

КОНСПЕКТИ ЛЕКЦІЙ доц. ЧОМКА Ф. В.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З КУРСУ «МЕТОДИКА ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ»

РОЗДІЛ №1.

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

Лекція 1. Гідрогеологічні дослідження – вчення про методи і прийоми вивчення гідрогеологічних умов. Розвиток і сучасний стан методики гідрогеологічних досліджень – 2 год.

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

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

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

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

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

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

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

- дореволюційний;
- радянський;
- сучасний.

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

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

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

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

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

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

Другий етап характеризується виникненням самостійної галузі геологічної науки – гідрогеології.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Завдання для самостійної роботи – 4 год.:

1. Сучасний стан методики гідрогеологічних досліджень.

Література основна [1, 2, 4].

Основні види та структура гідрогеологічних досліджень. Загальні принципи проведення, стадійність й планування гідрогеологічних досліджень.

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

Основними видами гідрогеологічних досліджень є :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Геологорозвідувальні роботи на підземні води проводяться за такими стадіями:

Стадія I. Регіональне гідрогеологічне вивчення території України.

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

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

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

Стадія II. Пошук та пошукова оцінка родовищ підземних вод.

Підстадія II-1. Пошукові роботи.

Підстадія II-2. Пошуково-оцінювальні роботи.

Стадія III. Розвідка родовищ підземних вод.

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

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

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

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

Важливою ланкою в плануванні гідрогеологічних дослідження є складання *проектно-кошторисної документації*, яка містить в собі проект або програму пошуково-розвідувальних робіт і кошторис. *Проект* складається єдиним на кожній об'єкт, на термін, якій забезпечує повне виконання геологічного завдання з урахуванням передбаченої в ньому черговості виконання робіт. Види і об'єми робіт, які передбачаються проектом, послідовність і методика їх проведення визначаються з урахуванням геолого-гідрогеологічних особливостей об'єкту, ступеня його вивченості, характеру і специфіки завдань, що вирішуються, інформативності і ефективності проектуємих досліджень в умовах вивчаємого об'єкта та забезпечення виконання всіх вимог основних принципів геологорозвідувального процесу.

Завдання для самостійної роботи – 4 год:

1. Стадійність гідрогеологічних досліджень.

Література основна [1, 2, 6].

ТЕМА 2. ГІДРОГЕОЛОГІЧНА ЗЙОМКА І КАРТУВАННЯ

Лекція 2. Види, завдання та зміст гідрогеологічної зйомки. Основні види і методи досліджень, які використовуються при проведенні гідрогеологічної зйомки. Порядок планування і проведення гідрогеологічної зйомки. – 2 год.

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

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

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

досліджуваної території;

- 7) умови охорони підземних вод;
- 8) перспективи проведення подальших робіт.

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

Зміст гідрогеологічної зйомки залежить від її масштабу і призначення.

За масштабом (або детальністю) гідрогеологічні зйомки поділяються на:

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

За цільовим призначенням виділяють :

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

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

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

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

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

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

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

Завдання для самостійної роботи – 4 год:

1. Види і методи досліджень, що застосовують при проведенні гідрогеологічної зйомки.

Література основна [1, 2, 6].

Література додаткова [5].

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

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

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

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

Гідрогеологічні карти поділяють:

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

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

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

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

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

Остаточний звіт по гідрогеологічній зйомці складається з 3 частин:

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

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

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

Завдання для самостійної роботи – 4 год.

1. Поділ гідрогеологічних карт.
2. Зміст остаточного звіту із гідрогеологічної зйомки.

Література основна [1, 2].

Література додаткова [5].

ТЕМА 3. РОЗВІДУВАЛЬНІ РОБОТИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Лекція 3. Завдання і зміст розвідувальних робіт при проведенні гідрогеологічних досліджень. Категорії, конструкція й обладнання гідрогеологічних свердловин – 2 год.

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

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

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

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

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

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

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

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

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 та ін.;
- 4) захист водоносних горизонтів від забруднення;
- 5) можливість проведення ремонтних робіт і вилучення труб.

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

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

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

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Категорії, конструкція й обладнання гідрогеологічних свердловин.

Література основна [1, 2, 6].

Література додаткова [3, 5].

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

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

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

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

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

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

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

Комбінований спосіб застосовують для буріння свердловин у мало вивчених геолого-гідрогеологічних умовах, при частому перешаруванні слабо напірних 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, їх задовільну документацію, високу якість робіт по розкриттю і випробуванню водоносних горизонтів.

Гідрогеологічні спостереження проводяться як при проходці свердловин, так і при їх гідрогеологічному випробуванні в процесі буріння. Задачами таких спостережень є: виявлення водоносних горизонтів, вивчення умов їх залягання, складу, потужності,

водозбагаченості, фільтраційних властивостей, хімічного складу води та інших особливостей.

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

При обертальному способі буріння свердловин:

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

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

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

4) при газопроявах відбирають проби газу спеціальними пристроями.

При ударно-канатному способі буріння свердловин:

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

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

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

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

Завдання для самостійної роботи – 4 год:

1. Способи буріння гідрогеологічних свердловин.

Література основна [1, 2, 6].

Література додаткова [3, 5].

ТЕМА 4. ДОСЛІДНО-ФІЛЬТРАЦІЙНІ РОБОТИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Лекція 4. Головні види, мета і завдання дослідно-фільтраційних робіт. Види відкачок, їх призначення та методика організації і проведення – 2 год..

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

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

Вибір виду дослідно-фільтраційних робіт залежить від особливостей порід, що вивчаються, завдань і стадії досліджень. На ділянках з глибоким заляганням підземних вод, а також в умовах, що є несприятливими для проведення відкачок (слаба водозбагаченість і водовіддача порід та ін.), при необхідності визначення гідрогеологічних параметрів ненасичених водою порід використовуються наливи і нагнітання в свердловини та дослідні наливи в шурфи. *Дослідні нагнітання* використовуються для оцінки фільтраційних властивостей і питомого водопоглинення тріщинуватих скельних і напівскельних водоносних порід, а *дослідні наливи* в

свердловини, головним чином, у не водонасичених пухких і тріщинуватих породах зони вивітрювання. *Дослідні наливи в шурфи* використовуються для вивчення водопроникності не обводнених зв'язних і пухких гірських порід зони аерації. *Експрес-методи* використовуються з метою орієнтовної порівняльної оцінки фільтраційних властивостей водоносних порід на попередніх стадіях гідрогеологічних досліджень, виявлення об'єктів і обґрунтування об'ємів подальших гідрогеологічних досліджень, характеристики водопроникності порід у розрізі та ін.

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

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

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

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

Дослідні відкачки підрозділяють на *кущові й одиночні*. *Одиночні дослідні відкачки* виконуються з метою встановлення залежності дебіту від зниження рівня і на відміну від пробних відкачок здійснюються при двох - трьох ступенях зниження рівня.

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

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

Дослідно-експлуатаційні відкачки проводяться з однієї або декількох свердловин у складних гідрогеологічних та гідрохімічних умовах, які не можуть бути відображені у вигляді розрахункової схеми. Їх мета - встановлення закономірностей змін рівня

підземних вод або їх якості при заданому дебіті у продовж тривалого часу (1-3 місяці і більше). Дані дослідно-експлуатаційних відкачок приймаються за основу при прогнозах умов роботи водозабірних і дренажних споруд.

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

Методика проектування відкачок залежить від їх призначення, стадії гідрогеологічних досліджень та конкретних природних умов родовища підземних вод, що вивчається. Методика дослідних робіт включає такі основні питання: 1) вибір виду відкачки (пробна, дослідна одиночна, кущова або групова, дослідно-експлуатаційна); 2) вибір схеми дослідного куща і його місцеположення (кількість дослідних і спостережних свердловин, схема їх розташування, відстань між свердловинами); 3) характер і ступінь збурення (дебіт дослідної свердловини, сталість або несталість дебіту, кількість ступенів дебіту); 4) тривалість відкачки і контроль її проведення; 5) обґрунтування конструктивних особливостей дослідних і спостережних свердловин; 6) вибір насосного обладнання.

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

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

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

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

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

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

Завдання для самостійної роботи – 4 год:

1. Види відкачок.

Література основна [1, 2].

Література додаткова [5].

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

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

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

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

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

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

Сутність метода полягає в нагляді за ходом інфільтрації води із шурфів та отриманні характеристик інфільтраційного потоку в умовах постійного рівня води в шурфі в процесі досліду. Метод інфільтрації води із шурфів, який був уперше запропонований О. К.Болдиревим, зараз використовується в різних модифікаціях, найбільшого поширення набули способи

Г. М.Каменського, М. С.Нестерова, М. М.Біндемана та М. К.Гіринського.

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

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

Спосіб О. К. Болдирєва застосовують для визначення коефіцієнта фільтрації пісків і тріщинуватих порід.

Коефіцієнт фільтрації k розраховують за формулою:

$$k = Q / F,$$

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

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

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

Коефіцієнт фільтрації k визначається за формулою:

$$k = Q / F, \text{ де } F = 1000 \text{ см}^2.$$

Тоді

$$k = 0,001Q$$

Спосіб М. С. Нестерова застосовують для слабопроникних порід (супісків та суглинків). Він ґрунтується на припущенні, що при інфільтрації води з двох циліндрів, які

розташовані концентрично і заповнені водою на однакову висоту, на розтікання витрачається вода лише із зовнішнього циліндра, а потік води із внутрішнього циліндра має напрямок тільки донизу. Вважається, що розтікання цього потоку не відбувається і що він має постійний переріз, який дорівнює перерізу внутрішнього циліндра, а лінії течії взаємно рівнобіжні і вертикальні. У цих умовах при сталій витраті води із внутрішнього циліндра й малій висоті стовпа води в ньому, можна прирівняти градієнт інфільтраційного потоку із внутрішнього циліндра до одиниці, а швидкість інфільтрації - до фільтрації.

Розрахунок коефіцієнту фільтрації k ведуть за формулою:

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

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

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

Коефіцієнт фільтрації k визначають за формулою:

$$k = a \xi Q,$$

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

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

Коефіцієнт фільтрації k розраховується за формулою:

$$k = \beta V / Ft,$$

де V – загальний об'єм води, який був витрачений за час проведення досліду, см³; t – загальний час проведення досліду, хв.; β – коефіцієнт, значення якого залежить від співвідношення глибини просочування води за час досліду до висоти шару води у кільці.

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

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

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Метод наливів у шурфи.

Література основна [1, 2].

Література додаткова [5].

Лекція 5. Експрес-методи проведення дослідно-фільтраційних робіт. Спеціальні види дослідно-фільтраційних робіт – 2 год.

Експрес-методи (або швидкісні методи) оцінки фільтраційних властивостей порід ґрунтуються на законах несталого 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.

