

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З КУРСУ «ВСТУП ДО ФАХУ»

Курс «Вступ до фаху» складається із двох розділів.

РОЗДІЛ №1.

Лекція №1. Зміст і цілі курсу “Вступ до фаху”, історія його розвитку. 2 год.

Фах, який присвоюється після закінчення університету – магістр гідрогеолог, інженер-геолог.

Гідрогеологія та інженерна геологія – системні науки. Зміст сучасної гідрогеології та інженерної геології. Трансформація цих наук на сучасному етапі. Зв'язок гідрогеології та інженерної геології з науками геологічного і географічного циклів, математикою, фізикою, хімією, охороною здоров'я та інш. науками. Значення гідрогеології в житті суспільства. Глобальні гідрогеологічні проблеми.

Наукові основи гідрогеології були розроблені Бернуллі Д., Ейлером П., Жуковським Н, Лебке К.Є. та Євневичем І.О, Борисяком А.А, Гуровим А.В та інш.. Велике значення для розвитку курсу мали роботи Павловського М. М., Лебедева О. Ф., Саваренського Ф. П., Каменського Г. П., Щелкачова В. Н., Лейбензона О.С., Сіліна-Бекчуріна А.І., Альтовського М.Є., Шестакова В. М., Бочевера Ф. М., Язвіна Л. С., Мальованого Г. Г. та інш.

Науково-методичні розділи сучасної гідрогеології

Вже в 50-ті роки гідрогеологія стає самостійною наукою, яка складається з різних науково-методичних розділів: загальна гідрогеологія, динаміка підземних вод, гідрогеохімія, методика гідрогеологічних досліджень, гідрогеологія родовищ корисних копалин, меліоративна гідрогеологія, вчення про мінеральні води, радіогідрогеологія, регіональна гідрогеологія.

Загальна гідрогеологія вивчає питання походження, формування, геологічну роль підземних вод земної кори, їх фізичні та хімічні властивості, взаємодію з гірськими породами, баланс, режим і умови руху.

Динаміка підземних вод вивчає закономірності руху підземних вод під впливом природних і штучних факторів, розробляє методи кількісної оцінки та управління гідродинамічними і гідрохімічними процесами у необхідному для людини напрямі.

Гідрогеохімія вивчає будову, структуру, процеси формування та зміни складу підземних вод, умови та форми міграції хімічних елементів у воді. На основі вивчення хімічного складу підземних вод розроблені гідрохімічні методи пошуків закритих родовищ корисних копалин.

Методика гідрогеологічних досліджень – це вчення про методи та прийоми вивчення гідрогеологічних умов, установлення запасів підземних вод, їх якості, режиму та особливостей руху.

Гідрогеологія родовищ корисних копалин вивчає підземні води щодо завдань геолого-промислової оцінки родовищ корисних копалин, їх освоєння та розробку.

Меліоративна гідрогеологія покликана вивчати та розробляти методи і прийоми покращення гідрогеологічних умов земельних територій з метою прогресивного підвищення родючості ґрунтів і забезпечення високих урожаїв. Основною задачею є обґрунтування планування, проектування будівництва й експлуатації зрошення, осушення, обводнювання та водопостачання сільськогосподарських об'єктів.

Вчення про мінеральні води розглядає питання формування іонно-сольового та газового складу мінеральних вод і походження їх основних генетичних типів, умови їх практичного використання.

Радіогідрогеологія вивчає питання закономірностей формування, розповсюдження та міграції в підземних водах радіоактивних елементів, а також обґрунтування раціональних методів їх пошуків і розробки.

Регіональна гідрогеологія займається вивченням умов залягання, розповсюдження і закономірностей формування підземних вод у конкретних областях (регіонах). Вона розглядає принципи гідрогеологічного картування і районування територій з різними фізико-географічними умовами і геологічною будовою, розповсюдження і міграції в них різних компонентів.

В останні роки почала активно розвиватися нова галузь гідрогеології – *екологічна гідрогеологія*, яка покликана вивчати зміни гідрогеологічних умов під впливом діяльності людини, оцінювати їх стан і розробляти методи та прийоми охорони гідрогеологічного середовища.

Таким чином, сучасна гідрогеологія – це наука, що поряд з іншими науками геологічного циклу, в першу чергу забезпечує науково-технічний прогрес у гідротехнічному, громадському та інших видах будівництва, а також у раціональному веденні водного господарства, охороні підземної гідросфери від негативного впливу людської діяльності.

Лекція 2. Основні курси геологічного і географічного циклів, які будуть вивчатися на старших курсах. (2 год.)

Лекція виноситься на самостійну роботу

Поняття, що вивчаються: Дисципліни геологічного циклу – загальна геологія, кристалографія і мінералогія, палеонтологія і петрографія, тектоніка, загальна гідрогеологія, динаміка підземних вод, регіональна гідрогеологія, інженерна геологія, механіка ґрунтів. Дисципліни географічного циклу – топографія, геоморфологія, гідрологія та кліматологія.

Зміст і задачі дисциплін „Загальна геологія”, „Кристалографія і мінералогія”, „Палеонтологія”, „Петрографія”, „Тектоніка”, „Загальна гідрогеологія”, „Динаміка підземних вод”, „Регіональна гідрогеологія”, „Інженерна геологія”, „Механіка ґрунтів”, „Інженерні споруди”, „Топографія”, „Геоморфологія”, „Гідрологія та кліматологія”. Коротка історія їх розвитку. Зв'язок гідрогеології та інженерної геології з цими дисциплінами.

Навички, що отримуються: вірне розуміння того, що гідрогеологія та інженерна геологія являються системними наукам.

РОЗДІЛ №2.

ТЕМА 1. КОРОТКА ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ГІДРОГЕОЛОГІЇ

Лекція №3. Основні етапи розвитку науки гідрогеологія (2 год)

Деякі відомості про підземні води люди мали ще в сиву давнину. Ці знання розширювалися і поглиблювалися зі зростанням практичних потреб суспільства. Гідрогеологія як наука виникла порівняно недавно, але цьому передувала багатотисячолітня практика використання підземних вод, і тому в історії її розвитку виділяється 4 етапи: 1) накопичення досвіду використання підземних вод та зародження гідрогеологічних ідей (до XVII ст.); 2) перших наукових узагальнень (XVIII – сер. XIX ст.); 3) становлення гідрогеології як самостійної науки (друга половина XIX – перша половина XX ст.); 4) сучасний розвиток гідрогеології.

