завдання та склад гідрогеологічних досліджень для різних видів будівництва.

Гідрогеологічні дослідження при гідротехнічному будівництві. Особливості й зміст гідрогеологічних досліджень при гідроенергетичному будівництві та будівництві систем водопостачання й каналізації.

Гідрогеологічні дослідження при промисловому й житлово-цивільному будівництві.

Гідрогеологічні дослідження при будівництві підземних споруд. Класифікація підземних споруд за ступенем доступності для досліджень.

Гідрогеологічні дослідження при лінійному будівництві.

11.1. Види, завдання та склад інженерно-гідрогеологічних вишукувань для різних видів будівництва

Проектування основ і фундаментів інженерних споруд починають із вивчення факторів, що визначають вибір проектних рішень. *Серед них найбільшу значущість мають:*

1) ступінь відповідальності будівлі чи споруди, їхні конструктивні та архітектурно-планувальні особливості;
2) навантаження, які враховують у розрахунках;
3) данні інженерно-геологічних і гідрогеологічних вишукувань на будівельному майданчику;
4) місцеві умови будівництва.

Інженерні вишукування для будівництва є видом науково-технічної діяльності (згідно із *Законом України «Про наукову та науково-технічну діяльність» від*

13.12.1991 № 1997 [15]), що забезпечує вивчення природних і техногенних умов територій (або ділянок) об'єктів будівництва, розроблення прогнозів взаємодії об'єктів будівництва з навколишнім середовищем, розроблення усіх видів проектів (у тому числі інженерної підготовки територій, захисту територій та об'єктів від небезпечних процесів).

За прийнятими нормативами в Україні (згідно з *ДБН А. 2.2-3-2004 «Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва»* [8]) будівництво інженерних споруд здійснюється на підставі затвердженої проектної документації складовими частинами якої є ескізний проект (*ЕП*); техніко-економічне обґрунтування (*ТЕО*); техніко-економічний розрахунок (*ТЕР*); проект (*П*); робочий проект (*РП*); робоча документація (*Р*).

Ескізний проект (ЕП) розробляється з метою принципового визначення вимог до містобудівних, архітектурних, художніх, екологічних і функціональних рішень об'єкту та підтвердження можливості створення об'єкту цивільного призначення.

Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) розробляється для об'єктів виробничого призначення, які вимагають детального обґрунтування відповідних рішень та визначення варіантів і доцільності будівництва об'єкту. ***Техніко-економічний розрахунок (ТЕР)*** використовується для технічно не складних об'єктів виробничого призначення. *ТЕО (ТЕР)* обґрунтовує потужність виробництва, номенклатуру та якість продукції, кооперацію виробництва, забезпечення сировиною, матеріалами, паливом, електро- та теплоенергією, водою й трудовими ресурсами, включаючи вибір конкретної ділянки для будівництва, розрахункову вартість

будівництва та основні техніко-економічні показники.

Проект (П) розробляється з метою визначення містобудівних, архітектурних, художніх, екологічних, технічних, технологічних, інженерних рішень об'єкту, кошторисної вартості будівництва й техніко-економічних показників.

Робочий проект (РП) розробляється для визначення конкретних містобудівних, архітектурних, художніх, екологічних, технічних, технологічних, інженерних рішень об'єкту, кошторисної вартості будівництва, техніко-економічних показників і виконання будівельно-монтажних робіт (***робочі креслення***). РП використовується для технічно нескладних об'єктів, а також для об'єктів з використанням проектів масового використання.

Робоча документація (Р) розробляється для виконання будівельно-монтажних робіт.

Для технічно не складних об'єктів I та II категорії складності проектування може здійснюватись:

- в 1 стадію – робочий проект (РП);
- у 2 стадії – для об'єктів цивільного призначення - ескізний проект (ЕП), а для об'єктів промислового призначення - техніко-економічний розрахунок (ТЕР) та для обох - робоча документація (Р).

Для об'єктів III категорії складності проектування здійснюється в 2 стадії:

- проект (П);
- робоча документація (Р).

Для об'єктів IV та V категорії складності проектування здійснюється в 3 стадії:

- для об'єктів цивільного призначення - ескізний проект (ЕП), а для об'єктів промислового призначення - техніко-економічне обґрунтування (ТЕО);
- проект (П);

- робоча документація (Р).

Залежно від порядку розроблення проектної документації (згідно з *ДБН А. 2.2-3-2004* [8]) *обсяги вишукувальних робіт розподіляють таким чином:*

- для ***передпроектних робіт***, а також для розроблення *ескізного проекту* (ЕП) - на основі літературних, фондових джерел (враховуючи й державний картографо-геодезичний фонд) і обґрунтованого обсягу польових і лабораторних робіт;

- на стадіях: ***техніко-економічне обґрунтування (ТЕО)*** чи ***техніко-економічний розрахунок (ТЕР), проект (П)*** *або* ***робочий проект (РП)*** - основні обсяги вишукувань (до 100%);

- на стадії ***робочої документації (Р)*** - додаткові обсяги вишукувальних робіт за відповідного обґрунтування у технічному завданні.

Згідно вимогам ДБН А. 2.2-1-2014 «Інженерні вишукування для будівництва» інженерні вишукування включають такі види [9]***:***

1) інженерно-геодезичні вишукування;

2) інженерно-геологічні вишукування;

3) геотехнічні та інженерно-гідрогеологічні вишукування;

4) інженерно-гідрометеорологічні вишукування;

5) вишукування для раціонального використання та охорони навколишнього середовища.

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

Види й обсяги інженерно-гідрогеологічних робіт визначаються цільовим призначенням вишукувань і

ступенем гідрогеологічної вивченості території.

До складу інженерно-гідрогеологічних вишукувань входять:

1) ***дослідно-фільтраційні роботи*** (відкачки, наливи, нагнітання) виконують з метою одержання гідрогеологічних параметрів для розрахунків дренажів, водознижувальних систем, протифільтраційних завіс, водопритоку в котловани й колектори, тунелі, витоків із водосховищ, накопичувачів, а також для розроблення прогнозів;

2) ***гідрохімічне опробування та хімічний аналіз підземних вод*** виконують для оцінки агресивних властивостей води до бетонів і металів, а також для оцінки видів і ступеня забруднення підземних вод; кількість відібраних проб і аналізів повинне бути не меншим 3-х;

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

При проведенні ***інженерно-гідрогеологічних вишукувань*** обов'язково здійснюють спостереження за підземними водами, оцінюють їхню агресивність, визначають коефіцієнт фільтрації, прогнозують зміну рівня підземних вод тощо.

Рівень підземних вод при зведенні споруди істотно впливає на глибину заставляння і тип фундаменту, що проектують. При заглибленні підошви фундаменту нижче за рівень напірних підземних вод необхідно враховувати їхній тиск, а також передбачати застережливі заходи проти прориву підземних вод у котлован, набухання його дна і зміщення споруди.

Найбільшу складність представляє *аналіз можливого підтоплення території* або *зниження рівня підземних вод* у процесі експлуатації споруди (так звані «техногенні зміни

рівня підземних вод»). Прогноз вірогідних змін рівня підземних вод проводять для споруд I і II класу на термін відповідно 25 і 15 років. Якісну оцінку потенційного підтоплення території виконують методом аналогії, порівнюючи умови забудовуваної ділянки з даними з конкретних підтоплених ділянок (еталонів) з подібними інженерно-геологічними і гідрогеологічними умовами та конструктивно-технологічними особливостями інженерної споруди, що проектують.

Для особливо відповідальних споруд можливий також і *кількісний прогноз зміни рівня підземних вод*, що виконується на підґрунті спеціальних досліджень з використанням методів математичного і фізичного моделювання.

Можлива *обводненість* території визначає необхідність спеціальних заходів у зв'язку з можливим зниженням несучої здатності ґрунтів, нерівномірним осіданням або просіданням. З іншого боку, очікуване зниження рівня води викликає додаткове осідання фундаменту за рахунок зняття важучої дії води і відповідного зростання напружень від власної ваги ґрунту.

При хімічній агресивності підземних вод або промислових стоків необхідним є антикорозійний захист матеріалу фундаменту.

11.2. Інженерно-гідрогеологічні вишукування при гідротехнічному будівництві

Інженерні споруди, призначені для використання природних водних ресурсів, зокрема у річках, озерах, морях, водосховищах, або сприяють запобіганню шкідливій дії води на навколишнє природне середовище, називають **гідротехнічними спорудами.**

Всі гідротехнічні споруди ***за цільовим призначенням*** поділяють на 2 групи: *загальні*, які використовують у багатьох галузях господарства, *і спеціальні* - у будь-якій спеціалізованій галузі.

Гідротехнічні споруди загального призначення за характером дії на водний потік поділяють на водопідпірні, водозабірні, водопровідні, регуляційні та водоскидні.

Водопідпірні споруди створюють і підтримують підпір води шляхом перегороджування природного або штучного водного потоку дамбами або греблями, або будівництвом *гідровузлів* - груп гідротехнічних споруд, об'єднаних за розміщенням та умовам спільної роботи. Основними спорудами, що входять до складу гідровузла є: греблі (водозабірні та водовідвідні), будівлі гідроелектростанцій, судноплавні шлюзи, лісо- і рибопропускні споруди тощо (рис. 11.1).

Рис. 11.1. Гребля Гувера (штат Невада, США)

Водозабірні споруди забезпечують водою кілька галузей економіки – зрошення (див. рис. 7.1), обводнення, водопостачання (рис.11.2), енергетика тощо.

Рис. 11.2. Водозабірні споруди у горах Гарц (Німеччина)

Водопровідні споруди, або водогони, використовують для транспортування та підведення води до місця використання або її відведення. До них належать канали, трубопроводи, дериваційні споруди (рис.11.3), тунелі та інші штучні водогони.

Рис. 11.3. Теребле-Ріцька ГЕС з дериваційним трубопроводом (Закарпаття)

Регуляційні споруди призначені для регулювання русел річок з метою створення сприятливих умов для руху водного потоку та запобігання розмиванню русел і берегів водотоків, захисту населених пунктів (рис.11.4) та земельних угідь від затоплення. До них належать струменепрямні та захисні дамби тощо.

Рис. 11.4. Захисна дамба на р. Хуст, яку було створено з метою захисту м. Хуст (Закарпаття)

Водоскидні споруди відводять воду з верхнього б'єфу до нижнього б'єфу (рис.11.5) або в яри, колектори чи озера.