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

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

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

Експрес-відкачка здійснюється шляхом миттєвого зниження рівня води в дослідній свердловині (незакріпленій або обладнаній фільтром) завдяки швидкому відбору води желонкою, включенням насоса 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 їх малий діапазон дії (при незначному ступеню збурення параметри характеризують невелику зону порід біля свердловини). Достовірність отриманих результатів підвищують за рахунок масовості експрес-визначень (за одиночне визначення приймають середнє арифметичне значення, отримане за даними дослідів, які проведені в чотирьох точках), а також шляхом урахування стану призабійної зони.

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 і провести гідрогеологічне розчленування розрізу.

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

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

Для проведення витратометрії свердловину відповідним чином готують і обладнують (встановлюють фільтр, очищають від шламу, виконують розглинизацію, шаблонування і прокачування, встановлюють обладнання). Виміри виконуються механічними або термометричними витратомірами. Механічні витратоміри вимірюють швидкість пересування води за допомогою вертушки (турбіни), яка з'єднана з магнітним переривачем, за даними якого визначають частоту обертання вертушки. Термометричні

витратоміри ґрунтуються на вимірі охолодження підогріваємого опору датчика розміщеного в потоку, у залежності від середньої лінійної швидкості цього потоку.

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

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

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

Резистивіметрія свердловин використовується в тріщинуватих породах, а також у пухких відкладах, які не вміщують значну кількість глинистих і пилюватих 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 фільтруючихся підземних вод.

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

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, \dots, C_n для кожного водоносного горизонту. Швидкість фільтрації в горизонті v (м/с) визначають за формулою:

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

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

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

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Спеціальні види дослідно-фільтраційних робіт.

Література основна [1, 2].

Література додаткова [5].

Визначення напрямку і швидкості руху підземних вод.

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

Напрямок руху підземних вод співпадає з уклоном поверхні їх рівня. Він ні є постійним і змінюється в залежності від умов живлення і дренажу водоносного горизонту.

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

При відсутності карт для встановлення відмітки рівня підземних вод закладають 3 свердловини, які розташовують у вигляді рівнобічного трикутника, відстань між вершинами якого від 50 до 100 м (в залежності від рельєфу і розмірів дослідної ділянки).

За встановленими позначками рівня шляхом інтерполяції складають план ізоліній, за яким визначають напрямок руху потоку підземних вод.

У тому 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 в різних напрямках від теплового датчика та ін.

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

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

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

$$v_d = v / n_a,$$

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

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

$$v_d = L / t,$$

Спостережні свердловини або шурфи розміщують в напрямку руху потоку. Якщо ж напрямок руху невідомий, то спостережних виробок намічають декілька і розташовують їх в різних напрямках, але на однаковій відстані від центральної виробки.

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

Хімічний спосіб полягає у визначенні концентрації розчину солі в спостережній виробці за допомогою хімічного аналізу. Цей спосіб застосовують при неглибокому заляганні водоносного горизонту з прісними водами.

Електролітичний спосіб відрізняється від хімічного лише способом визначення наявності й концентрацією солі в спостережній свердловині. Фіксація руху електроліту між свердловинами та поява його в спостережній свердловині проводиться за допомогою спеціального електровимірювального обладнання. Про момент появи в спостережній свердловині розчина солі судять по збільшенню електропровідності води (сила току при цьому максимальна, а опір підземних вод мінімальний).

Колориметричний спосіб полягає у визначенні часу проходження розчину барвника між пусковою та спостережною свердловинами. Наявність і концентрація забарвлюючої речовини у спостережних свердловинах встановлюється шляхом відбору з неї проб води та їх аналізу за допомогою флюороскопа. Флюороскоп - це набір з 10 скляних трубок з розчином-стандартом, концентрація якого змінюється від 0 до 5%. Проби води порівнюють з розчинами-стандартами тієї ж самої забарвлюючої речовини різної концентрації. Часом проходження розчину вважають час від моменту запуску барвника в пускову свердловину до моменту найбільш інтенсивного забарвлення проб води зі 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 (сполуки, що вміщують ^{131}I , ^{82}Br , ^{51}Cr , ^{60}Co , ^3H , ^{86}Rb , ^{35}S , ^{24}Na та ін.) і час його пересування від пускової до контрольної свердловини використовують для визначення дійсної швидкості фільтрації.

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Радіоіндикаторні методи визначення напрямку і дійсної швидкості руху підземних вод.

Література основна [1, 2].

Література додаткова [5].

ТЕМА 5. ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМУ І БАЛАНСУ ПІДЗЕМНИХ ВОД.

Лекція 6. Мета та завдання вивчення режиму і балансу підземних вод – 2 год.

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

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

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

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

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

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

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

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

5) оцінки фільтраційних властивостей і граничних умов водоносних горизонтів;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Види режиму підземних вод.

Література основна [1, 2].

Література додаткова [5].

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

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

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

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

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

В межах кожного виділеного гідрогеологічного району розміщується спостережна мережа у вигляді *створів*, орієнтованих від вододілів до дренажів, таким чином, щоб охопити спостереженнями всі характерні для цього району комплекси водовміщуючих порід і

геоморфологічні елементи (ділянки схилів, терас і заплав, міжрічкові ділянки, площі з різною потужністю зони аерації та ін.).

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

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

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

На ділянках водозаборів розміщення спостережних свердловин носить переважно площинний характер; *у районах промислових об'єктів* може бути площинним або приуроченим до головного профілю, орієнтованому за потоком підземних вод, з боковими поперечниками на окремих ділянках, де знаходяться інтенсивні джерела забруднення підземних вод; *на територіях населених пунктів (міст)* спостережні свердловини розташовуються на декількох регіональних профілях орієнтованих за напрямком і в хрест потоку - ці профілі проходять через у місто та його передмістя, з бічними короткими поперечниками, повздовжніми профілями або площинними системами на ділянках головних порушень і джерел забруднення; *в районах зрошення або осушення* спостережні свердловини розташовуються у вигляді створів (у випадку одномірного потоку) або "конверту" (у випадку двомірного потоку); *в районах розробки родовищ твердих корисних копалин* спостережна мережа обладнується у вигляді двох створів, які перетинаються, промені яких орієнтовані від центру розробляемого рудного тіла (ділянки) до найближчих границь водоносних пластів (горизонтів), що обводнюють родовище.

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

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

Метод гідродинамічного аналізу режиму підземних вод ґрунтується на застосуванні теорії несталого руху підземних вод до розрахунку головних елементів їх балансу за даними спостережень за режимом підземних вод. Метод всебічно враховує гідрогеологічні умови, дозволяє кількісно оцінювати інфільтрацію опадів, зрошувальних вод, що досягають рівня підземних вод, витрату останніх на сумарне випаровування і підземний стік, а також оцінювати необхідні гідрогеологічні параметри. Всі ці дані, що отримуються на спеціальних створах 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:

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

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

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

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

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

Завдання для самостійної роботи – 3 год:

1. Лізиметричні методи вивчення балансу підземних вод.

Література основна [1, 2].

Література додаткова [5]

РОЗДІЛ №2.

ТЕМА 6. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З МЕТОЮ ВОДОПОСТАЧАННЯ.

Лекція 7. Зміст, стадії та завдання гідрогеологічних досліджень джерел водопостачання. Водозабірні споруди, їх будова та основні типи. – 2 год.

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

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

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

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

Гідрогеологічні дослідження джерел водопостачання проводяться за такими стадіями та підстадіями: 1) регіональне гідрогеологічне вивчення території України (головним чином, підстадія І-3. - спеціалізовані гідрогеологічні роботи масштабу 1:50000 (1:25000); 2) пошук та пошукова оцінка родовищ підземних вод; 3) розвідка родовищ підземних вод. У залежності від складності гідрогеологічних умов, ступеню їх вивченості та потреб у воді окремі стадії можуть бути поєднані, або повністю виключені.

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

відповідного масштабу або вирішення спеціальних гідрогеологічних питань.

Стадія II. Пошук та пошукова оцінка родовищ підземних вод.

Підстадія II-1. Пошукові роботи.

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

Підстадія II - 2. Пошуково-оцінювальні роботи.

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

Стадія III. Розвідка родовищ підземних вод.

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

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

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

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

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

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

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. Для більш повного захвату підземних вод застосовуються променеві водозабори - комбінація шахтного колодязя з горизонтальними буровими свердловинами, що закладені в різні боки в середині пласту.

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.

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

Кяризи це примітивно влаштовані водозабори, які використовуються для сільськогосподарського водопостачання та зрошення невеликим земельних ділянок у напівпустельних районах з невитриманим заляганням водоносних горизонтів. Кяризи являють собою системи збірних (захватних) галерей (штолень), які обладнуються вздовж гідроізогіпс, однієї або декількох відвідних штолень, розташованих приблизно впоперек гідроізогіпс, та низки шахт, через які вибирається ґрунт. Зі збірних штолень вода самопливом надходить у відкритий канал. Найбільше розповсюдження кяризи набули в Туркменістані, Азербайджані та Ірані.

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Водозабірні споруди, їх будова та основні типи.

Література основна [1, 2, 4, 7].

Література додаткова [5].

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

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

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

При оцінці експлуатаційних запасів у повній мірі мають бути вивчені якість, кількість та умови експлуатації підземних вод, а також їх можливі зміни в часі. В залежності від ступеню вивченості та достовірності визначення цих показників експлуатаційні запаси поділяються на *розвідані* – це категорії *A*, *B* і *C₁* та *попередньо оцінені* – це категорія *C₂* *Прогнозні ресурси* за ступенем обґрунтованості відносяться до категорії *P*.

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

Запаси категорії C₁ 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 C₂ підраховуються за розрахунковою витратою водозаборів на основі даних випробування одиночних свердловин і результатів інших гідрогеологічних досліджень; за екстраполяцією до запасів більш високих категорій; за аналогією гідрогеологічних умов з більш вивченими площинами; за мінімальним дебітом джерел, якій встановлюється одиночними замірами.

Запаси категорії P - при їх розрахунку враховують можливість виявлення нових родовищ підземних вод, наявність та склад яких ґрунтується на загальних гідрогеологічних схемах та передумовах; на гідрогеологічному картуванні, гідрологічних, водобалансових та геофізичних дослідженнях.

Запаси категорій A та B встановлюються в результаті робіт виконаних на стадії розвідка родовищ підземних вод; запаси категорій C_1 – на підстаді пошуково-оцінювальні роботи та в окремих випадках стадії розвідка родовищ підземних вод; запаси категорій C_2 в результаті робіт виконаних на підстаді пошукові роботи та в окремих випадках на підстаді пошуково-оцінювальні роботи й на підстаді спеціалізовані гідрогеологічні роботи масштабу 1:50000 (1:25000); прогнозні ресурси P - на підстаді спеціалізовані гідрогеологічні роботи масштабу 1:50000 (1:25000) й на підстаді пошукові роботи та в окремих випадках на підстаді пошуково-оцінювальні роботи.