Етап накопичення досвіду використання підземних вод. Він простежується напевно ще з часів кам'яного віку до кінця XVII ст. У IV – III тисячоліттях до н. е. в долинах річок Тигру та Євфрату, Нілу, а також в Індії та Китаї сформувалися стародавні культури, де вже вміли розшукувати та використовувати підземні води для пиття та зрошення земель. Будувалися складні іригаційні системи. Є відомості, що в VIII ст. до н. е. у Вавілоні (Месопотамія) для водопостачання легендарних садів Семіраміди використовувалася підземна вода з величезного колодязя за допомогою спірального черпака. В Афінах у IV ст. до н. е. міський водопровід використовував підземну воду з колодязів великого діаметра і водозабірних галерей. Скіфи в IV – III ст. до н. е. будували колодязі глибиною 15-20 м. Є відомості, що в Китаї в IV ст. до н. е. для видобування води використовувалися станки ударно-канатного буріння. У передгір'ї Копетдагу, на Кавказі відомі підземні галереї (кяризи), що були збудовані в I ст. до н. е. Чудові водопроводи стародавнього Риму (I – II ст. н. е.) перекачували поряд з поверхневими і джерельні води.

Стародавній Рим забезпечувався питною водою за допомогою дев'яти акведуків загальною довжиною 443 км, в тому числі водопровідних мостів – 50 км. Вода йшла по каналах вистелених свинцем. Загальне споживання води становило 1000 дм³/доб на людину. Основний об'єм води потрапляв у терми, яких тут нараховувалося близько 800. Відомі терми Каракалли (211 – 217 рр. н. е.) недалеко від Колізею. Площа їх становила 12 га і одночасно тут могло перебувати близько 2500 осіб. До складу терм входило: зала для потіння (тепідаріум), один басейн з холодною, три басейни з гарячою водою, чотири гімнастичних зали, дві площадки для спортивних ігор, буфет, бібліотека і стадіон. Ще більш грандіозними були терми Діоклетіана. Вони мали 3 тис. купалень, 3 плавальних басейни з проточною водою, один з яких мав довжину 1,5 км. Тут могло зразу митися 3500 осіб. Терми оброблялися дорогоцінним мармуром, єгипетським гранітом, порфіром, поли устелялися мозаїкою, зали прикрашалися статуями відомих атлетів.

Тобто, як видно, ще в далекій давнині люди вміли розшукувати та видобувати підземну воду.

Формувалися й ідеї про походження підземних вод. Фалес із Мілету (VI – V ст. до н. е.) зробив припущення, що підземні води утворюються внаслідок вбивання морської води в берег. Потім під тиском гірських порід ця вода видавлюється і виходить на поверхню у вигляді джерел.

Платон (V ст. до н. е.) вважав, що вода під землю поступає через отвір, який веде в підземне царство Тартар. З цієї води утворюється підземна річка Стікс. Десь далеко під землею ця річка розбивається на численні струмки, які виходять на поверхню у вигляді джерел.

Аристотель (IV ст. до н. е.) стверджував, що підземна вода є наслідком згущення повітря, яке попадає в гірські породи під дією вітру.

Вітрувій Полліо в I ст. н. е. пояснював утворення підземних вод за рахунок атмосферних опадів.

У середні віки в Європі настає дуже тривалий застій, викликаний інтенсивним наступом Церкви на всілякі ідеї, які не збігалися з християнською ідеологією.

Навпаки, у Середній та Малій Азії в цей час філософська думка розвивається досить активно. Відома робота Аль Беруні з Хорезму (1001 р. н. е.), в якій майже на сучасному рівні пояснюється природа фонтануючих джерел, вводиться поняття гідростатичного напору.

Караді, перс за походженням, написав трактат "Пошуки схованих під землею вод", де висвітлені питання про кругообіг води на Землі, про напірні та безнапірні води, наведені описи деяких польових розшукових робіт на воду, відомості про якість води для питного водопостачання. На жаль, про ці роботи європейці дізнались тільки в XX ст.

А в Європі в цей час вирішуються, в основному, питання практичного видобутку та використання підземних вод. У XII ст. для цього уже проводилося буріння свердловин. У 1126 р. на півдні Франції у провінції Артуа (за часів Римської імперії – Артезія) була

пробурена свердловина, яка розкрила фонтануючу воду, і це явище було сприйняте як чудо. У 1137 р. буряться свердловини і в Росії, у Соловецькому монастирі, для видобування розсолів.

У XII ст. у Києві та Новгороді вже існували водопроводи, побудовані із просвердлених дубових колод, що подавали питну воду від джерел. У XV ст. будується водопровід для водопостачання Московського Кремля, а в XVI ст. – Троїце-Сергіївської Лаври.

Після тривалого застою в Європі знову з'являється зацікавленість до питань походження підземних вод. У XVI ст. Агрікола із Саксонії припускав, що підземні води утворилися шляхом просочування поверхневих вод та згущення водяної пари, що надходить знизу, з глибин Землі.

І. Кеплер та Р. Декарт вважали, що Земля – це живий організм, який плаває в океанічній воді і переварює її. Вода рухається в гірських породах як кров, а джерела виводять кінцевий результат обміну речовин, який відбувається в Землі.

У першій половині XVII ст. була поширена гіпотеза А. Кірхера з Вюрцбургу, за якою підземні води утворилися внаслідок проникнення в земні надра океанічної води, яка, досягнувши розжареної магми, перетворюється на пару, звільнюється від солі і піднімається до поверхні Землі.

У другій половині XVII ст. П. Перро і Е. Маріоттом була розроблена інфільтраційна теорія, яка нині приймається як основна для пояснення походження прісних підземних вод.

Етап перших наукових узагальнень відомостей про підземні води (початок XVIII ст. – друга половина XIX ст.). Наприкінці XVII ст. вже накопичився досить великий фактичний матеріал з умов розповсюдження та залягання підземних вод, з'явилися майстри, які розшукували підземні води.

У багатьох країнах Європи та США вже існували водопроводи, для яких використовувалися як поверхневі, так і підземні води. У Росії великі водопроводи із чавунних труб (Петергофський і Ліговський) були збудовані на початку XVIII ст. У 1718 р. за наказом Петра I був відкритий у Карелії перший в Росії державний курорт із мінеральними водами, які отримали назву "Марціальні" за великий вміст заліза. Уперше в світі був виданий указ про охорону питних вод.