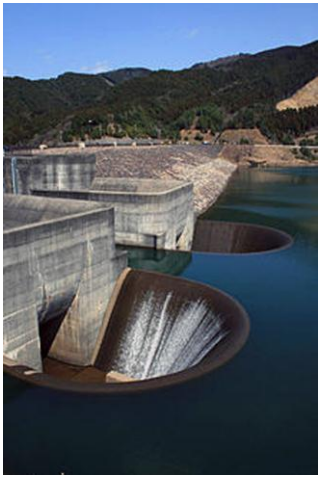

Рис.11.5. Водоскидна споруда на греблі Охзучі (Японія)

До спеціальних гідротехнічних споруд відносяться галузеві споруди, які створені для даного, спеціального виду гідротехнічного будівництва. Серед них найбільш поширеними є гідроенергетичні (рис.11.6), воднотранспортні, водопровідні, каналізаційні, гідромеліоративні, рибогосподарські споруди тощо.

Рис.11.6. Гребля Дніпровської ГЕС

1. <u>Гідроенергетичне будівництво</u>.

За допомогою інженерно-гідрогеологічних вишукувань ***на стадії ТЕ0*** надається прогноз можливих витрат води з водосховища на фільтрацію у сусідні долини, оцінюється механічна й хімічна суфозія, розраховується фільтраційний тиск, оцінюються агресивні властивості підземних вод тощо.

Для вирішення перерахованих вище питань виконується гідрогеологічна зйомка, яка супроводжується дослідно-фільтраційними роботами.

На стадії П гідрогеологічні дослідження виконуються з метою обґрунтування вибору типів споруд та їхньої компоновки, виконання проекту проведення робіт тощо. Виконують їх для тих водоносних горизонтів, які *у період*

будівництва можуть суттєво ускладнити проведення робіт, а *при експлуатації споруд* - вплинути на їхню стійкість, розміри фільтраційних втрат або підпір ґрунтових вод. Як правило, проводяться дослідно-фільтраційні роботи.

На стадії Р та у ***процесі будівництва*** гідрогеологічні дослідження виконуються для перевірки гідрогеологічних прогнозів, що дозволяє при необхідності внести до проекту потрібні зміни. Проводяться режимні гідрогеологічні спостереження за мережею свердловин, які попередньо були закладені на ділянці будівництва, одночасно ведуться спостереження за зміною складу підземних вод та ознаками виносу твердого матеріалу (суфозія), вимірюються притоки води в будівельні виїмки та котловани.

У процесі експлуатації споруд регулярно стежать за змінами гідрогеологічних умов, що дозволяє оцінити надійність роботи протифільтраційних і дренажних пристроїв та перевірити виконані раніше прогнози.

Вирішення гідрогеологічних завдань при гідроенергетичному будівництві ускладнене тим, що створення гребель і водосховищ корінним чином змінює всю гідрогеологічну обстановку на ділянці зведення споруди, тому необхідний достовірний прогноз зміни гідрогеологічних параметрів на період експлуатації й будівництва споруд.

2. Гідротехнічне будівництво систем водопостачання і каналізації.

Характерною особливістю цих систем є те, що їхні форми і конструкції обумовлені технологією забору води, її підготовки, зберігання та транспортування, збирання, очищення, накопичення, скидання та утилізації промислових стічних вод.

Інженерно-гідрогеологічні вишукування при

проектуванні й будівництві гідротехнічних споруд для *систем водопостачання* (рис.11.7) мають, головним чином, ті ж самі завдання й особливості та використовують ті ж самі методи, що й вишукування для гідроенергетичних цілей.

Рис. 11.7. Трубопровід системи водопостачання

Системи каналізації призначені для збору, очищення і знезараження промислових і побутових стічних вод, їхнього видалення за межі промислових підприємств і населених пунктів та для наступного повного або часткового повторного використання у виробничому процесі, утилізації або скидання у водотоки і водоймища.

Склад і об'єм інженерно-гідрогеологічних вишукувань визначається у кожному окремому випадку залежно від складу і кількості стоків, що надходять у земляні сховища (наприклад, ставки-відстійники, освітлювачі, накопичувачі, золо- та шламовідвали, поля фільтрації та зрошення, куди надходять стічні води після очищення), гідрогеологічних і гідрологічних умов району, розмірів та призначення сховища.

До складу інженерно-гідрогеологічних вишукувань для проектування будь-якого типу накопичувача або сховища стоків входять: гідрогеологічна зйомка, комплекс

дослідно-фільтраційних робіт та спеціальні польові й лабораторні дослідження фізико-механічних властивостей ґрунтів, властивостей підземних і стічних вод та їхньої взаємодії.

11.3. Інженерно-гідрогеологічні вишукування при промисловому та цивільному будівництві

Схеми методики комплексних гідрогеологічних досліджень для житлово-цивільного та для промислового будівництва принципово не відрізняються.

На стадії ТЕ0 (ТЕР) збирають, систематизують та аналізують літературні та інші матеріали. У невеликому об'ємі проводяться рекогносциювальні дослідження на всіх конкуруючих майданчиках. До складу *інженерно-гідрогеологічних вишукувань* входить комплексна гідрогеологічна зйомка масштабу 1:25000 - 1:10000, яка супроводжується проходкою окремих гірничих виробок. Визначаються положення рівня ґрунтових вод, потужність ґрунтового потоку, загальний напрямок руху ґрунтових вод, хімічний склад та агресивні. властивості підземних вод.

На стадії П встановлюються закономірності формування гідрогеологічних умов, прогнозуються їхні зміни у процесі будівництва та експлуатації споруд. Головним методом вивчення гідрогеологічних умов є гідрогеологічна зйомка масштабу 1:10000-1:5000, у процесі якої виконується головний об'єм дослідно-фільтраційних робіт, режимних спостережень, вивчається хімічний склад та агресивні властивості підземних вод.

На стадії РП гідрогеологічні дослідження проводяться у невеликих об'ємах для відповідальних будинків і споруд з метою уточнення глибини закладення фундаменту,

здійснення водознижувальних і протифільтраційних заходів та організації режимної мережі.

Матеріали гідрогеологічних досліджень ***на стадії Р*** мають дати повну й кінцеву інформацію для всіх конструктивних рішень та вибору методу проведення будівельних робіт.

11.4. Інженерно-гідрогеологічні вишукування при будівництві підземних споруд

До підземних споруд відносяться автодорожні, залізничні, тунелі метрополітену (рис. 11.8), пішохідні й судноплавні тунелі, підземні стоянки автомобілів і гаражі, підземні заводи, морські бази, підземні ГЕС, дериваційні тунелі та тунелі, що відводять воду

Рис. 11.8. Тунель метрополітену

Головна складність оцінки гідрогеологічних умов при їхньому будівництві полягає у тому, що ці споруди закладаються на значній глибині, де сучасні методи досліджень не завжди забезпечують достатньо повну та достовірну інформацію.

За ступенем доступності для досліджень всі підземні споруди поділяються на 3 групи:

1) *мілкого закладення* (до 200 м) - ділянки розміщення споруд доступні для вивчення традиційними методами, наприклад, бурінням свердловин, геофізичними та іншими дослідженнями;

2) *середнього закладання* (200-500 м) - можливості буріння зменшуються, а інтерпретація геофізичних досліджень стає малонадійною;

3) *глибокого закладання* (>500 м) – проходяться одиничні глибокі свердловини, основним джерелом для отримання необхідної інформації є геологічні та гідрогеологічні карти, наземне картографування і дешифрування аеро- та космофотознимків.

На стадіях П та ***РП*** проводиться зйомка по трасі тунелю. У процесі проходження підземних розвідувальних виробок проводяться гідрогеологічні спостереження за водопроявами, визначається хімічний склад та агресивність підземних вод.

Для прогнозування водопритоків у підземні виробки застосовуються методи гідрогеологічних аналогій, водно-балансових розрахунків, гідродинамічний метод та метод моделювання.

11.5. Інженерно-гідрогеологічні вишукування при лінійному будівництві

Лінійне будівництво - це будівництво авто- та залізничних шляхів, повітряних ліній електропередач, трубопроводів різноманітного призначення (водогонів, нафто- і газопроводів тощо) (рис. 11.9). *0собливістю, що їх відрізняє* є значна протяжність, внаслідок чого дослідження для них виконують у різноманітних

ландшафтних, геолого-гідрогеологічних та навіть кліматичних зонах.

Основний матеріал по гідрогеологічним умовам трас, що проектуються, отримують ***на стадії П*** у процесі проведення комплексної інженерно-геологічної зйомки у масштабі 1:25000 - 1:2000 залежно від складності природних умов у смузі шириною 300 м.

Інженерно-гідрогеологічні вишукування містять: визначення глибини появи та положення сталого рівня ґрунтових вод, ступінь їхньої агресивності; на ділянках закладання глибоких виїмок і котлованів в обводнених породах проводять одиночні й кущові дослідні відкачки, результати яких використовують для розрахунків дренажів і визначення водопритоків у виїмки; проводяться режимні спостереження за рівнем і температурою підземних вод на ділянках зсувних схилів і виїмок, що розкривають ґрунтові води.

Рис. 11.9. Наземна ділянка магістрального газопроводу Уренгой- Помари-Ужгород (Закарпаття)

На стадії РП продовжуються режимні спостереження. Іноді, при зміні планового положення траси на якій-небудь ділянці або зміні глибини виїмок, виникає потреба у проведенні додаткових гідрогеологічних досліджень.

ГЛАВА 12. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З МЕТОЮ ОХОРОНИ Й ПОПОВНЕННЯ ЗАПАСІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД.

Гідрогеологічні дослідження у зв'язку з оцінкою та прогнозом якості підземних вод. Вимоги до якості підземних вод господарсько-питного призначення. Фізичні, хімічні, бактеріологічні та токсикологічні показники якості води. Основні джерела й види забруднення підземних вод. Промислове, сільськогосподарське та комунально-побутове забруднення.

Гідрогеологічне обґрунтування зони санітарної охорони водозаборів підземних вод.

Гідрогеологічне обґрунтування штучного поповнення запасів підземних вод. Способи й джерела штучного поповнення запасів підземних вод.

12.1. Гідрогеологічні дослідження у зв'язку з оцінкою та прогнозом якості підземних вод

При проведенні розвідки та геолого-промислової оцінки родовищ підземних вод *головною метою гідрогеологічних досліджень* є вивчення кількості, якості та умов експлуатації підземних вод.