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

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

Методи гідрогеологічних досліджень з метою водопостачання значною мірою залежать від того, яким методом буде здійснено оцінку експлуатаційних запасів підземних вод об'єкту, що вивчається. Метод оцінки експлуатаційних запасів визначається, виходячи з гідрогеологічних особливостей об'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 в 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; урахувати 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 в цьому випадку відкачки проводяться при двох або трьох ступенях зниженнях.

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

Позитивні риси використання гідравлічних методів при проведенні оцінки експлуатаційних запасів - у розрахунках приймає участь тільки величини дебітів, знижень та часу, які надійно встановлюються в 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 їх формування.

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

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

Висновок: 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.

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Методи вивчення експлуатаційних запасів підземних вод.

Література основна [1, 2, 4, 7].

Лекція 8. Поняття про родовище підземних вод. Класифікація родовищ підземних вод – 2 год.

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

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

Родовища підземних вод (прісних, мінеральних, промислових та термальних) мають багато спільного з родовищами будь-яких інших корисних копалин: (контури в плані і розрізі - тобто межа, визначені об'єми скупчень корисної копалини, специфічні закономірності їх формування і розповсюдження, спільність понять запасів корисних копалин та ін.). Для родовищ мінеральних, промислових та термальних вод межі родовища легко встановлюються на підґрунті урахування кондиційних вимог до якості (за величиною вмісту промислових або біологічно-активних компонентів або за температурою); для прісних вод - це питання дискусійне, але прийнято вважати, що контури родовищ підземних вод співпадають з межами області фільтрації.

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

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

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

2) Поновлюваність 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 перетиків із суміжних у розрізі водоносних горизонтів.

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

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

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

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

7) Незамінність води як корисної копалини.

За геолого-гідрогеологічними умовами, які визначають методику проведення геологорозвідувальних робіт та підрахунок експлуатаційних запасів, родовища підземних вод можуть бути поділені на 7 головних типів: 1) родовища річкових долин; 2) родовища артезіанських басейнів; 3) родовища конусів виносу передгірських шлейфів та міжгірських западин; 4) родовища обмежених за площею структур або масивів тріщинних і тріщино-карстових порід та зон тектонічних порушень; 5) родовища піщаних масивів пустель та напівпустель; 6) родовища водно-льодовикових відкладів; 7) родовища області розвитку багаторічно мерзлих порід.

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

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

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Типи родовищ підземних вод.

Література основна [1, 2, 4, 6].

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 тилевій частині терас, у місці їх причленування до берега та на корінному березі). Таке розміщення дозволяє просліджувати 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 важливе значення мають такі види робіт, які виконують на підстадії пошукові роботи: збір та узагальнення матеріалів, які отримані за підсумками геологічного вивчення надр у попередні роки, вивчення та аналіз досвіду експлуатації діючих водозаборів, гідрогеохімічні та ін. дослідження, що

завершуються регіональною оцінкою експлуатаційних запасів підземних вод та вибором родовищ і ділянок, що є перспективними для проведення подальших пошуково-оцінювальних та розвідувальних робіт.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

7) *Родовища підземних вод області розвитку багаторічно мерзлих порід* у залежності 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 їх високої вартості та технічної складності експлуатації використовують для невеликого водопостачання, тому при їх 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 геолого-структурні особливості закладення долини.

Пошукові свердловини задаються по поперечниках та уздовж русла річки, причому їх частина повинна розкрити талі корінні породи. Для оконтурювання таликів використовують геофізичні методи. Обов'язковими є гідрологічні дослідження й спостереження за полями, які використовують в якості індикаторів підземних вод та для кількісної оцінки їх розвантаження й поповнення в критичний період.

На стадії розвідка родовища підземних вод закладаються й випробуються розвідувальні та розвідувально-експлуатаційні свердловини стосовно схеми майбутнього водозабору, продовжуються стаціонарні спостереження.

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

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Особливості геологорозвідувальних робіт на родовища підземних вод річкових долин.

Література основна [1, 2, 4, 6].

ТЕМА 7. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З МЕТОЮ МЕЛІОРАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ

Лекція 9. Задачі, види та стадії гідрогеологічних досліджень з метою меліорації земель – 2 год.

Меліорація [від лат. «melioratio» – покращення] - це сукупність організаційно-господарських та технічних заходів, спрямованих на докорінне поліпшення земель. Найбільше значення меліорація має для сільського господарства, додаючи велику стійкість цій галузі й забезпечуючи більш стабільні валові збори сільськогосподарських культур; дозволяє повніше використовувати земельний фонд.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Задачі гідрогеологічних досліджень є спільними для різних видів меліорації земель:

1) загальна гідрогеолого-меліоративна оцінка території та перспективне планування зрошувальних та осушувальних меліорацій; 2) вибір об'єктів для першочергового сільськогосподарського освоєння; 3) вивчення геолого-гідрогеологічних умов територій, призначених для меліоративного освоєння, як необхідного підґрунтя для обґрунтування проектування систем зрошення або осушення; 4) вивчення природного режиму підземних вод та прогноз його можливих змін, як основи для розробки найбільш оптимальної системи заходів по управлінню водним режимом у межах масиву зрошення або осушення; 5) гідрогеологічне обґрунтування умов роботи та проектування дренажних споруд; б) пошук та оцінка можливих джерел води для зрошення, або в якості водоприймача для осушення, а також умов транспортування зрошувальної води на масив зрошення, або транспортування води з масиву осушення; 7) оцінка умов та ефективності роботи систем зрошення або осушення та дренажу, а також обґрунтування заходів, що забезпечують оптимальні умови їх роботи.

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

1. Передпроектні (регіональні) гідрогеологічні дослідження. На першому етапі з метою попередньої оцінки територій, що вивчаються, та розробки програми її меліоративного освоєння (схеми) узагальнюються та аналізуються матеріали попередніх регіональних досліджень. У результаті складають схематичні дрібномасштабні карти або схеми гідрогеолого-меліоративного районування територій у межах регіонів, що плануються для меліоративного освоєння. Підґрунтям для цього є гідрогеологічні та інженерно-геологічні карти масштабу 1:2 500000 - 1:1 000000, або 1:500000 - 1: 200000.

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

У результаті передпроектних досліджень складаються регіональні схеми комплексного використання водних та земельних ресурсів, встановлюються об'єкти

першочергового господарського освоєння, обґрунтовуються способи меліорацій та завдання подальших досліджень.

2. Гідрогеологічні дослідження для обґрунтування проектів зрошення або осушення. Проектування меліоративного будівництва здійснюється в дві стадії - проект і робоча документація, або в 1 стадію – робочий проект, при нескладних природних умовах та порівняно незначній площі зрошення або осушення (менше 1500 га), а також при складних умовах та великій площі досліджень (до 300 га).

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

Задачами гідрогеологічних досліджень є: 1) вивчення гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов території та її меліоративна оцінка для вибору й обґрунтування складу та способів проведення меліоративних заходів; 2) отримання необхідних розрахункових значень параметрів для зон аерації та насичення; 3) вивчення режиму та балансу підземних вод та отримання вихідних даних для прогнозу режиму ґрунтових вод та водно-сольового балансу та ін.

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

2 стадія – робоча документація. Гідрогеологічні дослідження виконуються для конкретизації окремих питань, пов'язаних з уточненням розміщення та конструктивних особливостей окремих споруд системи зрошення або осушення, та питань, що виникають у процесі проектування.

3. Гідрогеологічні дослідження в період будівництва та експлуатації систем зрошення або осушення. Завдання досліджень полягають: 1) у забезпеченні кваліфікованого гідрогеологічного надзору за будівництвом та експлуатацією систем зрошення та 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 (водозабірних, транспортуючих, дренажних та ін.) 4) в обґрунтуванні найбільш раціональний режимів експлуатації окремих споруд і системи зрошення або осушення в цілому.

Завдання для самостійної роботи – 2 години:

1. Головні стадії гідрогеологічних досліджень для різних видів меліорації земель.

Література основна [1, 2, 4, 6].

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

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

1. Особливості зйомочних робіт для потреб зрошення :

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

2) з метою повного і правильного виявлення гідродинаміки підземних вод проводиться вивчення гідродинамічних умов та особливостей потоків підземних вод у

межах їх природних басейнів незалежно від контурів зрошуваних територій, при цьому в якості нижньої межі потоків, що вивчаються, приймають перший від поверхні регіональний водотрив;

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

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

Для потреб зрошення проводять комплексні гідрогеологічні та інженерно-геологічні зйомки. При середньомасштабних зйомках масштабу 1:200000 використовують *непрямі методи* (аерофотозйомку, геофізичні дослідження, геоморфологічні та геоботанічні спостереження та ін.), що забезпечує швидке отримання інформації, у той же час, вона має невисоку надійність та достовірність. При великомасштабних зйомках (1:50000) використовують *прямі методи* (аеровізуальні та візуальні, гідрогеологічні та інженерно-геологічні спостереження, гірничо-бурові, гідрологічні, дослідно-фільтраційні, лабораторні, режимні та ін. роботи), що забезпечує отримання більш достовірної та надійної інформації.

Зйомка проводиться в 2 етапи: на 1 етапі проводять маршрутні спостереження в поєднанні з площинними, ландшафтно-індикаційними, геофізичними та ін. методами. У межах кожного морфогенетичного типу рельєфу в хрест його простягання закладається 2-3 опорних геофізичні профілі з проходкою на них 2-3 свердловин глибиною до регіонального водотриву та однією свердловиною з повним розкриттям геолого-літологічного розрізу. У результаті камеральної обробки результатів першого етапу досліджень складаються розрізи, схеми та карти з виділенням типових за гідрогеологічними та інженерно-геологічними умовами показниками районів, намічається склад та порядок проведення подальших досліджень у кожному районі.

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

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

Режимні спостереження виконуються з метою виявлення ролі різноманітних природних та штучних факторів у формуванні режиму підземних вод. Для цього створюється спостережна мережа 3 видів: 1) опорна регіональна мережа, що знаходиться у веденні гідрогеологічних станцій; 2) внутрішньогосподарська спостережна мережа управління зрошувальних систем; 3) тимчасова спостережна мережа різних відомств.

У склад робіт по вивченню режиму підземних вод входять: 1) спостереження за сезонними, річними та багаторічними змінами рівня, температури та хімічного складу підземних вод; 2) спостереження за дебітом фонтануючих свердловин, джерел, кяризів та підземних вод, що виклинюється; 3) вивчення елементів балансу підземних вод, інфільтрації, атмосферних опадів, річкових вод, фільтраційних вод каналів, зрошувальних вод, підземного притоку та відтоку, витрат ґрунтових вод на випаровування та транспірацію рослинністю, виклинювання у природні та штучні дрени та ін.; 4) вивчення елементів сольового балансу ґрунтових вод.