У 1724 р. була відкрита Російська Академія Наук, в експедиціях якої працювали такі вчені, як С.П. Крашенінников, І.І. Лепіхін, Н.Я. Озерецьковський, В.Ф. Зуєв, Н.П. Ричков, П.С. Паллас та інші. Проводилися не лише географо-геологічні дослідження, але й вивчалися прісні та мінеральні підземні води.

У наукових працях з'являються перші спроби з'ясувати зв'язок між явищами природи та підземними водами. Зародилася ідея про залежність хімічного складу ґрунтових вод від фізико-географічних умов (В.Ф. Зуєв). М.В. Ломоносов окреслив чітку картину про зв'язок підземних та поверхневих вод.

У першій половині XIX ст. французький геолог Елі де Бомон висловив майже сучасну думку про кругообіг води на Землі. Поряд із зовнішнім кругообігом він намітив внутрішній, який пов'язаний з атмосферними опадами, що просочуються в гірські породи.

У 1802 р. Ламарк увів термін "гідрогеологія" як позначення явища руйнування гірських порід водою, що рухається.

Накопичується великий фактичний матеріал, який обробляється і узагальнюється. У Росії з'являється праця В.М. Севергіна "Спосіб випробування мінеральної води" (1800 р.), в якій наводиться перша класифікація мінеральних вод. Де Тюрі проводить дослідження з формування артезіанських вод Франції. Англійський геолог У. Смітт у 1827 р. дає першу характеристику підземних вод Великобританії.

Таким чином, у середині XIX ст. існували вже майже сучасні уявлення про походження та розповсюдження підземних вод. У складі природничих наук почала зароджуватися самостійна наука про підземні води (Геологія підземних вод).

Етап становлення гідрогеології як самостійної науки (друга половина XIX – перша половина XX ст.). У другій половині XIX ст. настає перелом у пізнанні регіональних закономірностей та оформленні гідрогеологічних теорій.

Бурхливий економічний розвиток держав Західної Європи та Північної Америки, а пізніше і Росії (відміна кріпацького права в 1861 р.) викликав широке використання підземних вод. На водопостачання підземними водами переходять міста: Париж, Відень, Берлін, Чикаго тощо. Вивчаються мінеральні води Західної Європи, Кавказу, Йеллоустонського парку в США, гідрогеологія карсту на Балканах та в Альпах, артезіанські води США.

У 1856 р. А. Дарсі математично описав фільтрацію води в пористому середовищі. Так був встановлений основний закон фільтрації. Пізніше Ж. Дюпюї, спираючись на закон Дарсі, вивів формулу для визначення водопритоку до свердловини. Гідравліки – німець А. Тімм і австрієць Ф. Форхгеймер – широко використовували математичні методи для вивчення руху підземних вод.

У 1882 р. у Російській Академії Наук утворився Геологічний комітет, до складу якого ввійшли геологи І.В. Мушкетов, Н.А. Соколов, С.Н. Нікітін, В.В. Докучаєв. С.Н. Нікітін у 1890 р. видав працю "Ґрунтови та артезіанські води на Руській рівнині". Н.Ф. Погребов у системі Геологічного комітету заснував гідрогеологічну секцію. У 1886 р. М.О. Головкінський обійняв посаду головного гідрогеолога. Він перший запропонував використовувати термін "гідрогеологія" в сучасному розумінні.

Продовжується боротьба ідей про походження підземних вод. У 1877 р. О. Фольгер висунув гіпотезу конденсаційного походження підземних вод, за якою підземні води утворюються внаслідок конденсації вологи з повітря. У 1902 р. Е. Зюсс запропонував ювенільну гіпотезу, за якою термальні та мінеральні води утворюються з пари води, яка виділяється з магми. Австрієць Гьоффер (1902 р.) та росіянин Андрусев (1908 р.), незалежно один від одного, розробили гіпотезу реліктових вод, за якою дуже мінералізовані підземні води, які залягають на значних глибинах – це залишкові води стародавніх морів та океанів.

На межі XIX – XX ст. продовжується розробка теорії фільтрації підземних вод (Ч. Сліхтер, Ж. Бусінеск, О. Форхгеймер). У 1912 р. А.А. Краснопольський вивів рівняння фільтрації у тріщинуватому середовищі.

Продовжується розробка методичних і теоретичних питань гідрогеології. У 1900 р. С.Н. Нікітін запропонував методику регіонального вивчення підземних вод і гідрогеологічного районування. А.Ф. Лебедев намітив механізм переміщення вологи у ґрунтах, виділив види води в гірських породах. А.В. Львов у 1916 р. систематизував відомості про підземні води в мерзлій зоні. М.Г. Курлов запропонував відображати хімічний склад води у вигляді псевдодробу.

У 1910 р. І.В. Мушкетов випустив підручник під назвою "Фізична геологія", де великий розділ був присвячений вченню про підземні води.

Лекція 4. Внесок українських вчених в розвиток науки гідрогеології (2 год)

Після Жовтневого перевороту в межах колишньої Росії гідрогеологічні дослідження починають виконувати державні організації. Провідну роль в організації та проведенні цих досліджень відіграли гідрогеологи О.К. Ланге, В.С. Ільїн, Ф.П. Саваренський, О.М. Семихатов та ін.

З 1923 р. гідрогеологічні роботи виконують Управління водного господарства, створені при наркомземах союзних республік.

В Україні підземні води вивчала також Південна обласна меліоративна організація (ПОМО).

У 1923 – 1930 рр. велику роботу в Україні проводять гідрогеологи Українського відділу Геолкому, перетвореного пізніше в Український геологічний трест. У 1930 р. була

створена перша гідрогеологічна карта УРСР масштабом 25 верств в 1 дм (автори карти – Б.Л. Лічков і В.І. Лучицький).

Накопичений на той час великий фактичний матеріал дав можливість перейти до широких гідрогеологічних узагальнень. У 1922 р. група гідрогеологів під керівництвом В.С. Льїна склала "Схематичну карту ґрунтових вод Європейської частини СРСР". У 1925 р. виходить велика зведена праця О.М. Семіхатова "Артезіанські і глибокі ґрунтові води Європейської частини СРСР".