Дослідженнях якості підземних вод має забезпечити:

1) виявлення та оцінку хімічного й санітарно-бактеріологічного складу підземних вод у природних умовах їхнього залягання;

2) прогнозування зміни якості підземних вод під час їхньої експлуатації (в умовах порушеного режиму);

3) гідрогеологічне обґрунтування організації й підтримки зони санітарної охорони водозаборів з метою забезпечення необхідної якості підземних вод при їхньої експлуатації.

Вимоги до безпеки та якості питної води, що надходить споживачеві із систем водопостачання (водогонів, із колодязів та каптажів джерел, із пунктів розливу та бюветів, а також, фасованої води) й залежить від складу вихідної води, визначається ***Державними санітарними правилами і нормами «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПін 2.2.4-171-10)*** [11].

Діючий нормативний документ встановлює такі вимоги до питної води, що забезпечують її безпеку для здоров'я людей та її сприятливі органолептичні властивості.

Для виробництва питної води слід надавати перевагу воді підземних джерел питного водопостачання населення, надійно захищених від біологічного, хімічного та радіаційного забруднення.

Питна вода, призначена для споживання людиною, повинна відповідати таким гігієнічним вимогам:

- мати сприятливі органолептичні властивості;
- бути безпечною в епідемічному відношенні;
- мати нешкідливий хімічного складу;
- бути безпечною у радіаційному відношенні;
- мати фізіологічну повноцінність.

Гігієнічну оцінку безпечності та якості питної води проводять за показниками епідемічної безпеки (мікробіологічні та паразитологічні), санітарно-хімічними показниками (органолептичні, фізико-хімічні, санітарно-токсикологічні) та радіаційними показниками.

І. Сприятливі органолептичні властивості водогінної питної води (*із підземних і поверхневих вододжерел*) визначаються сукупністю значень, що регламентуються органолептичними показниками якості та фізичними й хімічними характеристиками води (за вмістом у воді компонентів, що впливають на органолептичні

показники). До числа органолептичних показників відносять параметри якості води, що визначають її споживчі властивості, тобто ті властивості, які безпосередньо впливають на органи почуттів людини (нюх, дотик, зір). Найбільш значимі із цих параметрів є смак і запах, але вони не піддаються формальному виміру, тому їх визначають експертним шляхом. Крім смаку й запаху, виділяють такі показники як присмак, кольоровість та каламутність.

1. *Органолептичні показники:*

1) *запах не більше 2 балів* (слабкий).

Хімічно чиста вода зовсім позбавлена запаху. З наукового погляду, запах - це властивість речовин викликати у людини й тварин специфічне роздратування рецепторів слизової оболонки носоглотки, зумовлюючи відповідне відчуття.

Інтенсивність запаху води визначають експертним шляхом при 20^0С та при 60^0С і вимірюють у балах.

2) *забарвленість не більше 20° (безбарвна).*

Забарвленістю називають показник якості води, що характеризує інтенсивність забарвлення води, яке зумовлене вмістом забарвлених органічних речовин. Визначається забарвленість шляхом порівняння забарвлення води, що досліджується, з еталонами й виражається у градусах платиново-кобальтової шкали. Висока кольоровість свідчить про неблагополуччя води.

3) *каламутність не більше 1 нефелометричної одиниці каламутності (1 НОК = 0,58 мг/дм^3) (вода прозора).*

Нефелометрія [від греч. «*nephele*» - хмара)] - метод кількісного аналізу, що базується на вимірюванні інтенсивності світлового потоку, розсіяного диспергованими частками під певним кутом (90°). При нефелометричних визначеннях вимірюють інтенсивність

світла, що розсіюється у напрямку, перпендикулярному до напрямку первинного пучка. Вимірювання проводять за допомогою *нефелометрів* - приладів, які аналогічні за своєю конструкцією фотометрам, але мають пристрій для спостерігання розсіяного світла під кутом 90° до напрямку променя, що падає. Кількісні вимірювання проводять з використанням калібрувальної кривої.

Каламутність води викликана присутністю тонкодисперсних суспензій органічного й неорганічного походження (наприклад, мулу, глини, органічних колоїдів, планктону тощо). Головним негативним наслідком високої каламутності є те, що вона захищає мікроорганізми при ультрафіолетовому знезаражуванні води й стимулює ріст бактерій.

4) *смак* та *присмак не більше 2 балів.*

Хімічно чиста вода зовсім позбавлена смаку і присмаку. З наукового погляду, смак і присмак - це показники, що характеризують здатність наявних у воді хімічних речовин, після взаємодії зі слиною, подразнювати смакові рецептори язика у людини й тварин і зумовлювати відповідне відчуття.

Смак води визначається розчиненими у ній речовинами органічного й неорганічного походження та розрізняється за характером й інтенсивністю. Розрізняють 4 основних види смаку: солоний, кислий, солодкий та гіркий. Всі інші види смакових відчуттів називаються присмаками. Інтенсивність смаку визначають при 20^0С й оцінюють за п’ятибальною системою.

Присмак може бути лужний, металевий, в’язкий тощо.

2. *Фізико-хімічні показники.*

а) неорганічні компоненти:

1) *водневий показник pH від 6,5 до 8,5*.

Водневий показник характеризує концентрацію вільних

іонів водню у воді. Залежно від величини pH може змінюватися швидкість протікання хімічних реакцій, ступінь корозійної агресивності води, токсичність забруднюючих речовин тощо. Контроль за рівнем pH особливо важливий на всіх стадіях водоочищення, тому що його відхилення в ту або іншу сторону можуть не тільки істотно позначитися на смаку, присмаку й зовнішньому вигляді води, але й вплинути на ефективність водоочисних заходів.

2) *сухий залишок (або загальна мінералізація) до 1000 мг/дм^3*.

Сухий залишок (або загальна мінералізація) являє собою сумарний кількісний показник вмісту розчинених у воді речовин. Цей параметр також називають вмістом розчинних твердих речовин або загальним сольовим вмістом, тому що розчинені у воді речовини перебувають у вигляді солей. Вода з низьким сольовим вмістом занадто прісна й несмачна. До величини сухого залишку з погляду відкладення осаду і накипу у нагрівальних приладах, парових казанах, побутових водогрійних пристроях застосовуються спеціальні вимоги, і чим менше рівень сухого залишку, тим краще.

3) *загальна жорсткість* - не більше 7 ммоль/дм^3.

Жорсткістю називають властивість води, що зумовлена наявністю у ній розчинених солей кальцію та магнію (сульфатів, хлоридів, карбонатів, гідрокарбонатів тощо). Розрізняють декілька видів жорсткості. *Загальна жорсткість* визначається сумарною концентрацією іонів кальцію та магнію і являє собою суму карбонатної (тимчасової) та некарбонатної (постійної) жорсткості. *Карбонатна жорсткість,* обумовлена наявністю у воді гідрокарбонатів і карбонатів (при pH > 8,3) кальцію та магнію. Даний тип жорсткості майже повністю усувається

при кип'ятінні води й тому називається тимчасовою жорсткістю. *Некарбонатна жорсткість*, обумовлена присутністю кальцієвих і магнієвих солей сильних кислот (сірчаної, азотної та соляної) і при кип'ятінні не усувається (постійна жорсткість). У світовій практиці використовується кілька одиниць виміру жорсткості, всі вони певним чином співвідносяться одна з одною. В Україні за одиницю жорсткості води встановлено мілімоль на кубічний дециметр (ммоль/дм^3).

4) *гранично допустимі величини хімічних елементів*, що впливають на органолептичні властивості підземних вод:

а) *залізо загальне* - не більше 0,2 мг/дм^3;

б) *марганець* – не більше 0,05 мг/дм^3;

в) *мідь* – не більше 1,0 мг/дм^3;

г) *поліфосфати (за PO_4^{3-})* - не більше 3,5 мг/дм^3;

д) *сульфати* – не більше 250 мг/дм^3;

е) *хлор залишковий вільний* - не більше 0,5 мг/дм^3;

ж) *хлориди* - не більше 250 мг/дм^3;

з) *цинк* - не більше 1,0мг/дм^3.

б) органічні компоненти:

а) *хлор залишковий зв'язаний* - не більше 1,2 мг/дм^3;

б) *нафтопродукти* - не більше 0,1 мг/дм^3;

в) *поверхнево активні речовини аніонні* - не більше 0,5 мг/дм^3;

г) *феноли леткі* - не більше 0,001 мг/дм^3;

д) *хлорфеноли* - не більше 0,0003 мг/дм^3.

II. Безпека водогінної питної води в епідемічному відношенні (*із підземних і поверхневих вододжерел*) визначається показниками, що характеризують з достатньо високою вірогідністю відсутність у ній небезпечних для здоров'я споживачів бактерій, вірусів та інших біологічних включень.

1. ***Мікробіологічні показники:***

1) *загальне мікробне число* в 1 $см^3$ води, що досліджується – не більше 100; як критерій використовують підрахунок загального числа утворюючих колонії бактерій (*Colony Forming Units - CFU*). Високе загальне мікробне число свідчить про загальне бактеріологічне забруднення води й про високу ймовірність наявності патогенних організмів.

2) *загальні коліформи* у 100 $см^3$ води, що досліджується – відсутність; коліформні організми є зручними мікробними індикаторами якості питної води. Допускається випадкове потрапляння коліформних організмів у водогінну мережу, але не більше ніж у 2% проб, що досліджувались протягом року. Присутність коліформних організмів у воді свідчить про її недостатнє очищення, вторинне забруднення або про наявність у воді надлишкової кількості живильних речовин.

3) *бактерії групи кишкових паличок (E. coli)* у 100 $см^3$ води, що досліджується – відсутність; допускається випадкове потрапляння кишкових паличок у водогінну мережу, але не більше ніж у 2% проб, що досліджувались протягом року. Кишкова паличка є безпечною для людини, але її наявність вказує на забруднення води фекаліями та можливу присутність у воді інших бактерій, що можуть викликати інфекцію.

4) *термостабільні кишкові палички (фекальні коліформи)* в 100 $см^3$ води, що досліджується – відсутність; бактерії цього типу являють собою групу коліформних організмів, здатних ферментувати лактозу при 44–45^{0}С. Термостабільні коліформні бактерії піддаються швидкому виявленню й тому грають важливу вторинну роль при оцінці ефективності очищення води від фекальних бактерій.