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

- 1) одиночних свердловин, що розкривають водоносні горизонти, які вивчаються;
- 2) куці спостережних свердловин (з поверхово-розташованими фільтрами) для

спостережень за змінами напорів та хімічного складу підземних вод на заданих глибинах, а також для вивчення взаємозв'язку водоносних горизонтів;

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

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

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

1) При проведенні комплексної зйомки для потреб меліорації особливо досконалому вивченню підлягають: а) морфогенетичні типи рельєфу, їх окремі елементи, нахили, мікрорельєф та їх зв'язок з тектонікою; б) головні геолого-генетичні комплекси порід, їх склад, 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, їх зв'язок з поверхневими та підземними напірними водами, глибина залягання; д) зміна хімічного складу та мінералізації підземних вод по площі та в розрізі, характеру та ступеню засоленості порід зони аерації; е) головні гідрогеологічні параметри водоносних горизонтів і комплексів, що залягають вище регіонального водотриву, умови їх взаємозв'язку з поверхневими та напірними вода, 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 (на протязі не менше ніж 1 рік).

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

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

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

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

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

7) На ділянках можливого застосування вертикального дренажу мають бути: а) детально вивчені літологічні особливості всієї товщі відкладів до регіонального водотриву; б) визначені гідрогеологічні та гідрохімічні параметри покривних відкладів та водоносних пластів, у яких буде діяти дренаж; в) визначений та кількісно оцінений гідравлічний зв'язок ґрунтових вод з поверхневими та напірними водами; г) достовірно встановлена розрахункова схема дії дренажу; д) обґрунтований прогноз умов роботи дренажу методами, що забезпечують врахування головних факторів, які визначають ефективність роботи вертикального дренажу.

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

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

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

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

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

2 група. Райони з гідрогеологічними умовами середньої складності. Вони характеризуються, головним чином, задовільною природною дренажністю 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 8 та 9 характерний розвиток єдиних водоносних комплексів ґрунтових та напірних вод з неглибоким заляганням їх рівня в зонах виклинювання. Ґрунтові води можуть викликати заболочення ґрунтів, рідше слабке їх засолення. Регулювання режиму ґрунтових вод необхідно в більшості випадків для боротьби з заболоченням ґрунтів та їх слабким засоленням і може бути досягнуто застосуванням дренажу та інших заходів.

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

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

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Типи зрошуваних районів.

Література основна [1, 2, 4, 6].

Лекція 10. Зміст, склад та методика проведення гідрогеологічних досліджень з метою осушення. Загальні вимоги, що до гідрогеологічних досліджень, що виконуються з метою осушення. Типи гідрогеологічних умов осушуваних територій – 2 год.

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

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

Дослідження на ключових ділянках дозволяє отримувати інформацію за допомогою якої встановлюється ландшафтно-індикаційні залежності, дешифрувальні

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

У цілому вимогу до гідрогеологічних досліджень з метою осушення ідентичні 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) до встановлення головних джерел водного живлення перезвожених земель; 2) до встановлення тинів боліт за умовами їх водного живлення та площ їх розповсюдження; 3) до виявлення фільтраційних властивостей перезвожених ґрунтів, торф'яників та пов'язаних з ними водоносних горизонтів; 4) до отримання достовірних значень параметрів, необхідних для проектування дренажних споруд та інших елементів системи осушення.

У залежності від геологічної будови, обводненості покривних відкладів та ступеню участі напірних вод у їх обводненні, гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов, райони осушення поділяються на 3 категорії: прості, середньої складності та складні. Гідрогеологічні умови перезвожених земель можна звести до 16 головних типів. Ця класифікація не є універсальною, тому що в межах одного масиву можуть бути ділянки з 2-3 виділеними типами умов, у розповсюдженні яких можуть бути наявними або відсутніми деякі закономірності. Однак без застосування цієї класифікації неможливо обрати розрахункову схему, методику вивчення режиму та прогнозу ґрунтових вод.

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

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Типи гідрогеологічних умов осушуваних територій.

Література основна [1, 2, 4, 6].

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

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

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

Для віднесення мінеральних вод до того чи іншого їх типу за мінералізацією, вмістом біологічно-активних компонентів та інших показників використовуються критерії оцінки, які регламентовані відповідним ДСТУ. Серед мінеральних вод виділяють такі головні типи: залізо вміщуючі (Келичинські води, Закарпаття), миш'яковміщуючі (курорт Зуби, Грузія), сірководневі (сульфідні), (Сочі, Мацеста), вуглекислі (Кисловодський нарзан, Єсентуки, Боржомі), радонові (Цхалтубо), йодні (Нальчик), борні, бромні, кременисті, вміщуючі органічні речовини (типу "Нафтуса", Трускавець).

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

Під термальними водами розуміють води з температурою більше 20° С. Існує декілька класифікацій підземних вод за їх температурою. Найповнішою з них є класифікація М.І. Толстихіна (1970), яка включає:

1) негативно температурні – *криопеги* (від -36° до 0°);

- 2) позитивно температурні – *неги* (до $+20^{\circ}$) та *терми* – теплі та гарячі (від $+20^{\circ}$ до $+100^{\circ}$);
- 3) надгарячі (перегріті) води – супертерми (від $+100^{\circ}$ до 700°);
- 4) гарячі пари (газ та пара) – вапортерми (більше 700°).

За використання виділяють такі групи термальних вод:

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

При вирішенні питання про використання термальних вод завжди враховується їх хімічний склад та експлуатаційні запаси. Багато які термальні води використовуються також й із бальнеологічною метою, як мінеральні термальні води (наприклад, азотна термальна мінеральна вода Ходжа-Обігарм, Гісарський хребет Тянь-Шаню це єдиний у СНД та другий у світі пароеманатерій (курорт на висоті 1800 м, де вода закипає при температурі $+95^{\circ}\text{C}$).

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

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

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Основні типи мінеральних (лікувальних) підземних вод.

Література основна [1, 2, 4, 5, 6].

Лекція 11. Загальна схема й основні положення методики гідрогеологічних досліджень мінеральних (лікувальних), термальних та промислових підземних вод – 2 год.

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

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

До родовищ підземних вод відносяться просторово оконтурені скупчення підземних вод, якість та кількість яких забезпечують економічно та доцільне їх використання.

Для кожного конкретного родовища промислових і термальних вод має бути встановлена економічна доцільність використання цих вод. Вона має бути якісно втілена та доведена ТЕ розрахунками, які виконуються в процесі проектування пошуково-розвідувальних робіт, вивчення та оцінки експлуатаційних запасів родовищ.

Економічна доцільність експлуатації родовищ та експлуатаційні запаси встановлюються на підґрунті *кондиційних показників* – це вимоги до якості підземних вод та умов їх експлуатації, при дотриманні яких можливо економічно доцільне їх

використання з водовідбором, що дорівнює величині встановлених експлуатаційних запасів. До *кондиційних показників* відносять вимоги до загального хімічного складу підземних вод; вмісту окремих компонентів та газів, температури, умовам експлуатації свердловин, глибині залягання продуктивних горизонтів тощо.

Ділянки родовищ, у межах яких економічно доцільне використання підземних вод, називають експлуатаційними. Вони виявляються та вивчаються в процесі спеціальних пошуково-розвідувальних робіт.

Перед пошуково-розвідувальними роботами проводяться *регіональні узагальнення та оцінки*, на підґрунті аналізу раніше виконаних досліджень (результатів комплексних гідрогеологічних зйомок масштабу 1:200000 та глибокого опорного буріння).

Метою регіональних узагальнень та оцінок є: 1) визначення закономірностей формування та розповсюдження підземних вод у межах великих гідрогеологічних регіонів; 2) оцінки умов існуючого та можливого їх використання, а в наслідок - виділення перспективних структур та площ для проведення подальших пошуково-розвідувальних робіт.

Мета пошуково-розвідувальних робіт - виявлення родовищ підземних вод, вивчення геолого-гідро-геохімічних та геотермічних умов, оцінка якості, кількості та умов раціонального використання їх експлуатаційних запасів.

Пошуково розвідувальні роботи здійснюються послідовно із дотриманням встановленої стадійності їх проведення (як й для прісних підземних вод): *пошук й пошукова оцінка родовищ підземних вод та розвідка родовищ підземних вод.*

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Кондиційні показники експлуатації родовищ термальних і промислових підземних вод.

Література основна [1, 2, 4, 5, 6].

Специфічні особливості та принципи, що відрізняють проведення пошуково-розвідувальних робіт на родовища мінеральних (лікувальних), термальних та промислових підземних вод.

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

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

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

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

4) Родовища тріщинно-жильних водонапірних систем, що приурочені до магматогенно-метаморфічних порід, характеризуються малими перерізами водоносних зон (пов'язаних з тектонічними порушеннями, рідше - з карстом) та як наслідок -

скупченістю потоків мінеральних вод, стабільністю гідродинамічного режиму та сталим у часі складом мінеральних вод.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Належність родовищ промислових вод до того або іншого типу визначає особливості проведення гідрогеологічних досліджень. У той же час, для родовищ промислових вод характерні й загальні риси, що визначають особливості пошукових робіт: 1) розташування в глибоких частинах артезіанських басейнів (200 та більше м); 2) широке розповсюдження продуктивних відкладів, їх відносна витриманість та висока водозбагаченість; 3) значні розміри родовищ та їх експлуатаційних запасів; 4) пружно-водонапірний режим при експлуатації; 5) обмеженість ділянок, у межах яких можлива раціональна експлуатація.

При вивченні родовищ промислових вод перш за все виявляють:

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

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

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

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

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

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

Серед родовищ термальних вод 3 типу виділяють: 1) родовища перегрітих вод (парогідротерми) у районах сучасного та недавнього вулканізму (з температурою від 150⁰ до 200-300⁰ С); 2) родовища термальних вод (з температурою до 100⁰ С) як у районах сучасного та недавнього вулканізму, так і поза областями молодшої вулканічної діяльності в складчастих районах, що піддавались впливу неотектонічної діяльності. Ці родовища приурочені, головним чином, до інтрузивних, метаморфічних та вулканогенно-осадочних комплексам порід, розбитих системою тектонічних порушень, вирізняються дуже складною будовою, сильною фільтраційною та геотермальною неоднорідністю, локальним розповсюдженням та невеликими розмірами.

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

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

Експлуатаційні запаси, як правило, оцінюються гідравлічним методом.

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Типи родовищ мінеральних, термальних і промислових підземних вод.
Література основна [1, 2, 4, 5, 6].

РОЗДІЛ №3.

ТЕМА 9. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ ПОШУКОВО-РОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБОТАХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ РОДОВИЩ

Лекція 12. Головні типи нафтогазоносних басейнів та родовищ нафти й газу – 2 год.