У кінці 20-х – на початку 30-х рр. у деяких вузах країни організується підготовка кадрів гідрогеологів. Піонером у цій справі була Московська гірнична академія. Перший підручник із гідрогеології російською мовою в 1922 р. був написаний П.Н. Червінським. У 1932 р. в Московському геологорозвідувальному інституті заснована кафедра гідрогеології, першим керівником якої був академік Ф.П. Саваренський.

У 30-х роках виділяється розділ гідрогеології "Динаміка підземних вод". Його розробляють вітчизняні (Л.С. Лейбензон, П.Я. Полубаринова – Кочина, Г.Н. Каменський, А.І. Силін – Бекчурін) та закордонні (Ч. Тейс, М. Маскет, М. Хабберт) вчені.

З'являється нова галузь гідрогеології – гідрогеохімія.

У 1931 р. в Ленінграді відбувся Перший Всесоюзний гідрогеологічний з'їзд, на якому були підбиті підсумки розвитку гідрогеології і намічені шляхи подальших робіт.

Як наслідок, збільшуються масштаби гідрогеологічних досліджень. Розгортаються бурові роботи на воду, проводяться комплексні та гідрогеологічні зйомки в різних районах. Відкриваються нові великі артезіанські басейни, встановлюються нові регіональні закономірності поширення підземних вод.

На цьому етапі регіональні гідрогеологічні дослідження широко проводяться і в Україні. У передвоєнні роки К.І. Маков виконує дослідження підземних вод окремих гідрогеологічних регіонів України. Результати цих досліджень зведені в опублікованих ним працях: "Підземні води Дніпровсько-Донецької западини" та "Підземні води Причорноморської западини".

Великий фактичний матеріал із гідрогеології дав можливість почати велику узагальнюючу роботу, яка вилася у виданні томів "Гідрогеологія СРСР". До війни вийшло 12 томів.

Таким чином, створюються теоретичні основи гідрогеології. Вона стає самостійною наукою, яка включає різні науково-методичні підрозділи.

Сучасний розвиток гідрогеології. Цей етап починається в післявоєнні роки і характеризується бурхливим розвитком гідрогеологічних досліджень. Відбудовувалося зруйноване війною господарство. Треба було осушувати затоплені вугільні, соляні й інші шахти та кар'єри, відновлювати та розширювати водопостачання міст, сіл і промислових підприємств, забезпечувати зрошення сільськогосподарських земель.

По всій території Радянського Союзу розгортаються роботи з вивчення глибоких горизонтів підземних вод артезіанських басейнів, чому значною мірою сприяло вдосконалення техніки буріння свердловин.

Відбувається подальший розвиток теорії фільтрації, динаміки підземних вод. У цій галузі відомі роботи В.І. Аравіна, Ф.М. Бочевера, М.К. Гіринського, В.Д. Бабушкіна, В.М. Щелкачова, В.М. Шестакова та ін.

Наукові основи вчення про методи гідрогеологічних досліджень закладені у працях Г.М. Каменського, П.П. Кліментова, М.Є. Альтовського, М.М. Біндемана тощо.

За кордоном з ініціативи ЮНЕСКО в 1950-ті роки проводилося всебічне вивчення підземних вод аридної зони земного шару (Африка, Азія, Латинська Америка).

У 70-х рр. уже детально вивчені гідрогеологічні умови Західної Європи та США, де ресурси підземних вод майже повністю підраховані.

Перед гідрогеологами повстає принципово нова проблема раціонального використання та охорони ресурсів підземної гідросфери, у вирішенні якої значну роль зіграли

і вчені Інституту геологічних наук Академії наук України та кафедри гідрогеології та інженерної геології Київського університету.

Кафедра гідрогеології та інженерної геології була створена на геологічному факультеті Київського університету у 1944 р. Вона забезпечувала підготовку спеціалістів у галузі гідрогеології, інженерної геології, а пізніше – меліоративної гідрогеології. Очолив кафедру професор К.І. Маков, видатний вчений, відомий своїми узагальнюючими працями з гідрогеології України. У 1947 р. була опублікована його монографія "Підземні води Української РСР", яка не тільки узагальнювала матеріали попередніх досліджень, але і давала першу серйозну геолого-економічну оцінку ресурсів підземних вод України. У 1948 р. завідувачем кафедри став А.Є. Бабінець, напрямок наукових досліджень якого пов'язаний із вивченням мінеральних вод і регіонально-гідрогеологічних умов України, результатом яких стали монографії "Підземні води південного заходу Руської платформи" та "Лікувальні мінеральні води України".

З 1952 до 1976 рр. кафедрою завідував професор Ф.А. Руденко, який у період 1951 – 1968 рр. був ще деканом геологічного факультету. Автор більш ніж 100 наукових праць, він вніс великий вклад у розробку теоретичних та практичних питань сучасної гідрогеології. У 1960 р. він опублікував монографію "Гідрогеологія Українського кристалічного масиву". У 1972 р. вийшов у світ його навчальний посібник "Гідрогеологія Української ССР", а у 1975 – підручник "Гідрогеологія". Підручник написаний українською мовою і за своїм змістом і повнотою викладеного матеріалу дотепер відповідає вимогам викладання цієї дисципліни.

Наприкінці 70-х років сформувався міцний колектив кафедри, що складався з фахівців високої кваліфікації, відомих як у країні, так і за її межами: проф. Руденко Ф.А., проф. Жернов І.Є., доценти Солдак А.Г., Баннік Г.І., Соляков І.П., Негода О.П., Жорнік Г.В., Павловець І.М., Шабатин В.С., Дробноход М.І., Мандрик Б.М., Кириченко Є.С., Фіалко О.Й., асистент Шостак А.В.

У цей період у межах СРСР проводиться планомірне гідрогеологічне картування масштабу 1:200000. На кафедрі також була створена зйомочна гідрогеологічна експедиція, яка проводила роботи в Україні, у Центральному Казахстані і в Бурятії.

Співробітники кафедри прийняли активну участь у створенні монографічного видання "Гідрогеологія СРСР".

З 1977 до 2000 рр. значний вклад у розвиток гідрогеологічної науки зробили співробітники кафедри, видатні вчені гідрогеологи Жернов І.Є., Солдак А.Г., Дробноход М.І., Огняник М.С.