5) *патогенні ентеробактерії* в 1 $дм^3$ води, що досліджується – відсутність; як правило, це стрептококи, що, звичайно, присутні у екскрементах людини й тварин. Фекальні стрептококи рідко розмножуються у забрудненій воді й тому можуть використовуватись при дослідженні якості води як додатковий індикатор ефективності очищення води.

6) *коліфаги* в 1 $дм^3$ води, що досліджується – відсутність; коліфаги - це різновид вірусів бактерій, що заражають бактеріальну клітку, розмножуються у ній і часто викликають її загибель. Запропоновані як індикатори якості води через свою подібність із кишковими вірусами людини й легкість виявлення у воді.

2. *Паразитологічні показники* (клітини; цисти - [від грець. «*kystis*» - міхур] - тимчасова форма існування багатьох одноклітинних рослин і тварин:

а) *лямблії* - це найпростіші одноклітинні мікроорганізми; вони є стійкими до кислот, лугам, речовинам, що містять активний хлор, і повністю інактивуются лише при кип'ятінні протягом не менш ніж 20 хвилин. Відсутність у воді лямблій є важливим показником того, що вода очищена від цілого ряду інших найпростіших, а також у разі епідеміологічних ускладнень – *дизентерійні амеби*;

б) *балантидії* - рід одних із самих великих представників найпростіших, які можуть вражати людину; звичайно живуть у кишечнику свиней і лише у виняткових випадках можуть вражати людину;

в) *хламідії* - рід паразитичних бактерій, що викликають розвиток захворювань у птахів і людини;

г) *личинки та яйця гельмінтів* - [від грець. «*helminthos*» - хробак, глист], паразитичні хробаки - глисти; збудники хвороб людини, тварин і рослин.

До загальних паразитологічних показників відносять:

1) *число патогенних кишкових найпростіших* (клітини, цисти) в 50 дм^3 води, що досліджується – відсутність;

2) *число кишкових гельмінтів* (клітини, яйця, личинки) в 50 дм^3 води, що досліджується – відсутність.

III. Нешкідливість хімічного складу водогінної питної води (*із підземних і поверхневих вододжерел*) визначається показниками, які з достатньо високою вірогідністю характеризують відсутність у ній небезпечних для здоров'я речовин, що зустрічаються у природних водах, з'являються у воді внаслідок забруднення джерел води у концентраціях, гранично допустимі величини яких встановлені за результатами санітарно-токсикологічних досліджень.

Санітарно-токсикологічні показники – це токсини, що у великій концентрації може оказувати токсичний вплив на людину:

а) неорганічні компоненти:

1) *алюміній* - не більше 0,2 мг/дм^3;

2) *амоній* - не більше 0,5 мг/дм^3;

3) *діоксид хлору* - не більше 0,1 мг/дм^3;

4) *кадмій* - не більше 0,001 мг/дм^3;

5) *кремній* - не більше 10 мг/дм^3;

6) *миш'як* - не більше 0,01 мг/дм^3;

7) *молібден* - не більше 0,07 мг/дм^3;

8) *натрій* - не більше 200 мг/дм^3;

9) *нітрати* (за NO_3) - не більше 50 мг/дм^3;

10) *нітрити* - не більше 0,5 мг/дм^3;

11) *озон залишковий* - не більше 0,1-0,3 мг/дм^3;

12) *ртуть* - не більше 0,0005 мг/дм^3;

13) *свинець* - не більше 0,01 мг/дм^3;

14) *фториди* - не більше 0,7÷1,5 мг/дм^3 (залежно від кліматичних зон);

15) *хлорити* - не більше 0,2 мг/дм^3;
16) *кобальт* - не більше 0,1 мг/дм^3;
17) *нікель* - не більше 0,002 мг/дм^3;
18) *селен* - не більше 0,01 мг/дм^3;
19) *хром загальний* - не більше 0,05 мг/дм^3.
20) *берилій* - не більше 0,0002 мг/дм^3;
21) *бор* - не більше 0,5 мг/дм^3;
22) *стронцій* - не більше 7 мг/дм^3;
23) *сурма* - не більше 0,005 мг/дм^3;
24) *ціаніди* - не більше 0,05 мг/дм^3.

б) органічні компоненти:

1) *поліакриламід залишковий* – не більше 2 мг/дм^3. Поліакриламід (ППА) – загальна назва групи полімерів на основі акриламіду та його похідних. ППА використовують як коагулянт з метою очистки питної води та технологічних стічних вод, при виробництві мінеральних добрів, у нафтової промисловості з метою заводнення пластів і проведення ремонтно-ізоляційних робіт у свердловинах тощо.

2) *формальдегід* - не більше 0,05 мг/дм^3.

Формальдегід (мурашиний альдегід) [від лат. «*formica*» - мурашка] - хімічна речовина з формулою CH_2O. Чистий мономерний формальдегід при звичайних умовах є безбарвним газом із характерним різким запахом. Досить добре розчинний у воді та спиртах. Сполука здатна утворюватися у природних умовах, зокрема при фотохімічному окисненні метану або метанолу, при атмосферному тиску і за відсутності каталізаторів. Формальдегід широко застосовується у промисловості, зокрема для виробництва полімерних матеріалів, багатоатомних спиртів, ізопрену та інших продуктів. У медицині використовується як дезінфікуючий, консервуючий та дубильний засіб для анатомічних

препаратів. Хронічне отруєння формальдегідом може проявлятися у розладах чутливості до тактильних, больових і температурних подразнень;

3) *хлороформ* - не більше 0,06 мг/дм^3;

4) *бензопірен* - не більше 0,005 мкг/дм^3.

Бензопірен ($C_{20}H_{12}$), п'ятикільцевий поліциклічний ароматичний вуглеводень. Міститься в кам'яновугільній смолі, тютюновому димі, забрудненому повітрі великих міст, особливо на великих магістралях і поблизу заправних станцій, у ґрунті, сирій нафті. Дуже сильний мутаген і канцероген, є одним з найнебезпечніших вуглеводнів. Бензопірен є загрозою для здоров'я у будь-якій кількості. Спроби організму знешкодити бензопірен призводять до утворення іншої, ще більш токсичної речовини, спроможної безпосередньо ушкоджувати ДНК;

5) *дибромхлорметан* - не більше 10 мкг/дм^3. Дибромхлорметан це побічний продукт, що утворюється при хлоруванні питної води;

6) *пестициди (сума)* - не більше 0,0005 мг/дм^3; пестициди включають органічні інсектициди, органічні гербіциди, органічні фунгіциди, органічні нематоциди, органічні акарициди, органічні альгіциди, органічні родентициди, споріднені продукти (серед них регулятори росту) та їхні метаболіти, продукти реакції та розпаду; сума пестицидів визначається як сума концентрації кожного окремого пестициду.

Інсектициди [від лат. «*insectum*» - комаха та «*caedo*» - вбиваю] - хімічні препарати для захисту рослин від шкідливих комах. Основні культури, де використовують інсектициди - зернові, плодові, овочеві культури і картопля. По мірі отруйності для людини і теплокровних тварин інсектициди поділяються на 4 групи: сильнодіючі (летальна доза до 50), високотоксичні (50-200),

середньотоксичні (200-1000), малотоксичні (понад 1000 мг на 1 кг маси).

Гербіциди [від лат. «*herba»* - трава та «*caedo»* - вбиваю] - хімічні препарати (або їхні композиції), що використовуються для боротьби з небажаною рослинністю. Широке застосування цих речовин у сільському господарстві привело до істотного збільшення врожаїв. Однак у разі невмілого чи надмірного використання призводить до забруднення ґрунту і води, що, у свою чергу, викликає загибель птахів і дрібних тварин, і створює загрозу здоров'ю людини.

Фунгіциди [від лат. «*fungus»* - гриб та «*caedo»* - вбиваю] - хімічні сполуки або біологічні організми, що використовуються для знищення або затримання росту грибів та їхніх спор. При завищених у порівнянні з рекомендованими дозах або концентраціях фунгіциди, наприклад, масляні розчини метафосу, можуть викликати опіки і відмирання тканин. Деякі фунгіциди забруднюють рослини та їхню продукцію, передають їм свій неприємний запах і смак, наприклад, похідні гексахлорану. Для теплокровних тварин (і людини) більшість фунгіциди є слабко токсичними - летальна доза, при якій гине 50%, від 500 до 11000 мг на 1 кг маси.

Нематоциди [від «Nematoda» - круглі хробаки та лат. «*caedo*» - вбиваю] – це речовини, які використовують для знищення нематод, що харчуються рослинністю.

Акарициди [від лат. «*acarus*» - кліщ та «*caedo*» - вбиваю] - отрутохімікати, що застосовуються для знищення кліщів.

Альгіциди [від лат. «*alga*» - водорість та «*caedo*» - вбиваю] – це хімічні сполуки (наприклад, сульфат міді, солі заліза тощо), які при додаванні у воду вбивають сині та зелені водорості.

Родентициди [від лат. «*Rodentia*» - гризуни та «*caedo*» -

вбиваю] – хімічні речовини, які використовують в якості отруйних наживок для знищення гризунів;

7) *тригалогенметани (сума)* - не більше 100 мкг/дм^3; сума тригалогенметанів визначається як сума концентрацій хлороформу, бромоформу, дибромхлорметану та бромдихлорметану. Всі перераховані сполуки є побічними продуктами, що утворюються при хлоруванні питної води. Постійне вживання хлорованої питної води із перевищенням ГДК цих сполук може призвести до розвитку ракових клітин та є причиною виникнення 75-80% захворювань;

8) *бензол* - не більше 0,001 мг/дм^3;

9) *1,2-дихлоретан* - не більше 3 мкг/дм^3;

10) *тетрахлорвуглець* - не більше 2 мкг/дм^3. Тетрахлорвуглець (тетрахлорметан, перхлорметан тощо) Застосовується в якості хладоагентов, як незаймистий і негорючий розчинник смол, лаків, жирів, восків; як розчинник при проведенні багатьох реакцій. Відповідно до Монреальського протоколу з речовин, що руйнують озоновий шар, цей чотирихлористий вуглець, який широко використовувався у вогнегасниках і для отримання фреонів, потрапив під повну заборону.

в) інтегральні показники:

1) *перманганатна окиснюваність* - не більше 5 мг/дм^3; це величина, що характеризує загальну кількість кисню, що потрібна для хімічного окиснення перманганатом калію легко окиснюваних органічних і неорганічних речовин (наприклад, амонійних солей і солей двовалентного заліза, сірководню, нітритів тощо). Виражається цей параметр у міліграмах кисню, що йде на окислювання цих речовин, які містяться в 1 дм^3 води.