Нафта й газ до та після свого існування у вигляді покладів частково знаходяться в розчинному стані в підземних водах. Формування нафтових та газових покладів пов'язане з певними гідрогеологічними умовами в структурах (парках) та поблизу них, а самі поклади є елементами водонапірних комплексів та систем, з якими вони знаходяться в щільній гідравлічній єдності, фізичній, хімічній та механічній взаємодії.

Як правило, нафтові й газові родовища знаходяться всередині водонапірних систем, утворюючи в сукупності нафтогазоводоносні басейни або нафтогазоносні басейни підземних вод. Серед них виділяються 3 головних типи, що характеризуються певними геолого-структурними та гідрогеологічними особливостями.

Басейни I типу (Pz) розташовуються в межах платформ з древнім до (Є) фундаментом та частково захоплюють суміжні території, древніх крайових прогинів (наприклад, Дніпрово-Донецький басейн підземних вод). Басейни цього типу розташовуються, головним чином, у межах рівнин та древніх передгір'їв. Для басейнів характерна одноманітність хімічного та газового складу підземних вод, слабка газонасиченість, переважання розсолів та вод Cl-Ca типу, значний розвиток та роль сучасних інфільтраційних процесів у водоносних комплексах та слабка рухливість заповнюючих їх підземних вод.

Басейни II типу (Mz) розташовуються на плитах з молодим (Pz) фундаментом, захоплюючи суміжні молоді крайові прогини альпійських гірських споруд (наприклад, Передкарпатський, Причорноморський басейни). Басейни цього типу знаходяться в межах рівнин та епіконтинентальних ділянок морів, захоплюючи передгір'я молодих високих гірських споруд. Басейнам властиве сполучення в розрізі інфільтраційних та елізійних систем (від «*elisis*» (лат.) витискання, виштовхування), широкий розвиток слабо мінералізованих підземних вод, нарівні з розсолами, висока газонасиченість та різка мінливість хімічного та газового складу в плані та по розрізу, локальні прояви інверсійної гідрохімічної зональності (від «*inversio*» (лат.) – перестановка зменшення мінералізації з глибиною, замість звичайного зростання, або навпаки), та гідродинамічних аномалій.

Існують *басейни проміжного між I та II типу* (наприклад, Західносибірський нафтогазоносний басейн підземних вод).

Басейни III типу (Kz) розташовуються у внутрішніх структурах (западинах) альпійської складчастої системи (наприклад, Південно-каспійський басейн). Басейнам цього типу притаманний виключний розвиток елізійного водообміну, надзвичайно висока газонасиченість, інверсійна гідрохімічна зональність, аномально високі пластові тиски в глибоких водоносних комплексах, що зменшуються до крайових ділянок між гірських западин.

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Типи нафтогазоносних басейнів підземних вод.

Література основна [1, 2, 6, 7].

Етапи та стадії пошуково-розвідувальних робіт на нафту та газ.

Геологорозвідувальні роботи на нафту та газ проводяться в 3 етапи, що 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.

У залежності від масштабу та цінності родовища, ступеню вивченості території та інших факторів окремі стадії можуть вилучатися або об'єднуватися.

Пошуково-розвідувальні роботи на нафту та газ виконуються на підґрунті серйозних геологічних та гідрогеологічних узагальнень та містять комплексне вивчення надр за допомогою геолого-структурного картування, польових та промислових геофізичних досліджень, пошуково-розвідувального буріння, гідрохімічних методів розвідки, гідрологічних, геохімічних та інших методів досліджень. Гідрогеологічні дослідження проводяться на всіх стадіях пошуково-розвідувальних робіт, а також під час експлуатації нафтових та газових родовищ.

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Стадії пошуково-розвідувальних робіт на нафту та газ.

Література основна [1, 2, 6, 7].

Лекція 13. Гідрогеологічні критерії оцінки перспектив нафтогазоводоносних басейнів – 2 год.

У залежності від призначення та характеру використання в практиці пошуково-розвідувальних робіт на нафту й газ гідрогеологічні критерії (показники) поділяються на 5 груп :1) показники наявності покладів нафти та газу; 2) наявність нафти та газу; 3) показники умов формування скупчень нафти та газу; 4) показники умов збереження та руйнування нафти й газу; 5) наявність пасток нафти й газу.

1) *Показники наявності покладів нафти та газу* – підвищені тиски насичення розчинених у підземних водах газів; вміст в них вуглеводневих газів, бензолу та його гомологів [від грець. “homologia” – згода; це групи органічних сполук, окремі члени якого відрізняються один від одного групою CH_2 , наприклад, метиловий спирт CH_3OH та етиловий спирт $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$] особливо збільшення цих показників назустріч руху підземних вод та в напрямках, що сприяють накопиченню нафти й газу в геологічних структурах (пастках), значна амплітуда коливань рівня води у свердловинах зі зміною атмосферного тиску.

2) *Наявність нафти й газу* – наявність у воді розчинених вуглеводневих газів (метану та його гомологів – етану, пропану, бутану тощо), без аргонного азоту, сірководню; підвищений вміст у воді рідких вуглеводнів (бензолу, толуолу тощо), летких жирних кислот та фенолів, високі концентрації у підземних водах амонію, йоду, бромю; вміст гідросульфідів та соди, недонасиченість води сульфатами тощо.

3) *Показники умов формування скупчень нафти й газу* – тривалість елізійних етапів; інтенсивність елізійного водообміну; віддаленість областей живлення; малі гідравлічні ухили та швидкості потоків тощо.

4) *Показники умов збереження та руйнування нафти й газу* поділяються на: а) гідрогеологічні: закритість надр; низькі ухили та швидкості потоків, положення областей живлення (планове та висотне); недоторканість седиментаційних вод; тривалість елізійних та інфільтраційних етапів розвитку систем тощо та б) гідро-геохімічні: відсутність у вод високих концентрацій азоту, водню, вуглекислого газу, безсульфатність вод, їх висока мінералізація та хлоридність (за відсутності соляних покладів), високий вміст бромю та

гелію, низьке значення хлор-бромного та високе значення гелій-аргонового коефіцієнтів тощо.

5) *Показники наявності пасток нафти й газу* – поділяються на гідродинамічні (пъезомаксимуми та пъезомінімуми); гідрохімічні (аномалії у верхніх комплексах та горизонтах (по відношенню до перспективних) за загальною мінералізацією, хлоридністю, сульфатністю, мікрокомпонентам тощо); геотермічні (позитивні аномалії в комплексах і горизонтах, що залягають вище). Всі ці показники пов'язані з джерелами розвантаження водонапірних нафтогазоносних комплексів .

Гідрогеологічні критерії, що розглянуті вище, використовуються на різних етапах проведення пошуків на нафту й газ та застосовуються для вирішення конкретних задач, головними з яких є оцінка перспектив нафтогазоносності конкретних територій, виявлення нафтогазоносних товщ та зон зі сприятливими умовами збереження покладів нафти й газу, виявлення родовищ та покладів нафти й газу.

Завдання для самостійної роботи – 2 год.:

1. Показники наявності пасток нафти й газу.

Література основна [1, 2, 6, 7].

Гідрогеологічні дослідження при пошуках, розвідці та розробці нафтових і газових родовищ.

На початкових етапах та стадіях пошукових робіт використовуються матеріали геологічних загальних та спеціальних гідрогеологічних і гідрохімічних зйомок, а також матеріали різних пошуків та буріння опорних свердловин.

У залежності від того, чи відома в цьому районі нафтогазоносність, головну увагу приділяють показникам наявності нафти й газу або показникам їх збереження.

Спеціальні гідрохімічні зйомки на окремих ділянках використовуються з метою виявлення пасток (гідрохімічних аномалій), або для отримання показників наявності нафти й газу в районі, де ще не виявлена нафтогазоносність.

На стадії пошукового буріння головну роль відіграють гідрогеологічні відомості, що були отримані внаслідок буріння опорних свердловин, параметричних та пошукових свердловин та їх гідрогеологічного випробування. У результаті встановлюються найважливіші показники наявності пасток нафти й газу та нафтогазових скупчень, а також показники умов збереження нафти й газу в перспективних горизонтах.

На всіх стадіях пошукових робіт проводяться гідрогеологічні дослідження з метою збору матеріалів для порівняльної оцінки перспектив нафтогазоносності окремих басейнів, районів, площ та 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 підрунті комплексного використання різноманітних гідрогеологічних показників складаються оціночні карти перспектив нафтогазоносності для окремих водоносних комплексів та районів у цілому.

Для успішного вирішення завдань промислової гідрогеології в процесі розвідки та розробки родовищ нафти й газу мають бути отримані дані, що характеризують: 1) просторово-геологічне положення підземних вод та покладів нафти й газу, а також їх взаємозв'язок; 2) хімічний склад підземних вод; 3) положення статичних рівнів та величин пластових тисків по усіх пов'язаних з нафтогазопроявами водоносних горизонтах та комплексах; 4) склад та вміст розчинених у воді газів; 5) гідродинамічні параметри продуктивних та пов'язаних з ними водоносних горизонтів; 6) геотермічні умови родовища, що вивчається; 7) режим продуктивних нафтогазоносних горизонтів та гідродинамічні умови їх експлуатації.

У промисловій практиці підземні води нафтогазових родовищ поділяються на: пластові (гравітаційні води нафтогазоводоносних пластів); тектонічні (що рухаються по

тектонічних порушеннях у межах родовищ); зв'язані (капілярні, затиснуті та інші сполучені води, що знаходяться всередині нафтогазонасиченої частини пласту); конденсаційні (що виділяються з газів при конденсації водяної пари) та технічні (штучно введені в продуктивні шари при бурінні свердловин, промивках та заводненні пластів з метою підтримання пластового тиску).

Найбільше розповсюдження, важливість та значення мають *пластові води*, що у залежності від їх просторового розташування відносно нафтових і газових покладів поділяються на нижні крайові (контурні), підошвенні, проміжні, верхні крайові (зустрічаються вкрай рідко), верхні та нижні води.

У процесі розвідувальних робіт гідрогеологічні дослідження проводяться з метою:

- 1) встановлення наявності покладів нафти й газу; 2) визначення положення нафтогазоводяних контактів та нафтових облямівок газових покладів та їх можливих зміщень;

- 3) вивчення загального сольового та газового складу підземних вод;

- 4) визначення положення статичних рівнів та 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 та непрямих показників нафтогазонасиченості розрізу тощо.

Головними завданнями гідрогеологічних досліджень під час підготовки та 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.

Всі ці відомості отримують внаслідок гідрогеологічних спостережень та випробування свердловин різних категорій (опірних, параметричних, розвідувальних, експлуатаційних, спостережних тощо). Особливу цінність мають результати спостережень по глибоким свердловинам режимної мережі, що забезпечує можливість визначення режиму глибоко залягаючих водоносних і нафтогазоводоносних горизонтів від зон живлення до зон їх розвантаження з урахуванням головних регіональних закономірностей режиму підземних вод.