Зусиллями проф. Жернова І.Є. ще у 1963 р. при кафедрі була створена лабораторія меліоративної гідрогеології, діяльність якої збіглася з періодом значного меліоративного будівництва в Україні і загалом у СРСР. Розробки лабораторії мали величезне практичне та науково-методичне значення. Запропоновані методи та розроблені пристрої були унікальні і широко використовувалися у виробничих умовах при проведенні досліджень у межах Каховської, Приазовської та Явкінської діючих зрошувальних систем, а також систем, що будувалися на Керченському півострові і у Заволжі. За ініціативою І.Є. Жернова на кафедрі з 1972 р. вперше у Радянському Союзі розпочато підготовку студентів за спеціалізацією "Меліоративна гідрогеологія", для якої колективом кафедри був виданий однойменний навчальний посібник. У 1971 р. Жернов І.Є. разом із професором Московського університету В.М. Шестаковим видали підручник "Моделювання фільтраційних процесів".

Солдак А.Г. провів районування південної частини України за особливостями природного режиму підземних вод, гідрогеологічне районування території іригаційного будівництва у степовій зоні України, районування цієї території за придатністю підземних вод для зрошення. Головні результати проведених досліджень були узагальнені А.Г. Солдаком у відомій монографії "Гідрогеологомеліоративні умови степової зони УРСР".

Наукові результати проф. Дробнохода М.І. знайшли своє відображення в узагальнених монографіях, зокрема "Водообмін в гідрогеологічних структурах України" (1988,1991 рр.), "Малі артезіанські басейни Північно-Західного Донбасу" (1987 р.), у підручнику, що витримав три видання, "Оцінка запасів підземних вод" (1971, 1982, 1989 рр.).

Проф. Огняник М.С. – автор більш як 25 наукових монографій, провідний спеціаліст у галузі гідрогеологічного моделювання та еколого-гідрогеологічних досліджень. Широко відомі його роботи: "Охорона підземних вод в умовах техногенезу (1985 р.), "Мінеральні води України" (2000 р.) тощо.

Проведені кафедрою дослідження відіграли провідну роль у оцінці експлуатаційних запасів підземних вод, у створенні еколого-гідрогеологічних моделей багатьох районів України.

На початку 80-х років майже для всієї території СРСР були складені гідрогеологічні та комплексні карти.

Проведені роботи дали можливість зробити широке узагальнення накопиченого матеріалу у 45-томному виданні "Гідрогеологія СРСР". У ньому конкретизовані загальні гідрогеологічні закономірності територій, розширені уявлення про гідрогеохімічну та гідродинамічну зональність підземних вод великих артезіанських басейнів, обґрунтовані нові шляхи і методи розв'язання ряду прикладних завдань, складені гідрогеологічні карти, карти мінеральних, термальних і промислових вод, наведені карти підземного стоку, карти експлуатаційних запасів підземних вод.

Доповнити про кафедру гідрогеології Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

Питання для самоконтролю:

1. Які шляхи виникнення науки "Гідрогеологія"?
2. Перелічіть основні етапи розвитку гідрогеології.
3. Охарактеризуйте сучасний стан гідрогеології.
4. Які науково-методичні розділи складають сучасну гідрогеологію?

ТЕМА 2. КОРОТКІ ВІДОМОСТІ ПРО ВОДУ ЯК РЕЧОВИНУ

Лекція № 5. Короткі відомості про воду як речовину

(4 год.)

Воді присвячували свої роботи письменники, вірші – поети. Дуже поетичний вислів про воду Антуана де Сент-Екзюпері: "Вода! У тебе немає ні смаку, ні кольору, ні запаху, тебе не можна описати, тобою насолоджуються, не відаючи, що ти є. Не можна сказати, що ти необхідна для життя: ти саме життя. Ти наповнюєш нас радістю, яку не можна пояснити нашими почуттями. З тобою повертаються до нас сили, з якими ми вже простилися... Ти саме велике багатство на світі" (1939 р.).

За думкою академіка В.І. Вернадського, "природна вода призначена як би для життя і з життям зв'язана вона одна з усіх хімічних елементів". "Немає природного тіла, що могло б зрівнятися з нею за впливом на хід основних самих грандіозних геологічних процесів".

Вода – найбільш розповсюджена і найбільш необхідна речовина на Землі. Від неї залежить більшість фізичних, хімічних та біологічних процесів, які відбуваються. У воді зародилося життя на Землі, і завдяки їй воно існує і нині.

Специфічні властивості води

Вода – дуже дивна речовина! Майже всі її властивості – аномальні, тобто не такі, як у всіх інших речовин на Землі. Розглянемо деякі з цих властивостей.

Густина. Всі тіла при охолодженні стискаються. Вода теж стискається при зниженні її температури до $+4^{\circ}\text{C}$. За цієї температури вода має максимальну густина (1 г/см^3). При подальшому зниженні температури води густина її знову зменшується. Тобто, залежність між густиною води та її температурою не однозначна, а двозначна. Так, густина води однакова за температури $+3^{\circ}$ і $+5^{\circ}\text{C}$ тощо.

Температура замерзання. Якщо з дистильованої води вилучити розчинені гази, то її можна охолодити без переведення у твердий стан до температури -70°C . При цьому об'єм води поступово збільшується (густина зменшується). За температури (-70°C) вода переходить у твердий стан без зміни об'єму (густини).

У нормальних умовах вода переходить у твердий стан при 0°C із збільшенням об'єму на 11 %. У замкненому об'ємі це призводить до надмірного тиску на стінки у 2500 кг/см^2 (із цим пов'язана руйнівна сила замерзаючої води).

Вода у твердому стані легша, ніж у рідкому, і в цьому теж проявляється її аномалія. Всі інші речовини на Землі у твердому стані важчі, ніж у рідкому.

Із зростанням тиску температура переходу з рідкого стану у твердий підвищується у всіх речовин, які є на Землі. У воді ця залежність протилежна: із зростанням тиску на 130 ат. температура її замерзання знижується приблизно на 1°C . За тиску в 500 ат температура замерзання води – -4°C , при 2200 ат – -22°C . Але така залежність простежується тільки до тиску 2200 ат. За подальшого підвищення тиску температура замерзання підвищується і вже за тиску в 3530 ат температура замерзання – -17°C , за 6380 ат – 0°C , за 16500 ат – $+60^{\circ}\text{C}$, за 20670 ат – $+70^{\circ}\text{C}$. Важко собі уявити такий гарячий лід.