2) *загальний органічний вуглець* - не більше 8 мг/дм^3.

IV. Радіаційна безпека водогінної питної води (*із підземних і поверхневих вододжерел*) визначається за гранично допустимими рівнями сумарної об'ємної активності альфа-випромінювачів і бета-випромінювачів, а також за радіаційними показниками, що характеризують властивості води, зумовлену наявністю радіонуклідів. Вплив іонізуючої радіації на людину обумовлено як природними, так і штучними джерелами випромінювання. Доза опромінення, що одержує людина, складається із 2-х складових - так званого «зовнішнього опромінення» (за рахунок джерел іонізуючого випромінювання, що перебувають поза тілом людини) і «внутрішнього опромінення» (за рахунок радіонуклідів, що перебувають безпосередньо в організмі людини). Основне надходження радіоактивних елементів у організм людини відбувається за рахунок подиху (наприклад, газ радон спричиняє до 75% усього внутрішнього опромінення) та їжі. За рахунок питної води - небагато, тому що природні радіоактивними ізотопи (продукти розпаду урану й торію) зустрічаються у воді в дуже незначних кількостях.

Показники радіаційної безпеки:

а) показники питомої сумарної альфа- та бета-активності:

1) *сумарна активність альфа-випромінювачів* – не більше 0,1 Бк/дм^3; альфа-випромінювання набагато небезпечніше, коли джерело альфа-частинок перебуває усередині організму;

2) *сумарна активність бета-випромінювачів* – не більше 1 Бк/дм^3; бета-випромінювання може привести до опіків шкіри і є дуже небезпечним, коли джерело бета-частинок попадає усередину організму людини.

б) радіаційні показники:

1) *сумарна активність природної суміші ізотопів U* - не

більше 1 Бк/дм^3;

2) *питома активність* ^{226}Ra - не більше 1 Бк/дм^3;

3) *питома активність* ^{228}Ra - не більше 1 Бк/дм^3;

4) *питома активність* ^{222}Rn - не більше 100 Бк/дм^3;

5) *питома активність* ^{137}Cs - не більше 2 Бк/дм^3;

6) *питома активність* ^{90}Sr - не більше 2 Бк/дм^3.

V. Показники фізіологічної повноцінності водогінної питної води (*із підземних і поверхневих вододжерел*) визначають адекватність її мінералогічного складу біологічним потребам організму. Вони засновані на доцільності для ряду біогенних елементів обліку не тільки максимально допустимих, а й мінімально необхідних рівнів їхнього вмісту у воді:

1) *сухий залишок* - не менше 200 мг/дм^3 та не більше 500 мг/дм^3;

2) *загальна жорсткість* - не менше 1,5 ммоль/дм^3 та не більше 7 ммоль/дм^3;

3) *загальна лужність* - не менше 0,5 ммоль/дм^3 та не більше 6,5 ммоль/дм^3;

4) *магній* - не менше 10 мг/дм^3 та не більше 50 мг/дм^3;

5) *фториди* - не менше 0,7 мг/дм^3 та не більше 1,2 мг/дм^3;

6) *йод* - не менше 20 мкг/дм^3 та не більше 30 мкг/дм^3;

7) *калій* - не менше 2 мг/дм^3 та не більше 20 мг/дм^3;

8) *кальцій* - не менше 25 мг/дм^3 та не більше 75 мг/дм^3;

9) *натрій* - не менше 2 мг/дм^3 та не більше 20 мг/дм^3.

Забрудненими підземними водами вважаються такі води, склад і фізичні властивості яких під впливом діяльності людини настільки погіршилися у порівнянні із природними підземними водами, що вони стали менш придатними для використання.

Основними джерелами забруднення підземних вод є:

1) ділянки скупчення побутових і промислових стічних

вод;

2) ділянки скупчення твердих відходів і забруднені території промислових підприємств;

3) ділянки дефектних каналізаційних мереж;

4) ділянки скупчення добрив та отрутохімікатів;

5) ділянки складування й зберігання нафтопродуктів і хімічної продукції;

6) ділянки самовиливу мінералізованих вод із глибоких свердловин;

7) ділянки землеробських площ зрошення стічними водами та інтенсивного використання добрів і отрутохімікатів;

8) ділянки скидання та поховання стічних вод.

Основними видами забруднення підземних вод за походженням забруднюючих їх речовин є промислове, сільськогосподарське та господарсько-побутове забруднення.

Промислове забруднення, що надходить з промисловими стічними водами і відходами, несе велику кількість неорганічних (наприклад, ціаніди, родоніти тощо) й органічних речовин (наприклад, нафтопродукти, феноли тощо), непритаманних природним процесам формування хімічного складу підземних вод. Атмосферні опади, забруднені промисловими відходами та продуктами випаровування, повільне накопичування стічних вод та відходів також викликає зміну хімічного складу підземних вод (наприклад, підвищення кислотності).

Сільськогосподарське забруднення пов’язане із виносом із ґрунтів дощовою або зрошувальною водою отрутохімікатів, азотних, фосфорних і калійних добрив, що призводить до збільшення у підземних водах концентрації NO_3, NO_2, NH_6, калію, хлору та фосфору.

Господарсько-побутове забруднення має локальний

характер і пов’язане з бактеріологічним й органічним забрудненням, тому що у підземні води надходять бактерії та поверхнево-активні речовини (ПАР), що входять до складу синтетичних миючих засобів. Також зростає мінералізація підземних вод, загальна жорсткість, підвищуються концентрації NH_4, NO_3, NO_2, хлору, фосфору та органічних речовин.

За особливостями забруднюючих речовин підземних вод виділяють хімічне, біологічне, радіоактивне, теплове та механічне забруднення.

Прогноз зміни якості підземних вод на водозаборах під час їхньої експлуатації має вміщувати такі визначення:

1) можливості захоплення забруднених вод областю живлення водозабору;

2) час підтягненням забруднених вод до ділянки водозабору або шлях їхнього просування у водоносному пласті;

3) зміни якості підземних вод у часі після початку підтягнення забруднених вод до водозабору.

Види, об’єми й зміст гідрогеологічних досліджень якості підземних вод та їхня прогнозна оцінка встановлюються диференційовано залежно від складності гідрогеологічних, гідрохімічних і санітарних умов родовища та складу необхідної інформації.

На родовищах з простими гідрохімічними й санітарними умовами, де не очікується зміна якості підземних вод при їхньої експлуатації, обмежуються відбором чергових і представницьких проб води для оцінки та контролю хімічного й бактеріологічного складу підземних вод, а також виконується мінімальний об’єм досліджень з метою встановлення зони санітарної охорони водозабору.

На родовищах зі складними гідрогеологічними й санітарними умовами, де можлива суттєва зміна показників якості води під час експлуатації водозабору, крім вище вказаних, виконуються спеціальні гідрогеологічні й гідрохімічні дослідження з метою детального вивчення умов розповсюдження й взаємодії прісних і мінералізованих підземних вод; вивчення закономірностей формування складу підземних вод при водозаборі; вивчення характеру неоднорідності та її впливу на умови фільтрації підземних вод і міграцію забруднення; уточнення характеру граничних умов та їхньої оцінки у гідрохімічному відношенні; встановлення оптимального розташування та режиму експлуатації водозабірних свердловин; обґрунтування заходів з метою запобігання або зменшення забруднення підземних вод. Для цього виконуються спеціальні польові дослідно-міграційні роботи й експерименти (індикаторні методи), а також лабораторні дослідження.

На родовищах з дуже складними гідрогеологічними й санітарними умовами основну увагу приділяють обґрунтуванню оптимального, за умовам зберігання якості підземних вод, режиму їхньої експлуатації та складу заходів, необхідних для захисту водозабору від забруднення.

Крім дослідно-фільтраційних та дослідно-міграційних робіт виконуються спеціальні натурні дослідження й спостереження на дослідно-виробничих полігонах і ділянках, виконуються довготривалі дослідно-експлуатаційні відкачки, лабораторні роботи, спостереження за режимом та інші дослідження.

12.2. Гідрогеологічне обґрунтування зони санітарної охорони водозаборів підземних вод

У відповідності з діючим досі «Положением о порядке проектирования и эксплуатации зони санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения» № 2640-82 [48] для водозаборів підземних вод встановлена ***зона санітарної охорони* (ЗСО),** що складається з 3-х поясів в яких здійснюються спеціальні заходи, що виключають можливість надходження забруднень у водоносний пласт у районі водозабору.

1-й пояс ЗСО – пояс суворого режиму призначений для виключення випадкового або навмисного забруднення підземних вод у межах ділянки розташування водозабору. ***Границя першого поясу*** має бути не менше 30 м від водозабору - при використання захищених підземних вод та не менше 50 м - при використанні недостатньо захищених підземних вод. У сприятливих санітарно-технічних умовах дозволяється зменшення розмірів першого поясу відповідно до 15 та 20 м.

Для берегових (інфільтраційних) водозаборів до поясу суворого режиму додають прибережну територію між водозабором і водоймищем (якщо відстань між ними не перевищує 150 м). ***Для водозаборів зі штучним поповненням підземних вод*** границя першого поясу встановлюється на відстані не менше 50 м від водозабору та на відстані не менше 100 м від інфільтраційної споруди.

Територія поясу суворого режиму упорядковується, огороджується, забезпечується охороною, на ній заборонені всі види будівництва та роботи, що не пов’язані з експлуатацією водозабору.

2 та 3 пояси ЗСО – це пояси обмежень.

Другий пояс призначений для захисту підземних вод від мікробного забруднення, **третій пояс** – від хімічного забруднення.

Границі другого поясу ЗСО встановлюють виходячи з передумов, що якщо за його межами крізь зону аерації надходить мікробне забруднення, то воно не досягає водозабору. Ця умова виконується у тих випадках, коли час просування води від границі другого поясу до водозабору буде перевищувати час існування патогенних мікроорганізмів. За розрахунковий час для ґрунтових вод приймають 200–400 діб, для напірних і безнапірних міжпластових вод – 100–200 діб, залежно від умов взаємозв'язку поверхневих і підземних вод та кліматичних районів.

Границі третього поясу ЗСО визначаються гідродинамічними розрахунками, виходячи із передумов, що якщо за межами поясу у водоносний пласт надходять хімічні забруднення, то вони або не досягнувши водозабору перемішуються з підземними водами поза областю живлення, або досягнуть водозабору, але не раніше розрахункового часу, який має бути більше проектного терміну експлуатації водозабору (рис. 12.1).