Гідрогеологічні дослідження, пов'язані з розробкою нафтогазових покладів, починають у перших розвідувальних й експлуатаційних свердловинах, у яких при випробуванні були отримані притоки нафти й газу. Протягом всієї експлуатації покладів здійснюються спостереження та дослідження в законтурних свердловинах.

Мета цих досліджень та спостережень - виявлення зміни тиску в покладах та перерозподілу його по площі, змін нафтогазонасиченості та водонасиченості пластів, перемішування водогазонафтових та газоводяних контурів, зміни фізичних та хімічних властивостей нафти, газу та води, що вилучаються з покладів.

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Гідрогеологічні дослідження, пов'язані з розробкою нафтогазових покладів.

Література основна [1, 2, 6, 7].

ТЕМА 10. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ ПОШУКАХ, РОЗВІДЦІ ТА РОЗРОБЦІ РОДОВИЩ ТВЕРДИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН.

Лекція 14. Мета та завдання гідрогеологічних досліджень родовищ твердих корисних копалин – 2 год.

Гідрогеологічні дослідження при пошуково-розвідувальних роботах та розробці родовищ твердих корисних копалин можуть проводитись в 3 різних аспектах, що відрізняються за їх цільовим напрямком та характером досліджень, що виконуються.

І випадок. *Гідрогеологічні дослідження проводяться з метою вивчення природних умов родовища та їх оцінки як одного з головних чинників, що визначає умови розвідки,*

доцільність та ефективність освоєння та експлуатації родовища.

Підземні води розглядаються у цьому випадку як шкідливий фактор що суттєво ускладнює умови розвідки та розробки родовищ та визначає нерентабельність його промислового освоєння в теперішній час.

Гідрогеологічні дослідження, що виконуються, передбачаються у загальному проекті геологорозвідувальних робіт і проводяться у межах встановленої для них стадійності по одній з ними програмі та фінансуються за рахунок коштів на геологорозвідувальні роботи по головній корисній копалині.

II випадок. *Гідрогеологічні дослідження виконуються* як спеціальні методи пошуків і розвідки родовищ, що мають на меті оцінку перспектив території на різноманітні корисні копалини, підвищення дозволяючої спроможності та ефективності головного комплексу геологорозвідувальних робіт на місцеві корисні копалини.

Підземні води в цьому випадку розглядаються як найважливіший геологічний агент який приймає участь у різноманітних гідрогеохімічних процесах, що визначають міграцію хімічних елементів у земній корі, їх концентрування у вигляді рудних покладів та родовищ, як джерело інформації про місце знаходження родовищ, про умови їх формування та руйнування.

Гідрогеологічні дослідження можуть проводитись як у сукупності з іншими методами пошуків та розвідки родовищ, так і самостійно або в складі пошуково-зйомочних робіт.

III 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 та розробки родовищ.

Підземні води самі розглядаються як корисна копалина, а пошуково-розвідувальні роботи виконуються за окремими геологічними завданнями у відповідності з установленими положеннями гідрогеологічних досліджень для потреб водопостачання.

У результаті проведених 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 у обводненні родовища (умови їх розповсюдження, живлення та розвантаження, хімічний та бактеріологічний склад підземних вод, положення рівнів, розрахункові гідрогеологічні параметри).

3) Оцінені можливі водопритоки в гірські виробки та обґрунтовані заходи щодо їх 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 в 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 по проведенню подальших спеціальних гідрогеологічних та інших досліджень й пошуків.

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Три основних аспекти гідрогеологічних досліджень при пошуково-розвідувальних роботах та розробці родовищ твердих корисних копалин.

Література основна [1, 2, 6, 7].

Особливості та зміст гідрогеологічних досліджень різних стадій пошуково-розвідувальних робіт і розробці твердих корисних копалин.

Геологорозвідувальні роботи на тверді корисні копалини проводяться за такими стадіями:

Стадія I. Регіональне геологічне вивчення території України

Підстадія I-1. Регіональні геолого-геофізичні дослідження масштабу 1:1000 000 - 1:500 000.

Підстадія I-2. Регіональні геологозйомочні, геофізичні й геологопрогнозні роботи масштабу 1:200 000 (1:100 000).

Підстадія I-3. Геологозйомочні й геологопрогнозні роботи масштабу 1:50 000 (1:25 000).

Стадія II. Пошук та пошукова оцінка родовищ корисних копалин

Підстадія II-1. Пошукові роботи.

Підстадія II-2. Пошуково-оцінювальні роботи.

Стадія III. 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 їх прогнозних ресурсів та виділення площ, що є перспективними для пошуків.

З гідрогеологічних досліджень на цій стадії проводяться регіональні гідрогеологічні зйомочні роботи (1:200000-1:100000), а також регіональні гідрогеохімічні та радіогідрогеологічні дослідження (з метою виявлення перспективних територій для пошуків сульфідних, поліметалічних, кольорових, уранових та рідкометалічних 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 відносяться безводні або слабо обводнені родовища, освоєння яких не призводить до розвитку ускладнюючих їх 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 відносяться ті родовища, розробка яких пов'язана з попереднім проведенням заходів, спрямованих на боротьбу з підземними водами або на підвищення стійкості гірських порід (при цьому проведення цих заходів проходить без особливих ускладнень). До цієї групи відносяться родовища, що приурочені до потужного комплексу водоносних піщаних та піщано-глинистих покладів.

До родовищ з дуже складними умовами 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 по відведенню або ізоляції поверхневих водотоків і водоймищ. До цієї групи належать родовища в карбонатних карстуючих породах, 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 їх обводнення.

Чим складніші гідрогеологічні та інженерно-геологічні умови родовищ, тим більш значні за об'ємом та вартістю проводяться дослідження.

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, картувальних 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 опірних та картувальних свердловин (експрес-випробування, пробні відкачки та прокачування).

Підстадія II-2. Пошуково-оцінювальні роботи.

Об'єктами пошуково-оцінювальних робіт можуть бути: потенційні родовища корисних копалин, перспективні ділянки надр, прояви корисних копалин, що рекомендовані для подальших геологорозвідувальних робіт.

Головними завданнями пошуково-оцінювальних робіт є відбракування проявів корисних копалин, що не придатні для промислового використання, попередня геолого-економічна оцінка промислового значення відкритих родовищ корисних копалин і доцільності їх промислового освоєння, 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; їх взаємозв'язок між собою та з поверхневими водами, головні гідрогеологічні параметри; 2) попередньо оцінені можливі водопритокі в розвідувальні й експлуатаційні гірничі виробки та заходи по боротьбі з підземними і поверхневими водами; 3) встановлені водно-фізичні та механічні властивості порід, їх 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 оточуюче 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 по боротьбі з водопритокіями; 3) висвітлити гідрогеологічні умови (загальні) наземного будівництва в 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 (в залежності 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 (одиначні 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 водно-фізичних 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 цій стадії має забезпечувати вивчення гідрогеологічних умов району родовища та їх 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 визнані першочерговими для промислового освоєння.

Об'єктами розвідувальних робіт можуть бути попередньо розвідані родовища (ділянки) корисних копалин, що рекомендовані до розвідки за позитивними результатами пошуково-оцінювальних робіт, попередньо розвідані ділянки родовищ корисних копалин, що розробляються, родовища (ділянки) корисних копалин, що розвідані раніше й з різних причин не залучені до промислового розроблення.

Головними гідрогеологічними завданнями на цій стадії є: 1) прогноз водопритоків у експлуатаційні гірничі виробки; 2) оцінка впливу експлуатаційного водовідливу на оточуюче середовище.

Для вирішення вказаних вище 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-гідрогеологічне обстеження рудного поля (1:10000 та крупніше);
- 2) буріння спеціальних свердловин для гідрогеологічних й 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 режимами підземних і поверхневих вод;
- 6) лабораторне вивчення властивостей гірських порід (для відкритої розробки - кожного характерного шару розрізу, для підземної - порід у покрівлі та підшві корисної копалини);
- 7) лабораторне вивчення хімічного та бактеріологічного складу підземних вод і пов'язаних з ними поверхневих вод, а також їх агресивність до бетону, металів і полімерів;
- 8) геофізичні дослідження у свердловинах і по площі рудного поля;
- 10) 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 їх 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 цій стадії, *дозволяють вирішити такі завдання*: 1) деталізувати особливості гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов, точно оцінити їх вплив на умови розробки родовища, уточнити раніше виконані прогнози та проектні рішення, що приймалися на їх 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 оточуюче середовище, виконати прогнози такого впливу та на їх підґрунті здійснити необхідні природоохоронні заходи; 4) оцінити можливість використання рудничних вод та їх раціональну утилізацію; 4) вивчити гідрогеологічні та інженерно-геологічні умови суміжних частин родовища для їх наступного освоєння та надати необхідні гідрогеологічні прогнози, оцінки та обґрунтування.

З метою вирішення цих завдань на стадії 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 по реалізації системи осушення родовища й комплектації режимної мережі;
- 3) стаціонарні спостереження за режимом підземних і поверхневих вод, як по пунктах спостереження, так і в гірничих виробках;
- 4) дослідно-фільтраційні спостереження під час дослідно-експлуатаційних знижень й експлуатаційного водовідливу;
- 5) лабораторне вивчення хімічного й бактеріологічного складу рудничних вод та водних об'єктів у зоні впливу водовідливу, а також водно-фізичних і фізико-механічних властивостей гірських порід, що є об'єктом гідрогеологічних та інженерно-геологічних оцінок і прогнозів;
- 6) періодичне рекогносцирувальне 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 природним режимом підземних і поверхневих вод, що надає інформацію для вирішення переважної частини гідрогеологічних завдань.

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Особливості гідрогеологічних досліджень різних стадій пошуково-розвідувальних робіт і розробці твердих корисних копалин.

Література основна [1, 2, 6, 7].

ТЕМА 11. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ РІЗНИХ ВИДІВ БУДІВНИЦТВА

Лекція 15. Мета, завдання та склад гідрогеологічних досліджень для різних видів будівництва. Гідрогеологічні дослідження при гідротехнічному будівництві – 2 год.

Проектуванню будь-якого будинку або споруди попереджають інженерно-геологічні вишукування, невід'ємною частиною яких є гідрогеологічні дослідження. За прийнятими нормативами *проективання відповідальних та великих споруд* виконується в 2 стадії. На 1 (передпроектній) стадії складається ТЕО, відбираються, систематизуються та

аналізуються всі матеріали по району будівництва. В окремих випадках виконується невеликий об'єм рекогносцирувальних і розвідувальних робіт. 2 (проектна) стадія складається з 2 етапів: *робочого проектування (РП)* та *складання робочої документації (РД)*. Головний матеріал по гідрогеологічним умовам будівництва отримують на етапі РП. На етапі РД лише деталізуються та перевіряється прогнозні розрахунки.