З деяких водневих сполук неметалів видно, що вода не вписується в існуючу тут залежність між молекулярною вагою і температурою кипіння та плавлення (табл. 3.1.).

Таблиця 1.

Температура фазових переходів неметалів

Властивості	H_2Te	H_2Se	H_2S	H_2O
Молекулярна вага	129	80	34	18
Температура кипіння	-4	-42	-62	100
Температура плавлення	-51	-64	-82	0

Теплові властивості. Теплоємність води сама по собі не є аномальною. Вона просто більша, ніж для інших речовин у 5-10 разів. Аномальність проявляється в залежності питомої теплоємності від температури. У всіх речовин питома теплоємність збільшується із зростанням температури. У воді ж вона зменшується з підвищенням температури від 0 до $+35^{\circ}\text{C}$, а далі збільшується, тобто, як і густина, питома теплоємність не однозначна, а двозначна.

Питома теплоємність води за $+16^{\circ}\text{C}$ прийнята за еталон вимірювання цієї властивості в інших речовинах ($1\text{ кал/г}\cdot\text{град}$). У платини питома вага – 0,03, у заліза – 0,1, у піску – $0,2\text{ кал/г}\cdot\text{град}$. Тому, за однакової кількості сонячної енергії вода у водоймах нагрівається у 5 разів повільніше, ніж пісок на березі, але й віддає тепло вона в стільки ж разів повільніше.

Поверхнєве натягіння. Завдяки водневому зв'язку, молекули води притягаються одна до одної сильніше, ніж інші рідини. Тому на її поверхні утворюється більше поверхнєве натягіння, і вода має найбільшу серед інших рідин висоту капілярного підняття.

Вода за масою складається з 11,11 % водню і 88,89 % кисню. Вона є простішою сполукою, яка складається з одного атома кисню і двох атомів водню.

У природі відомо три ізотопи водню ($\text{H}^1, \text{H}^2, \text{H}^3$) і шість ізотопів кисню ($\text{O}^{14}, \text{O}^{15}, \text{O}^{16}, \text{O}^{17}, \text{O}^{18}, \text{O}^{19}$), тобто теоретично можна виділити 36 комбінацій ізотопів. Вони є основою

для утворення вод з різними фізичними властивостями. Ізотопи H^3 , O^{14} , O^{15} , O^{19} – радіоактивні.

У природній воді переважають молекули води $H^1_2O^{16}$ (легка або протієва вода). Інші різновиди зустрічаються в дуже малих кількостях. Це тому, що інших ізотопів кисню та водню дуже мало. Так, водню H^2 всього 200 атомів на 1 млн атомів H^1 , а кисню O^{18} всього 1 тис. атомів на 1 млн атомів O^{16} .

Крім протієвої – найбільш відома важка вода ($H^2_2O^{16}$) або дейтерійова. Вона була виділена зі звичайної води шляхом електролізу. Молекулярна маса її – 20, густина максимальна – $1,106 \text{ г/см}^3$ за температури $+11,5^\circ\text{C}$, температура замерзання – $-3,82^\circ\text{C}$. Відрізняється вона і за в'язкістю та силою поверхневого натягнення. У неї особливі біологічні властивості. Так, у ній не проростає насіння, смертельна вона і для водних організмів. У природній воді одна частка важкої води припадає в середньому на 5 тис. часток звичайної.

В.М. Мухачев звертає увагу на біологічну активність легкої води, яку він назвав у зв'язку з цим "живою", на відміну від важкої, названої їм "мертвою". При замерзанні важка вода виморожується, тому в льоді і поталій воді зміст дейтерієвої води нижче норми. Цим пояснюються, на думку В.М. Мухачева, міграції птахів і інших тварин навесні в арктичні й антарктичні зони – головні фабрики "живої" води. Земля за час свого існування втрачає протій, як більш легкий елемент, і збагачується дейтерієм. Тому в доісторичні часи тварини та рослини відрізнялися величезними розмірами. Наявність "живої" води – причина довгого життя горців і жителів півночі порівняно з жителями півдня.

Склад та будова молекули води

Що ж являє собою чиста вода з фізичного погляду? Як і всі речовини, вона складається з молекул, а молекули з атомів.

Атом водню являє собою протонне ядро, навколо якого обертається один електрон, утворюючи сферичну орбіталь ($1S^1$) на першому енергетичному рівні. В атомі кисню навколо ядра обертається 8 електронів: на першому енергетичному рівні – 2 електрони, які утворюють сферичну електронну хмару ($1S^2$); на другому – 6 електронів, з яких 2 утворюють сферичну орбіталь ($2S^2$), а 4 – три електронні орбіталі типу "P" (витягнуті по координатних осях), причому одну орбіталь – P утворюють два (спарені) електрони з різними спінами, а на двох інших орбіталях обертається по одному електрону ($1S^2 2S^2 2P^4$).

Молекула води складається з одного атома кисню та двох атомів водню (рис. 3.1). Між цими атомами утворюється ковалентний зв'язок, який є результатом перекриття сферичних електронних орбіталей атомів водню і P-орбіталей кисню, які утворені неспареними електронами.

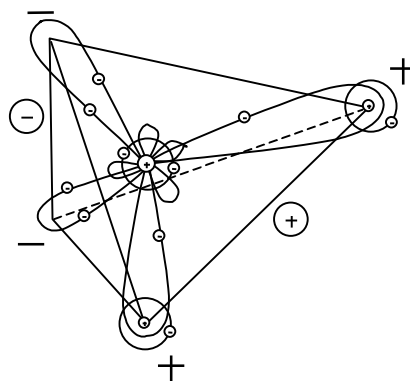


Рис. 1. Будова молекули води

P-електронні хмари кисню взаємно перпендикулярні, тому і молекула води має кутову будову. Але завдяки збільшенню енергії на кінцях P-орбіталей через ковалентний зв'язок кут між ними зростає. При цьому, S-електронна хмара 2-го рівня кисню перетворюється у форму "P". У результаті молекула води має таку будову: у центрі розташоване протонне ядро атому

кисню, на 1-му енергетичному рівні обертається два електрони, утворюючи сферичну орбіталь; 4 електрони утворюють дві електронні орбіталі з ковалентними зв'язками навколо ядер кисню і водню; 4 спарені електрони кисню утворюють орбіталі типу "Р", витягнуті у протилежному від ядер кисню напрямі і в площині, яка перпендикулярна площині НОН.