У випадку обмеженого терміну експлуатації водозабору границі третього поясу визначаються розмірами області захоплення водозабору, а при нестійкому хімічному забрудненні вони можуть бути менше області захоплення, якщо час розпаду забруднюючих речовин менше терміну експлуатації водозабору. ***У випадку необмеженого терміну експлуатації водозабору*** та ***при стійких хімічних забрудненнях*** границі третього поясу встановлюються за нейтральною лінією току, яка обмежує область живлення

водозабору при його експлуатації, що повністю виключає можливість хімічного забруднення підземних вод.

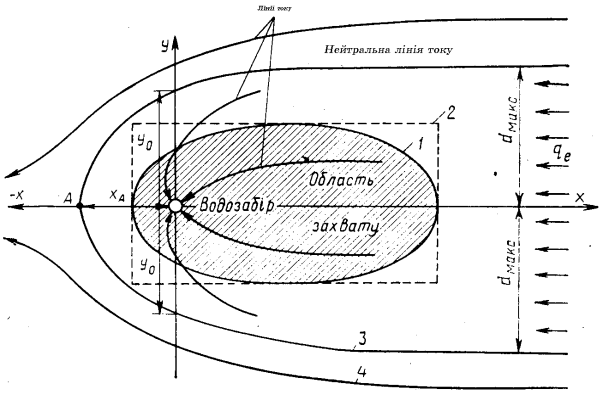

Рис. 12.1. Схема живлення водозабору у необмеженому пласті: *1* - область захоплення водозабору; *2* - схематизована область захоплення водозабору; *3* - нейтральна лінія току, що обмежує область живлення водозабору; *4* - лінії токів поза областю живлення водозабору

У межах території поясів обмежень ЗСО:

1) регулюються і контролюються будівельні та гірничо-бурові роботи;

2) забороняється закачування та підземне складування стічних вод і промислових відходів;

3) забороняється будівництво та розміщення об’єктів, які можуть бути джерелами мікробного і хімічного забруднення підземних вод;

4) ліквідуються некондиційні свердловини і свердловини, що не використовуються;

5) здійснюється загальне упорядкування території й проводяться заходи, що підтримують в її межах сприятливу санітарну обстановку.

Обґрунтування розмірів поясів зон санітарної

охорони водозабору здійснюється аналітичними та графоаналітичними методами, а у складних гідрогеологічних, гідрохімічних і санітарних умовах - за допомогою моделювання.

12.3. Гідрогеологічне обґрунтування штучного поповнення запасів підземних вод

Штучне поповнення запасів підземних вод – це водогосподарські заходи, що забезпечують планомірне покращення водного балансу території шляхом переведення частини поверхневого стоку у підземний.

Необхідність у штучному поповненні запасів підземних вод може виникнути як у районах інтенсивної експлуатації родовищ підземних вод, де спостерігається суттєве їхнє виснаження, так і у районах можливої відсутності промислових природних родовищ підземних вод, де переведення поверхневого стоку у підземний може призвести або до збільшення промислової цінності природних родовищ, або навіть до формування *«штучних родовищ»* підземних вод. У цьому випадку мова йде про ***магазинування*** поверхневого стоку.

Штучне поповнення запасів підземних вод залежно від цільового призначення, природних і технічних умов його здійснення та джерела поповнення виконується ***двома основними способами*:**

1) шляхом забезпеченням умов вільної інфільтрації води крізь зону аерації (рис. 12.2):

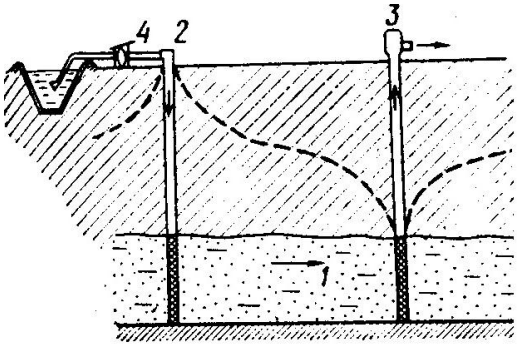

Рис. 12.2. Система штучного поповнення напірних вод з нагнітальними свердловинами:
1 – об’єкт поповнення; *2* – нагнітальна свердловина;
3 – водозабірна свердловина; *4* – насосна станція для подавання води у нагнітальну свердловину

2) шляхом примусової подачі води у водоносний горизонт через свердловини, шахти або колодязі (рис. 12.3):

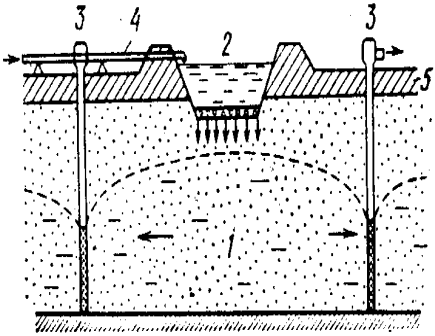

Рис. 12.3. Система штучного поповнення ґрунтових вод з інфільтраційним басейном:
1 – об’єкт штучного поповнення; *2* – інфільтраційний басейн;
3 – водозабірні свердловини; *4* – трубопровід, що подає воду у басейн; *5* – покривні суглинки.

В якості джерел штучного поповнення запасів підземних вод використовуються річкові, зливові, повеневі, озерні, зрідка – дренажні, скидові й стічні води, іноді виконується переведення підземних вод з одних горизонтів в інші.

Ефективність штучного поповнення запасів підземних вод залежить від фізико-географічних (клімату, тривалості й глибини промерзання порід, рельєфу та розподілу опадів у часі), геоло-гідрогеологічних (геологічної структури, потужності, літологічних особливостей і фільтраційних властивостей порід, гідрогеологічних умов), а також гідролого-геохімічних факторів (поверхневий стік, його якість та забезпеченість). Тому, для вивчення доцільності й ефективності штучного поповнення запасів підземних вод та обґрунтування проектування систем поповнення виконується комплекс геолого-гідрогеологічних, гідрологічних, санітарних, дослідно-фільтраційних, лабораторних та інших досліджень.

У результаті проведення комплексу досліджень та розрахунків ***мають бути вирішені такі завдання***:

1) вибір площ й об’єктів, що є перспективними для штучного поповнення запасів підземних вод;

2) обґрунтування вибору джерела штучного поповнення, яке відповідає вимогам за кількістю та якістю води;

3) оцінка геолого-гідрогеологічних, кліматичних, санітарних, технічних та інших умов і процесів з точки зору їхнього впливу на вибір способу і технології штучного поповнення підземних вод;

4) вибір найбільш раціонального в даних умовах способу поповнення підземних вод;

5) прогноз можливих змін продуктивності інфільтраційних споруд та якості інфільтраційних вод;

6) оцінка експлуатаційних запасів підземних вод в

умовах штучного поповнення запасів підземних вод;

7) оцінка ефективності штучного поповнення та обґрунтування найбільш оптимальних варіантів його здійснення.

Найчастіше необхідність штучного поповнення запасів підземних вод виникає на діючих водозаборах, де є тенденція до погіршення умов роботи водозабору, спрацюванню та виснаженню експлуатаційних запасів підземних вод. У таких умовах комплекс досліджень, які є необхідними для обґрунтування штучного поповнення запасів підземних вод, виконується в два етапи.

На першому етапі здійснюється узагальнення та аналіз матеріалів розвідки родовища і досліду експлуатації водозабору, а також виконується рекогносциювальне обстеження району діючого водозабору.

На другому етапі виконуються передбачені проектом дослідження, які необхідні для обґрунтування схеми штучного поповнення підземних вод, що була намічена за результатами першого етапу досліджень (вивчення та оцінка всіх основних факторів здійснення поповнення).

Комплекс досліджень, звичайно, включає:

1) комплексну геолого-гідрогеологічну зйомку району діючого водозабору масштабом від 1:25000 до 1:2000;

2) дослідно-фільтраційні роботи (наливи у шурфи та свердловини);

3) гідрологічні та балансово-гідрометричічні дослідження;

4) санітарні й лабораторні роботи;

5) дослідно-міграційні роботи;

6) дослідні роботи з метою вивчення умов роботи інфільтраційних споруд.

Експлуатаційні запаси підземних вод в умовах їхнього штучного поповнення оцінюються відомими методами

(гідродинамічним, гідравлічним, балансовим, аналогії та моделюванням). Урахування впливу інфільтраційних споруд призводить до ускладнення фільтраційних схем, тому з метою прогнозу умов роботи систем поповнення та оцінки експлуатаційних запасів підземних вод більш доцільно використовувати комбіновані методи оцінки запасів і моделювання.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК ОСНОВНИХ МЕТОДІВ І ВИДІВ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аерометоди 44,47,48,54
Аерофотознимкі, дешифрування 44
Аерофотозйомка 44
Аналізи хімічні 53

Баланс підземних вод 120
- - - методи вивчення 127-128
- - - - - гідродинамічного аналізу 127
- - - - - експериментальні 127-128
Буріння 50, 51-65
- зондувальне 51
- картографувальне 51
- опорне 50
- способи 57
- - колонковий 63
- - обертальний із прямою промивкою 64
- - - зі зворотною промивкою 64
- - - з продувкою 64
- - реактивно-турбінний 64
- - ударно-канатний 64
- - комбінований 65

Випробування водоносних горизонтів
випереджаюче 93
Витратограма 98
- диференційна 98
Відкачки 69-78
- групові 71
- документація 69-78
- дослідні 70
- дослідно-експлуатаційні 71
- кущові 70
- методика проектування 69-78
- одиночні 70
- пробні 69
Водопоглинення питоме 80

Документація кошторисна 42
Дослідження геофізичні 52
- гідрогеологічні види 47-53
- - планування 42
- - принципи проведення 28-30
- - - найменших витрат часу 30
- - - найменших матеріальних і трудових витрат 30
- - - повноти досліджень 29
- - - послідовних наближень 29
- - - рівномірності вивчення родовищ 29
- - - раціонального і комплексного використання природних ресурсів 30
- - стадії 30-41
- - - регіональне гідрогеологічне вивчення
території України 32
- - - пошук та пошукова оцінка родовищ підземних вод 36