Невеликі будинки і споруди проектується звичайно в 1 стадію - *техноробочий проект*.

Склад і детальність гідрогеологічних досліджень залежать від виду та складності споруди, що проектується, стадії проектування, природних умов та інших факторів.

У загальному випадку гідрогеологічні дослідження, які є складовою частиною комплексу інженерно-геологічних вишукувань, містять проведення комплексної гідрогеологічної та інженерно-геологічної зйомки, режимних спостережень, дослідно-фільтраційних робіт, моделювання, лабораторних і гідрохімічних досліджень.

Гідротехнічні споруди за своїм призначенням поділяються на гідроенергетичні, транспортні, меліоративні, для потреб водопостачання тощо. Всі вони є складними інженерними комплексами, які звичайно, складаються з греблі, водосховища, водозабірних споруд, водоводів, споруд ГЕС та інших елементів, що об'єднуються поняттям *гідровузла*.

1) *Гідроенергетичне будівництво*. За допомогою гідрогеологічних досліджень на стадії ГЕО надається прогноз можливих витрат води з водосховища на фільтрацію в 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 РП гідрогеологічні дослідження виконуються з метою обґрунтування вибору типів споруд та їх компоновки, виконання проекту проведення робіт та інше. Виконують їх для тих водоносних горизонтів, які в період будівництва можуть суттєво ускладнити проведення робіт, а при експлуатації споруд - вплинути на їх стійкість, розміри фільтраційних витрат або на підпір ґрунтових вод. Як правило, проводяться дослідно-фільтраційні роботи.

На стадії РД та в процесі будівництва гідрогеологічні дослідження виконуються для перевірки гідрогеологічних прогнозів, що дозволяє при необхідності внести в проект потрібні зміни. Проводяться режимні гідрогеологічні спостереження по мережі свердловин, які попередньо закладені на ділянці будівництва, одночасно ведуться спостереження за зміною складу підземних вод та ознаками виносу твердого матеріалу (механічна 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 їх форми і конструкції обумовлені технологією забору води, її підготовки, зберігання та транспортування, збирання, очищення, накопичення, скидання та утилізації промислових стічних вод.

Гідрогеологічні дослідження при проектуванні і будівництві гідротехнічних споруд для систем водопостачання мають головним чином ті ж самі завдання і особливості та використовують ті ж самі методи, що й дослідження для гідроенергетичних цілей.

Системи каналізації призначені для збору, очищення й знезараження промислових і побутових стічних вод, їх видалення за межі промислових підприємств і населених

пунктів та для наступного повного або часткового повторного використання у виробничому процесі, утилізації або скидання у водотоки або водоймища.

Склад й об'єм гідрогеологічних робіт визначається в кожному окремому випадку в залежності від складу і кількості стоків, що надходять у земляні сховища (ставки-відстійники, освітлювачі, накопичувачі, золовідвали та шламовідвали, поля фільтрації та зрошення, куди надходять стічні води після очищення), гідрогеологічних і гідрологічних умов району, розмірів та призначення сховища.

До складу гідрогеологічних досліджень для проектування будь-якого типу накопичувача або сховища стоків входить гідрогеологічна зйомка, комплекс дослідно-фільтраційних робіт та спеціальні польові і лабораторні дослідження фізико-механічних властивостей ґрунтів, підземних і стічних вод та їх взаємодії.

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Особливості гідрогеологічних досліджень при гідротехнічному будівництві.

Література основна [1, 2, 6, 7].

Гідрогеологічні дослідження при промислово-цивільному будівництві.

Схеми методики комплексних гідрогеологічних досліджень для житлово-цивільного та для промислового будівництва принципово не відрізняються.

На стадії ТЕО збирають, систематизують та аналізують літературні та інші матеріали. У невеликому об'ємі проводяться рекогносцирувальні дослідження на всіх конкуруючих майданчиках. До складу досліджень входить комплексна гідрогеологічна зйомка масштабу 1:25000 - 1:10000, яка супроводжується проходкою окремих гірничих виробок. Визначаються положення РГВ, потужність ґрунтового потоку, загальний напрямок руху ґрунтових вод, хімічний склад та агресивні властивості підземних вод.

На стадії РП встановлюються закономірності формування гідрогеологічних умов, прогнозуються їх зміни в 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 РД гідрогеологічні дослідження проводяться в невеликих об'ємах для відповідальних будинків і споруд з метою уточнення глибини закладення фундаменту, здійснення водознижувальних та протифільтраційних заходів, організації режимної мережі та тощо

Матеріали гідрогеологічних досліджень на стадії техноробочого проекту мають дати повну та кінцеву інформацію для всіх конструктивних рішень та вибору методу проведення будівельних робіт.

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Особливості гідрогеологічних досліджень при промислово-цивільному будівництві.

Література основна [1, 2, 6, 7].

Лекція 16. Гідрогеологічні дослідження при будівництві підземних споруд – 2 год.

До підземних споруд відносяться автодорожні, залізничні, пішохідні та судноплавні тунелі, тунелі метрополітену, підземні стоянки автомобілів та гаражі, підземні заводи, морські бази, підземні ГЕС, дериваційні тунелі (від лат. «Derivatio» – відведення; тунель, що підводить воду до гідравлічних турбін) та тунелі, що відводять воду.

Головна складність оцінки гідрогеологічних умов при будівництві підземних споруд полягає в 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) *мілкового 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 картування і дешифрування аеро- та космофотознімків. На стадіях ТЕО 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 моделювання.

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Особливості гідрогеологічних досліджень при будівництві підземних споруд.

Література основна [1, 2, 6, 7].

Гідрогеологічні дослідження при лінійному будівництві.

Лінійне будівництво - це будівництво авто- та залізничних шляхів, повітряних ліній електропередач, трубопроводів різноманітного призначення (водоводів, нафто- та газопроводів та інше). *Особливість*, що їх відрізняє - значна протяжність, внаслідок чого дослідження виконують в різноманітних ландшафтних, геолого-гідрогеологічних та навіть кліматичних зонах.

Основний матеріал по гідрогеологічним умовам трас, що проектуються, отримують на стадії РП у процесі проведення комплексної інженерно-геологічної зйомки масштабу 1:25000 - 1:2000 в залежності від складності природних умов та в смузї шириною 300 м. *Гідрогеологічні дослідження містять:* визначення глибини появлення та положення сталого РГВ, ступінь агресивності ґрунтових вод; на ділянках закладання глибоких виїмок і котлованів в обводнених породах проводять одиничні і кушові дослідні відкачки, результати яких використовують для розрахунків дренажів та визначення водопритоків у виїмки; проводяться режимні спостереження за рівнем та температурою підземних вод на ділянках зсувних схилів, виїмок, що розкривають ґрунтові води тощо.

На стадії РД продовжуються режимні спостереження. Іноді, при зміні планового положення траси на якій-небудь ділянці або зміні глибини виїмок, виникає потреба в додаткових гідрогеологічних матеріалах і дослідженнях.

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Особливості гідрогеологічних досліджень при лінійному будівництві.

Література основна [1, 2, 6, 7].

ТЕМА 12. ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З МЕТОЮ ОХОРОНИ Й ПОПОВНЕННЯ ЗАПАСІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД.

Лекція 17. Гідрогеологічні дослідження в зв'язку з оцінкою й прогнозом якості підземних вод – 2 год.

При проведенні розвідки та геологічно-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 їх залягання;

2) прогнозування зміни якості підземних вод під час їх експлуатації (в умовах порушеного режиму);

3) гідрогеологічне обґрунтування організації й підтримки зон санітарної охорони водозаборів з метою забезпечення необхідної якості підземних вод при їх експлуатації.

Вимоги до якості підземних вод господарсько-питного призначення визначаються діючим до теперішнього часу ГОСТом 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством», а якість води, що надходить споживачеві із систем водопостачання й залежить від складу вихідної води, визначається Державними санітарними правилами і нормами «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання» №136/1940 від 15.04.97.

Діючі нормативні документи встановлюють такі вимоги до питної води, що забезпечують її безпеку для здоров'я людей та її сприятливі органолептичні властивості. Вимоги, що визначають придатність води для питних цілей, включають:

- сприятливі органолептичні властивості;
- безпеку в епідемічному відношенні;
- нешкідливість хімічного складу;
- радіаційну безпеку;
- фізіологічну повноцінність.

Сприятливі *органолептичні властивості питної води* визначаються сукупністю значень, що регламентуються органолептичними показниками якості та фізичними й хімічними характеристиками води (за вмістом у воді компонентів, що впливають на органолептичні показники).

Фізичні показники: 1) *каламутність* не більше 0,5 мг/дм³ (прозора). Каламутність води викликана присутністю тонкодисперсних суспензій органічного й неорганічного походження. Головним негативним наслідком високої каламутності є те, що вона захищає мікроорганізми при ультрафіолетовому знезаражуванні води й стимулює ріст бактерій;

2) *кольоровість* не більше 20° (безбарвна). Кольоровістю називають показник якості води, що характеризує інтенсивність забарвлення води. Визначається кольоровість шляхом порівняння забарвлення води, що досліджується, з еталонами й виражається в градусах платиново-кобальтової шкали. Висока кольоровість свідчить про неблагополуччя води;

3) *запах* не більше 2 балів (слабкий), *смак і присмак* не більше 2 балів. Хімічно чиста вода зовсім позбавлена запаху і присмаку. З наукового погляду, запах і присмак - це властивість речовин викликати в людини й тварин специфічне роздратування рецепторів слизової оболонки носоглотки і язика. Присмак може бути лужний, металевий, в'язкий тощо. Інтенсивність запаху води визначають експертним шляхом при 20⁰С та при 60⁰С і вимірюють у балах; Смак води визначається розчиненими в ній речовинами органічного й неорганічного походження й розрізняється за характером й інтенсивністю. Розрізняють чотири основних види смаку: солоний, кислий, солодкий та гіркий. Всі інші види смакових відчуттів називаються присмаками. Інтенсивність смаку визначають при 20⁰С й оцінюють по п'ятибальній системі;

4) *водневий показник рН* від 6,5 до 8,5. Водневий показник характеризує концентрацію вільних іонів водню у воді. Залежно від величини рН може змінюватися швидкість протікання хімічних реакцій, ступінь корозійної агресивності води, токсичність забруднюючих речовин та інше;

5) *мінералізація загальна* (сухий залишок) до 1000 мг/дм³. 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 мінералізації з погляду відкладення осаду і накипу в нагрівальних приладах, парових казанах, побутових водогрійних пристроях застосовуються спеціальні вимоги, і чим менше рівень мінералізації, тим краще.