Таким чином, модель молекули води має вигляд тетраедра, у центрі якого розташоване ядро кисню. Ядра атомів водню розташовані у двох кутах тетраедра. З ними пов'язані два полюси додатних електричних зарядів.

Центри від'ємних зарядів двох неподілених пар електронів займають два інших кута тетраедра. Результируючий центр додатних зарядів розташований між ядрами водню, результируючий центр від'ємних зарядів – між орбіталями неподілених пар електронів на протилежній частині молекули води.

Молекула води, таким чином, має полярну будову (диполь) з порівняно значною величиною дипольного моменту ($1.8 \cdot 10^{-18}$ од. СГСЕ).

Сучасні спектроскопічні та рентгенографічні дослідження будови молекули води дозволили встановити геометричні її параметри (рис. 3.2). Відстань Н – О дорівнює 0,957 А, кут НОН у молекули, що зв'язана з іншими молекулами (у твердому стані), дорівнює $109^{\circ}30'$, а у вільній молекулі (у рідкому стані) – $104^{\circ}27'$.

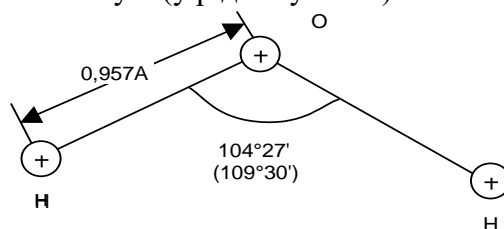


Рис. 2. Геометрія молекули води

Структура води

Завдяки особливостям будови молекули води, вона може утворювати водневі зв'язки з 4-ма іншими молекулами за рахунок двох від'ємно заряджених неподілених пар електронів і двох додатньо заряджених атомів водню.

Довжина водневого зв'язку 1,76 А (ангстрем = $1 \cdot 10^{-9}$ мм).

Оскільки структурна будова води в рідкому стані сучасними методами не може бути встановлена, виникли дві версії будови агрегатів молекул води. Перша – гіпотеза М. Анжено (1967 р.) – молекула води реалізує два водневі зв'язки, внаслідок чого утворюються лінійні або кільцеві ланцюжки, основу яких складають так звані водневі містки (рис. 3.3 а). Друга – гіпотеза Дж. Бернала та Р. Фаулера – молекула води реалізує всі чотири водневі зв'язки. При цьому кожна молекула з'єднується з 4-ма іншими по тетраедру (рис. 3.3 б).

Більшість вчених вважають більш ймовірною другу версію.

Про структуру рідкої води теж існує багато версій. Найбільш відомі дві: 1) вода є неоднорідною речовиною; 2) вода – однорідна речовина.

Прикладом моделі неоднорідної будови води є схема Г. Френка і В. Вінна (1957 р.). За цією схемою рідка вода – це немов би конгломерат із "мінливих кластерів" (роїв), які складаються з льодоподібних асоціатів, що плавають у вільній воді. "Кластери" постійно існують у рідкій воді, але кожен мить вони замінюються – виникають і руйнуються. Час їх існування – $1 \cdot 10^{-10}$... $1 \cdot 10^{-11}$ с.

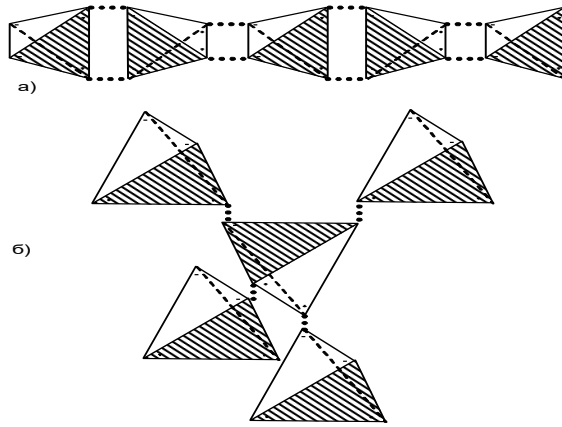


Рис. 3. Схема з'єднання молекул води у вигляді: а) лінійних ланцюжків (за М. Анжено) та б) тетраедру (за Дж. Берналом та Р. Фаулером)

Однорідна модель розроблена О.Я. Самойловим (1957 р.). (вода I – вода II – вода III). За температур, близьких до 0° , молекули води, здійснюючи чотири водневі зв'язки, утворюють льодоподібний каркас $(\text{H}_2\text{O})_n$, у порожнинах якого розташована дуже мала кількість мономолекул $(\text{H}_2\text{O})_1$ (вода I). Всі молекули води входять у більш-менш жорстку ажурну структуру у вигляді ланцюжків, які і утворюють кристали. Ця мінлива структура води залежить від температури. При підвищенні температури від 0 до 4°C частина водневих зв'язків розривається. Звільнені молекули мономерів $(\text{H}_2\text{O})_1$ та димерів $(\text{H}_2\text{O})_2$ попадають у пустоти і не маючи достатньо енергії залишаються там. Вони розташовуються близько один від одного і зумовлюють високу щільність води (макс. за $3,98^{\circ}\text{C}$).

За подальшого зростання температури від 4 до 270°C структура води стає правильно тетраедричною (типу кварцу) (вода II). Збільшення теплової енергії молекул води зводить до того, що вони виходять із порожнин, переміщуються з кута в кут, ще більше порушуються водневі зв'язки, збільшується кількість вільних молекул. Це зводить до збільшення об'єму і зменшенню щільності води. Наявність структурних пустот і водневих зв'язків пояснює високу розчинну здатність води.

За вищих температур (до критичної) структура води стає більш симетричною, кількість мономерних молекул збільшується (за температури більше 270°C всі молекули стають вільними). Тип простих рідин зі щільним упакуванням молекул (вода III). Цим пояснюється зменшення тиску води з підвищенням температури та тиску.

Крім вказаних розробок існують також гіпотези Попла, Девіс – Литовиц, Полінга, Марчи – Ейрино, Форшлінд, Денфорд – Леви, Неметі – Шерага тощо. Кожне з таких представлень про воду є визначеним кроком у пізнанні її структури. Але, як каже видатний геохімік Р. Хорн, структура води залишається невідомою. "Неможливість, – пише він, – визначити структуру води за допомогою ефективних сучасних методів дослідження, які дозволили розібратися у структурі таких складних біомолекул, як ДНК і міоглобін, належним образом попереджає нас про те, що ми маємо справу з незвичайно складною системою.