- гідрофізичні 99-110
- гідрохімічні 52
- радіогідрогеологічні 53

Експрес-методи 92-95
- відкачки 94-95
- наливи 95
Епюри напорів миттєві 109

Завдання геологічні 41-42
- - етапи 42
Збурення характер та ступінь 75
Звіт гідрогеологічний 56
- - розділи 56
- - частини 56
Зйомки гідрогеологічні 44-56
- - великомасштабні 46,55
- - детальні 45,55
- - дрібномасштабні 45,55
- - завдання 44-45
- - загальні 45-47
- - зміст 45
- - комплексні 45
- - періоди проведення 53-54
- - спеціалізовані 45,47
Зона аерації 83

Індикатори 114-116
- електролітичні 115
- колориметричні 116
- хімічні 114-115
Інфільтрація 83
- швидкість 84
Історія розвитку методики гідрогеологічних досліджень 7-26
- періоди та етапи 10-26

Капілярний тиск 84
Карти гідрогеологічні 54-56
- - великомасштабні 55
- - детальні 55
- - дрібномасштабні 55
- - загальні 55
- - кондиційні 56
- - некондиційні 56
- - оглядові 55
- - поєднані 55
- - розчленовані 56
- - середньомасштабні 55
- - спеціальні 55
Картографування гідрогеологічне 54
Кущ дослідних свердловин 72-75
- - кількість свердловин 73-74
- - променів 73
- - розташування721
- - схема 72-73

Лізиметри 129-130

Міграція хімічних компонентів 100-101
Мережа спостережна види 121-126
- - створи 122-126

Нагнітання дослідні у свердловини 78-81
- - - повітря 81-82
Наливи дослідні у свердловини 78-81
- - у шурфи 82-92
- - - за способом Біндемана 91-92
- - - - Болдирева 85-86
- - - - Гіринського 90-91
- - - - Каменського 86-87
- - - - Нестерова 87-89
- - - - умови проведення 84
Напрямок руху підземних вод 110-11
- методи визначення 111-117

Пористість активна 113
Проект 42

Режим підземних вод 118-127
- дослідження локальні 119,122
- - регіональні 119,112
- методика спостережень 121-127

- порушений 120
- природний 118-119
- слабопорушений 119
Резістивіметрія свердловин 98-99
Рівняння балансу підземних вод 128
Роботи гірничопрохідницькі 51
- дослідно-міграційні 99-110
- дослідно-фільтраційні 51-52
- камеральні 53
- лабораторні 53

Свердловини гідрогеологічні 58-63
- вимоги 60

- категорії 58-59
- конструкція 60-63
- - елементи 60
- - параметри 60-62
Спостереження геоботанічні 49-50
- геологічні 48-49
- геоморфологічні 48
- гідрогеологічні 49
- - при бурінні свердловин 62-63
- гідрологічні 49
- за режимом підземних вод 121-127
- інженерно-геологічні 50
- наземні візуальні 48-50
- - види 48-50
Стратифікація гідрогеологічна 54

Тензіометри 102-104
- глибинні 103-104
- ґрунтові 102-103

Формула Біндемана 91
- Болдирева 85
- Веригіна 93
- Гіринського 91
- Каменського 87
- Нестерова 88
- Самсонова 74

Характеристика гідрофізична основна 107
Хронологічні графіки зміни напорів 110

Швидкість руху підземних вод 113
- дійсна 113
- - методи визначення 113-117
- - - геофізичні 111-112
- - - індикаторні 112-117
- - - радіоіндикаторні 117

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Бабінець А.Є. 15,17
Банник Г.І. 15,16,18,267
Біндеман М.М. 67,83,84,91
Болдирев А.К. 67,83,85
Бондаренко С.С. 16
Боревський Б.Б. 75

Вартанян Г.С. 16
Веригін М.М. 93

Гіринський М.К. 67,83,90
Головкінський М.О. 12

Дробноход М.І. 21,22

Жернов І.Є. 18,19

Каменський Г.М. 67,83,86
Кац Д.М. 167
Климентов П.П. 16
Кононов В.М. 16
Корнєєнко С.В. 23,274
Кошляков О.Є. 22,23

Мазарович О.М. 13
Маков К.І. 15
Мандрик Б.М. 23

Нестеров М.С. 67,83,87-89, 91

Пелешенко В.І. 16,18
Плотников М.І. 16
Попов О.С. 15

Руденко Ф.А. 15,18

Самсонов Б.Г. 74,75
Силін-Бекчурін О.І. 14
Солдак А.Г. 16,18,20

Толстихін Н.І. 177

Чомко Д.Ф. 24
Чомко Ф.В. 23

Шевченко О.Л. 23

Язвін Л.С. 72

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1) Башкатов Д.Н. Бурение скважин на воду / Д.Н. Башкатов, В.Л. Роговой. - М., 1976.

2) Башкатов Д.Н. Гидрогеологические наблюдения при бурении и опробовании скважин на воду / Д.Н. Башкатов, А.Г. Тесля. - М., 1970.

3) Башкатов Д.Н. Справочник по бурению скважин на воду / Д.Н. Башкатов, С.С. Сулакшин, С.Л. Драхлис. - М., 1979.

4) Бирюков В.И. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых / В.И. Бирюков, С.Н. Куличихин, Н.Н. Трофимов. - М., 1979.

5) Вижва С.А. Геологія в Київському університеті /С.А. Вижва, П.І. Грищук, О.В. Зінченко та ін. – К., 2011.

6) Гордеев П.В. Гидрогеология / П.В. Гордеев, В.А. Шемелина, О.К. Шулякова. – М., 1990.

7) Гордеев Д.И. Основные этапы истории отечественной гидрогеологии. Тр. лабор.гидрогеол. пробл. им. Ф.П.Саваренского, т. VII / Д.И. Гордеев. - М.,1954.

8) ДБН А. 2.2-3-2004 «Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва». – К., 2004.

9) ДБН А. 2.2-1-2014 «Інженерні вишукування для будівництва». – К., 2014.

10) Дзекунов Н.Е. Термодинамические методы изучения водного режима зоны аэрации / Н.Е. Дзекунов, И.Е. Жернов, Б.А. Файбишенко. - М., 1987.

11) ДСанПін 2.2.4-171-10. Державні санітарні правила і нормам «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». - К., 2010.

12) ДСТУ 878-93 «Води мінеральні питні. Технічні умови». - К., 1993.

13) ДСТУ 42.10-02-96 «Води мінеральні лікувальні. Технічні вимоги». - К., 1996.

14) Дягилева А.И. Основы геофизических методов разведки / А.И. Дягилева, В.В. Андриевич. - М., 1987.

15) Закон України «Про наукову та науково-технічну діяльність» від 13.12.1991 № 1997. – К., 1991.

16) Керкис Е.Е. Методы изучения фильтрационных свойств горных пород / Е.Е. Керкис. - М.,Л. - 1975.

17) Кирюхин В.Л. Общая гідрогеологія / В.Л. Кирюхин, Л.И. Коротков, Л.Н. Павлов. - Л.,1988.

18) Климентов П.П. Методика гидрогеологических исследований / П.П. Климентов, В.М. Кононов. - М., 1989.

19) Ковалевский В.С. Условия формирования и прогнозы естественного режима подземних вод / В.С. Ковалевский. - М., 1973.

20) Корнєєнко С.В. Геологорозвідувальна справа / Корнєєнко С.В., К.Л. Ларін, Г.Ф. Виноградов, В.С. Шабатин, І.П. Соколов. - К., 1996.

21) Корнєєнко С.В. Методика гідрогеологічних досліджень. Основні види і методи гідрогеологічних досліджень / С.В. Корнєєнко. – К., 2001.

22) Корнєєнко С.В. Навчальна гідрогеологічна практика. Інженерно-геологічні роботи / С.В. Корнєєнко. – К., 2004.

23) Корнєєнко С.В. Навчальна гідрогеологічна та інженерно-геологічна практика / С.В. Корнєєнко, Д.Ф. Чомко, А.В. Шостак, О.М. Корбутяк. – К., 2010.

24) Коноплянцев А.А. Прогноз и картирование режима грунтовых вод / А.А. Коноплянцев, С.М. Семенов. - М., 1979.

25) Кошляков О.Є. Гідрогеологічне моделювання / О.Є. Кошляков. – К., 2003.

26) Лебедев А.В. Методы изучения баланса грунтовых вод / А.В. Лебедев. - М., 1976.

27) Мандрик Б.М. Гідрогеологія / Б.М. Мандрик, Д.Ф. Чомко, Ф.В. Чомко. – К., 2005.

28) Методические рекомендации по проведению гидрогеологической и инженерно-геологической съемки для целей мелиорации применительно к природным условиям различных регионов Украины. - Днепропетровск, 1979.

29) Методические рекомендации по организации и проведению групповых гидрогеологических съемочных работ масштаба 1:200000. - М., 1981.

30) Методическое руководство по гидрогеологической съемке масштабов 1:1 000000-1:500000 и 1:200000-1:100000. - М., 1961.

31) Методическое руководство по производству гидрогеологической съемки в масштабах 1:50000 и 1:25000. - М., 1962.

32) Методические указания по гидрогеологической съемке на закрытых территориях в масштабах 1:500000, 1:200000 и 1:50000. - М., 1968.

33) Методические указания по геологической съемке масштаба 1:50000. - Л., 1970.

34) Методические рекомендации по проведению наблюдений за режимом подземних вод по ведомственной сети скважин. - Днепропетровск, 1986.

35) Методическое руководство по гидрогеологическим и инженерно-геологическим исследованиям для мелиоративного строительства. Вып. 2. - М., 1972.

36) Методическое руководство по изучению режима подземных вод в районах водозаборов. - М., 1968.

37) Методические указания по производству наблюдений за режимом температуры подземных вод. - М., 1982.

38) Мироненко В.А. Теория и методы интерпретации отытно- фильтрационных работ / В.А. Мироненко, В.М. Шестаков. - М., 1978.

39) Мироненко В.А. Опытно-миграционные работы в водоносных пластах / В.А. Мироненко, В.Г. Румынин. - М., 1986.

40) Михайлов Л.Е. Гидрогеология / Л.Е. Михайлов. - Л., 1985.

41) Нариси з історії геологічних досліджень у Київському університеті /За ред. В.Г. Молявка.- К.,1999.

42) Огняник М.С. Мінеральні води України / М.С. Огняник. – К., 2000.

43) Опытно-фильтрационные работы /Под. ред. В.М. Шестакова и Д.Н. Башкатова.- М.,1974.