Хімічні показники – гранично допустимі величини хімічних елементів, що впливають на органолептичні властивості підземних вод: 1) хлорфеноли - не більше 0,0003 мг/дм³; 2) марганець – не більше 0,1 мг/дм³; 3) залізо - не більше 0,3 мг/дм³; 4) мідь – не більше 1 мг/дм³; 5) сульфати – не більше 250 мг/дм³; 6) жорсткість загальна – не більше 7 мг-екв/дм³. Жорсткістю називають властивість води, що обумовлена наявністю в ній розчинних солей кальцію й магнію. Розрізняють декілька видів жорсткості. Загальна жорсткість визначається сумарною концентрацією іонів кальцію й магнію і являє собою суму карбонатної (тимчасовий) і некарбонатної (постійної) жорсткості. *Карбонатна жорсткість*, обумовлена наявністю у воді гідрокарбонатів і карбонатів (при pH > 8,3) кальцію й 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).

Безпека питної води в епідемічному відношенні визначається показниками, що характеризують з достатньо високою вірогідністю відсутність в ній небезпечних для здоров'я споживачів бактерій, вірусів й інших біологічних включень.

Мікробіологічні показники: 1) число бактерій в 1 см³ води, що досліджується – не більше 100; використовують підрахунок загального числа утворюючих колонії бактерій. Високе мікробне число свідчить про загальне бактеріологічне забруднення води й про високу ймовірність наявності патогенних організмів;

2) число бактерій групи кишкових паличок (коліформних мікроорганізмів) в 1 дм³ води, що досліджується – не більше 3; кишкова паличка є безпечною для людини, але її присутність вказує на забруднення води фекаліями та можливу наявність у воді інших бактерій, що можуть викликати інфекцію;

3) число термостабільних кишкових паличок (фекальних колі-форм) в 100 см³ води, що досліджується – відсутність; бактерії цього типу являють собою групу коліформних організмів, здатних ферментувати лактозу при 44 – 45⁰С. Термостабільні коліформні бактерії піддаються швидкому виявленню й тому грають важливу вторинну роль при оцінці ефективності очищення води від фекальних бактерій;

4) число патогенних мікроорганізмів в 1 дм³ води, що досліджується – відсутність; як правило, це стрептококи, що звичайно, присутні в екскрементах людини й тварин. Фекальні стрептококи рідко розмножуються в забрудненій воді й тому можуть використовуватись при дослідженні якості води як додатковий індикатор ефективності очищення води;

5) число коліфагів в 1 дм³ води, що досліджується – відсутність; коліфаги - це різновид вірусів бактерій, що заражають бактеріальну клітку, розмножуються в ній і часто викликають її загибель. Запропоновані як індикатори якості води через свою подібність із кишковими вірусами людини й легкості виявлення у воді.

Паразитологічні показники (клітини; цисти - [від грець. «kystis» - міхур] - тимчасова форма існування багатьох одноклітинних рослин і тварин; лямблії - це найпростіші одноклітинні мікроорганізми; вони є стійкими до кислот, лугам, речовинам, що містять активний хлор, і повністю інактивуються 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 епідускладнень – дизентерійні амеби; балантидії - рід одних із самих великих представників найпростіших, які можуть вражати людину; звичайно живуть у кишечнику свиней і лише в рідких випадках можуть вражати людину; хламідії - рід паразитичних бактерій, що викликають розвиток захворювань у птахів і людини; 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 25 дм³ води, що досліджується –

відсутність; 2) число кишкових гельмінтів (клітини, яйця, личинки) в 25 дм³ води, що досліджується – відсутність;

Нешкідливість хімічного складу питної води визначається показниками, які з достатньо високою вірогідністю характеризують відсутність у ній небезпечних для здоров'я речовин, що зустрічаються в природних водах, з'являються у воді внаслідок забруднення джерел води в концентраціях, гранично допустимі величини яких встановлені результатами санітарно-токсикологічних досліджень.

Токсикологічні показники – це токсини, що у великій концентрації може оказувати токсичний вплив на людину: а) *неорганічні компоненти* – нітрати не більше 45 мг/дм³; фтор не більше 1,5 мг/дм³; алюміній не більше 0,2 мг/дм³; барій та нікель не більше 0,1 мг/дм³; миш'як, селен і свинець - не більше 0,01 мг/дм³; б) *органічні компоненти* – хлороформ не більше 0,06 мг/дм³; пестициди не більше 0,0001 мг/дм³; в) *інтегральні показники* – загальний органічний вуглець - не більше 3 мг/дм³; окислюваність не більше 4 мг/дм³ - це величина, що характеризує загальний вміст у воді органічних і мінеральних речовин, що окисляються (за певних умов) одним із сильних хімічних окислювачів. Виражається цей параметр у міліграмах кисню, що йде на окислювання цих речовин, які вміщуються в 1 дм³ води.

Радіаційна безпека питної води визначається за гранично допустимими рівнями сумарної об'ємної активності альфа- та бета-випромінювачів. Вплив іонізуючої радіації на людину обумовлено як природними, так і штучними джерелами випромінювання. Доза опромінення, що одержує людина, складається із двох 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 в організм людини відбувається за рахунок подиху (газ радон спричиняється до 75% усього внутрішнього опромінення) та їжі. За рахунок питної води - небагато, тому що природні радіоактивними ізопами (продукти розпаду урану й торію) зустрічаються в ній у дуже незначних кількостях.

Показники радіаційної безпеки: 1) загальна об'ємна активність альфа-випромінювачів – не більше 0,1 Бк/дм³. Альфа-випромінювання набагато небезпечніше, коли джерело альфа-частинок перебуває усередині організму; 2) загальна об'ємна активність бета-випромінювачів – не більше 1 Бк/дм³. Бета-випромінювання може привести до опіків шкіри і є дуже небезпечним, коли джерело бета-частинок попадає усередину організму людини.

Показники фізіологічної повноцінності питної води 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 їх вмісту у воді: 1) мінералізація загальна - не менше 100 мг/дм³ та не більше 1000 мг/дм³; 2) жорсткість загальна – не менше 1,5 мг-екв/дм³ та не більше 7 мг-екв/дм³; 3) лужність загальна - не менше 0,5 мг-екв/дм³ та не більше 6,5 мг-екв/дм³; 4) магній - не менше 10 мг/дм³ та не більше 80 мг/дм³; 5) фтор - не менше 0,7 мг/дм³ та не більше 1,5 мг/дм³.

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 добрив 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 (ціаніди, родоніти тощо) й органічних речовин (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 з виносом із ґрунтів дощовою або зрошувальною водою отрутохімікатів і азотних, фосфорних та калійних добрив, що призводять до збільшення в підземних водах концентрації NO_3 , NO_2 , NH_4 , калію, хлору та фосфору.

Господарсько-побутове забруднення має локальний характер і пов'язане з бактеріологічним й органічним забрудненням, тому що в підземні води надходять бактерії та поверхнево-активні речовини, 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 підземні води речовин виділяють хімічне, біологічне, радіоактивне, теплове та механічне забруднення.

Прогноз зміни якості підземних вод на водозаборах під час їх експлуатації має вміщувати визначення:

- 1) можливості захоплення забруднених вод областю живлення водозабору;
- 2) час підтягненням забруднених вод до ділянки водозабору або шлях їх 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 їх прогнозна оцінка встановлюються диференційовано в залежності від складності гідрогеологічних, гідрохімічних і санітарних умов родовища та складу необхідної інформації.

На родовища з простим гідрохімічними й санітарними умовами, де не очікується зміна якості підземних вод при їх експлуатації, обмежуються відбором чергових та представницьких проб води для оцінки та контролю хімічного й бактеріологічного складу підземних вод, а також виконується мінімальний об'єм досліджень з метою для встановлення зон 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 їх оцінки в 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 їх 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.

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Основні види забруднення підземних вод.

Література основна [1, 2, 5, 6, 7].

Гідрогеологічне обґрунтування зони санітарної охорони водозаборів підземних вод і штучного поповнення запасів підземних вод.

У відповідності з діючим досі «Положенням о порядке проектирования и эксплуатации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения» № 2640-82 для водозаборів підземних вод встановлена *зона санітарної охорони (ЗСО)*, що складається з трьох поясів в яких здійснюються спеціальні заходи, що виключають можливість надходження забруднень у водоносний пласт в районі водозабору.

1-й пояс ЗСО – пояс суворого режиму призначений для виключення випадкового або навмисного забруднення води в межах ділянки розташування водозабору. Границя першого поясу має бути не менше 30 м від водозабору - при використанні 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 та 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.

Території поясу суворого режиму упорядковується, огорожується, 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, *третьої поясу* – від хімічного. *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 в 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, у залежності від умов взаємозв'язку поверхневих і підземних вод та кліматичних районів.

Границі третього поясу ЗСО визначаються гідродинамічними розрахунками, виходячи з 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.

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 по нейтральній лінії току, яка обмежує область живлення водозабору при його експлуатації, що повністю виключає можливість хімічного забруднення підземних вод.

У межах території поясів обмежень ЗСО:

- 1) регулюються та 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 в складних гідрогеологічних, гідрохімічних і санітарних умовах - за допомогою моделювання.

Штучне поповнення запасів підземних вод – це водогосподарські заходи, що забезпечують планомірне покращення водного балансу території шляхом переведення частини поверхневого стоку в підземний.

Необхідність у штучному поповненні запасів підземних вод може виникнути як у районах інтенсивної експлуатації родовищ підземних вод, де спостерігається суттєве їх виснаження, так і в районах можливої відсутності промислових природних родовищ підземних вод, де переведення поверхневого стоку в підземний може призвести або до збільшення промислової цінності природних родовищ, або навіть до формування «штучних родовищ» підземних вод. У цьому випадку мова йде про маґазинування поверхневого стоку.

Штучне поповнення запасів підземних вод у залежності від цільового призначення, природних і технічних умов його здійснення та джерела поповнення виконується двома основними способами:

- 1) шляхом забезпечення умов вільної інфільтрації води крізь зону аерації;
- 2) шляхом примусової подачі води у водоносний горизонт через свердловини, шахти або колодязі.

В якості джерел штучного поповнення запасів підземних вод використовуються річкові, зливові, повеневі, озерні, рідше – 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, які 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 їх 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 у два етапи.

На першому етапі здійснюється узагальнення та аналіз матеріалів розвідки родовища і досліду експлуатації водозабору, а також виконується рекогносцирувальне обстеження району діючого водозабору. На другому етапі виконуються передбачені проектом досліджень, 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 в шурфи та свердловини);

3) гідрологічні та балансово-гідрометричні 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 їх 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.

Завдання для самостійної роботи – 2 год:

1. Способи штучного поповнення запасів підземних вод.

Література основна [1, 2, 6, 7].