44) Основы гидрогеологии /Под ред. Е.В. Пиннекера. Т. Общая гидрогеология. - Новосибирск, 1980.

45) Основы гидрогеологии. Гидрогеодинамика. - Новосибирск, 1983.

46) Плотников Н.И. Основы гидрогеологии. Методы гидрогеологических исследований / Н.И. Плотников, Г.С. Вартанян, С.С. Бондаренко и др. - Новосибирск, 1984.

47) Плотников Н.И. Поиски и разведка пресних подземних вод / Н.И. Плотников. - М., 1985.

48) Положение о порядке проектирования и эксплуатации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения» № 2640-82.

49) Положення про стадії геологорозвідувальних робіт на тверді корисні копалини. – К., 2000.

50) Положення про стадії геологорозвідувальних робіт на підземні води (гідрогеологічні роботи). - К., 2001.

51) Принципы гидрогеологической стратификации //Труды. Вып. 148. - М., 1982.

52) Принципы размещения сети гидрогеологических наблюдательных пунктов в естественных и нарушенных условиях (методические рекомендации). - М., 1974.

53) Руководство по определению коэффициента фильтрации водоносных пород методом опытной откачки. - М., 1981.

54) Руденко Ф.А. Гідрогеологія / Ф.А. Руденко, О.Є. Попов. - К., 1975.

55) Солдак А.Г. Польова гідрогеологія / А.Г. Солдак, Г.І. Банник, В.І. Пелешенко. - К., 1962.

56) Солдак А.Г. Полевые методы гидрогеологических исследований / А.Г. Солдак. - К., 1978.

57) Солонин Б.Н. Краткий справочник по проектированию и бурению скважин на воду / Б.Н. Солонин. - М., 1977.

58) Справочное руководство гидрогеолога. Т. 2. - Л., 1979.

59) Справочник гидрогеолога /Под ред. М.Е.Альтовского. - М., 1962.

60) Чураев Н.В. Радиоиндикаторные методы исследования движения подземных вод / Н.В. Чураев, Н.И. Ильин. - М., 1973.

61) Шевченко О.Л. Методи досліджень мінеральних підземних вод / О.Л. Шевченко. – К., 2004.

ЗМІСТ

Передмова 4-6

Вступ 7-26

1. Гідрогеологічні дослідження – вчення про методи і прийоми вивчення гідрогеологічних умов. 7-8
2. Історія розвитку й сучасний стан методики гідрогеологічних досліджень. 8-26

РОЗДІЛ І. Основні методи і види сучасних гідрогеологічних досліджень. 27-130

ГЛАВА 1. Основні види, структура, стадійність і принципи проведення гідрогеологічних досліджень 27-43

1.1. Основні види та структура гідрогеологічних досліджень. 27-28
1.2. Загальні принципи проведення, стадійність та планування гідрогеологічних досліджень. 28-43

ГЛАВА 2. Гідрогеологічна зйомка та картографування 44-56

2.1. Види, завдання та зміст гідрогеологічної зйомки. 44-47
2.2. Основні види та методи досліджень, що використовуються при проведенні гідрогеологічної зйомки. 47-53
2.3. Порядок планування і проведення гідрогеологічної зйомки. 53-54
2.4. Гідрогеологічне картографування, принципи складання і зміст гідрогеологічних карт. 54-56
2.5. Складання гідрогеологічних звітів. 56

ГЛАВА 3. Розвідувальні роботи при проведенні гідрогеологічних досліджень 57-66

3.1. Завдання і зміст розвідувальних робіт при проведенні гідрогеологічних досліджень. 57-58
3.2. Категорії, конструкція та обладнання гідрогеологічних свердловин. 58-63
3.3. Способи буріння гідрогеологічних свердловин. 63-65

3.4. Гідрогеологічні спостереження при бурінні й випробуванні свердловин. 65-66

ГЛАВА 4. Дослідно-фільтраційні роботи при проведенні гідрогеологічних досліджень 67-117

4.1. Головні види, мета і завдання дослідно-фільтраційних робіт. 68-69
4.2. Види відкачок, їхнє призначення і методика організації та проведення. 69-78
4.3. Дослідні нагнітання і наливи у свердловини. 78-82
4.4. Метод наливів у шурфи. 82-92
4.5. Експрес-методи проведення дослідно-фільтраційних робіт. 92-95
4.6. Спеціальні види дослідно-фільтраційних робіт. 95-99
4.7. Дослідно-міграційні роботи. 99-110
4.8. Визначення напрямку і швидкості руху підземних вод. 110-117

ГЛАВА 5. Вивчення режиму і балансу підземних вод 118-130

5.1. Мета та завдання вивчення режиму і балансу підземних вод. 118-121
5.2. Методика проведення спостережень за режимом підземних вод. 121-127
5.3. Методи вивчення балансу підземних вод. 127-130

РОЗДІЛ II. Методика гідрогеологічних досліджень для вирішення конкретних господарських завдань. 131-259

ГЛАВА 6. Гідрогеологічні дослідження з метою водопостачання 131-150

6.1. Зміст, стадії та завдання гідрогеологічних досліджень джерел водопостачання. 131-132
6.2. Водозабірні споруди, їхня будова та основні типи. 132-137
6.3. Експлуатаційні запаси підземних вод та їхні категорії за ступенем вивченості. 138-140
6.4. Методи визначення експлуатаційних запасів підземних вод. 140-143
6.5. Поняття про родовище підземних вод. 143-145
6.6. Класифікація родовищ підземних вод. 145-147
6.7. Особливості геологорозвідувальних робіт на родовища підземних вод з

метою водопостачання. 147-150

ГЛАВА 7. Гідрогеологічні дослідження з метою меліорації земель 151-175

7.1. Задачі, види та стадії гідрогеологічних досліджень з метою меліорації земель. 151-161
7.2. Особливості складу та методики проведення гідрогеологічних досліджень з метою зрошення. 161-165
7.3. Вимоги до гідрогеологічних досліджень, що виконуються з метою зрошення. 165-166
7.4. Типи гідрогеологічних умов зрошуваних територій. 167-168
7.5. Зміст, склад та методика проведення гідрогеологічних досліджень з метою осушення. 168-172
7.6. Загальні вимоги до гідрогеологічних досліджень, що виконуються з метою осушення. 172-173
7.7. Типи гідрогеологічних умов осушуваних територій. 173-175

ГЛАВА 8. Гідрогеологічні дослідження при пошуку та розвідці мінеральних (лікувальних), промислових і термальних підземних вод 176-189

8.1. Основні типи мінеральних (лікувальних), термальних і промислових підземних вод. 176-179
8.2. Загальна схема, основні положення та принципи методики гідрогеологічних досліджень мінеральних (лікувальних), термальних і промислових підземних вод. 180-181
8.3. Специфічні особливості, що відрізняють проведення пошуково-розвідувальних робіт на родовища мінеральних (лікувальних), термальних і промислових підземних вод. 181-189

ГЛАВА 9. Гідрогеологічні дослідження при пошуково-розвідувальних роботах й експлуатації нафтових і газових родовищ 190-201

9.1. Головні типи нафтогазоносних басейнів і родовищ нафти й газу. 190-192
9.2. Етапи та стадії пошуково-розвідувальних робіт на нафту і газ. 192-193

9.3. Гідрогеологічні критерії оцінки перспектив нафтогазоводоносних басейнів. 193-195
9.4. Гідрогеологічні дослідження при пошуках нафтових і газових родовищ. 195-196
9.5. Гідрогеологічні дослідження при розвідці й розробці нафтових і газових родовищ. 196-201

ГЛАВА 10. Гідрогеологічні дослідження при пошуку, розвідці та розробці родовищ твердих корисних копалин 202-217

10.1. Мета та завдання гідрогеологічних досліджень родовищ твердих корисних копалин. 202-205
10.2. Особливості й зміст гідрогеологічні досліджень на різних стадіях пошуково-розвідувальних робіт і розробці родовищ твердих корисних копалин. 205-217

ГЛАВА 11. Інженерно-гідрогеологічні вишукування для різних видів будівництва 218-233

11.1. Види, завдання та склад інженерно-гідрогеологічних вишукувань для різних видів будівництва. 218-223
11.2. Інженерно-гідрогеологічні вишукування при гідротехнічному будівництві. 223-230
11.3. Інженерно-гідрогеологічні вишукування при промислово-цивільному будівництві. 230-231
11.4. Інженерно-гідрогеологічні вишукування при будівництві підземних споруд. 231-232
11.5. Інженерно-гідрогеологічні вишукування при лінійному будівництві. 232-233

ГЛАВА 12. Гідрогеологічні дослідження з метою охорони й поповнення запасів підземних вод. 234-259

12.1. Гідрогеологічні дослідження у зв’язку з оцінкою та прогнозом якості підземних вод. 234-251
12.2. Гідрогеологічне обґрунтування зони санітарної охорони водозаборів

підземних вод. 251-254
12.3. Гідрогеологічне обґрунтування штучного поповнення запасів підземних вод. 254-259

Предметний покажчик основних методів і видів гідрогеологічних досліджень 260-262

Іменний покажчик 263

Список літератури 264-268

Навчальне видання

КОРНЄЄНКО СЕРГІЙ ВІТАЛІЙОВИЧ

МЕТОДИКА ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Підручник

Розміщено за авторською редакцією та дизайном

Корнєєнко Сергій Віталійович. Кандидат геолого-мінералогічних наук, доцент. У 1988 році з відзнакою закінчив геологічний факультет Київського університету імені Тараса Шевченка зі спеціальності «гідрогеологія та інженерна геологія», у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка працює з 1991 року, доцент кафедри гідрогеології та інженерної геології з 1997 року. Наукова діяльність пов'язана з дослідженнями інженерно-геологічних властивостей ґрунтів, вивченням закономірностей еволюції геологічного середовища під впливом техногенного навантаження, дослідженнями впливу ґрунтового середовища на корозійну стійкість магістральних газопроводів. Керівник навчальної практики з гідрогеологічних та інженерно-геологічних методів досліджень, член науково-методичної комісії ННІ «Інститут геології», член робочої групи МОН України від ННІ «Інститут геології» з розробки Галузевих стандартів вищої освіти, член Європейської асоціації з охорони геологічного надбання («ProGEO», Швеція), член ВГО «Спілка геологів України» та член Українського мінералогічного товариства («УМТ»). Автор біля 50 наукових та науково-методичних праць, у тому числі 3 підручників та 8 навчальних посібників.