Більшість вчених збігаються на думці про те, що оскільки рідка вода має льодоподібну структуру, то жива система біомолекул вписується в конфігурацію порожнин цієї структури. Це підтверджується експериментальними даними про заморожування живих тканин тварин і рослин до повного затвердження та оживлення їх після розморожування. Це свідчить про те, що біосистема не ушкоджується при замерзанні і життєві функції клітин зберігаються. Проф. Л. Лозина – Лозинський заморожував гусинь до -269°C . Після розморожування вони оживали і давали потомство.

Є спостереження про доброякий вплив талої води, в якій найбільш зберігається льодяна структура, на оздоровлення і навіть омолодження організму. Сисоєв А.Ф., Андрющенко А.А. проводили досліди над пацюками, імпотентними від старості. Ці пацюки

після 3-4-разового охолодження знову стали давати потомство, обновилися їх шерстяний покрив. Це може бути пояснено зміною конфігурації мікромолекул в результаті заморожування розчину, який наближується до форми ґратки льоду. Вважається навіть, що старіння пояснюється зменшенням в організмі льодяної структури біомолекул.

Питання для самоконтролю:

5. Як залежить густина та питома теплоємність води від температури?
6. Які існують ізотопічні різновиди води? Що таке важка вода?
7. Намалюйте схему молекули води.
8. Чим зумовлені дипольні властивості молекули води? Що таке дипольний момент води?
9. У чому сутність структурної будови води за гіпотезою Френка – Вінна?
10. Як пояснюється залежність густини води від температури за гіпотезою структури води О.Я. Самойлова?

ТЕМА 3. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВОДУ НА ЗЕМЛІ

Лекція № 6. Загальні відомості про воду на Землі

(4 год)

Гіпотези походження води на Землі

Вода покриває 71 % поверхні Землі. Об'єм Світового океану – 1,338 млрд км³. Якби цю воду рівним шаром розподілити по поверхні Землі, то потужність цього шару була б 3,0 км. Найглибша океанічна западина – Маріанська, яка має глибину 11020 м, але це всього-на-всього 17/10000 радіуса геоїда.

Звідки взялася на Землі ця вода?

Існує декілька гіпотез походження води на Землі. Більшість вчених вважає, що походження води тісно пов'язане з походженням самої Землі.

Згідно з однією з гіпотез, вода у вигляді молекул H₂O знаходилася у вихідному матеріалі первинної газо-пилуватої хмари, а потім і в стародавній атмосфері Землі. Ця первинна щільна атмосфера сконденсувалася і дала життя Океану. Тобто сучасні розміри та глибини Світового океану настільки ж стародавні, як і сама Земля. За іншою версією, вода утворилася з первинних атомів гідрогену (H) та кисню (O) після утворення протопланет з газопилуватої хмари. Із підвищенням температури та дегазацією надр, а також у процесі диференціації речовини на геосфері відбувалася міграція легких елементів із надр Землі. За сприятливих умов із них утворювалися молекули водню та кисню, а потім і молекули води. Вода виділялася на поверхню у вигляді пари разом з газами, як це нині відбувається при виверженні вулканів.

Якщо припустити, що зростання гідросфери відбувалося рівномірно, то швидкість нарощування об'єму води становила 0,6 км³/рік, і гідросфера в сучасному обсязі сформувалася вже в ранньому кембрії (550 млн років тому). За деякими розрахунками і тепер земні надра щорічно вивільняють 2,2*10¹⁷ г води.

Є гіпотеза біохімічного походження води на Землі. Згідно з нею, вода утворилася вже після створення Землі як планети. Під впливом жорсткого космічного та сонячного випромінювання з неживої матерії утворилася органічна. Встановлено, що при утворенні однієї молекули нуклеїнових кислот утворюються дві молекули води. За підрахунками за 3 млрд років таким чином могло утворитися 32 об'єми Світового океану. Більша частина води потім була зв'язана гірськими породами та речовиною мантії Землі.

Є гіпотези позаземного походження води. Згідно з однією, під час диференціації речовини протохмари ближче до Сонця утворилися важкі планети – Меркурій, Венера,

Земля, Марс – із питомою вагою речовини більше 1 г/см^3 , а далі – планети газові з питомою вагою менше 1 г/см^3 . Між цими двома групами планет могла утворитися планета (гіпотетично – Фаєтон), питома вага речовини якої була близькою до одиниці, тобто яка складалася переважно з води. Дуже швидко під впливом гравітації Марса та Юпітера ця водяна планета зруйнувалася, і уламки її впали на близькі планети: Юпітер, Марс та Землю. За цією гіпотезою води на Марсі може бути більше, ніж на Землі, але вона у твердому стані і перекрита верствами осадових порід (мабуть у більшості еолових). Відомо, що деякі супутники Юпітеру (наприклад Європа) повністю складаються з води.

Якась частина запасів води на Землі могла утворитися під час проникнення в атмосферу вуглецевих метеоритів. При цьому утворювалися CO та CO₂, які за високої температури (більше 1000°C) з'єднувалися з Н і утворювали Н₂O.

Крім того, "сонячний вітер" від Сонця несе в нашу систему корпускули, які складаються з важких часток (протонів). В атмосфері ці частки приєднують електрони з утворенням Н і O₂. У верхніх шарах атмосфери вони реагують між собою з утворенням ОН і НО₂, а потім і Н₂O.

За гіпотезою голландця Оарта багато води надходило і надходить на Землю з кометами, ядра яких складаються переважно з води у вигляді льоду.

Аналізуючи існуючі гіпотези походження води на Землі, більшість вчених вважає, що основна маса води на Землі – внутрішньопланетного, тобто Земного походження. Вона "вироблялася" в ході геологічної еволюції планети і виробляється тепер. Вода входить до складу майже всіх гірських порід. Відомо, що при плавленні однієї тонни граніту виділяється до 18 л води.

Роль води у процесах, що відбуваються на Землі

Так чи інакше утворилася вода на Землі, але вона є, її багато і саме вода визначає більшість процесів, які відбуваються на планеті (фізичних, хімічних, біологічних).

Вода – унікальний розчинник, і ця здатність обумовила грандіозне перенесення та перерозподіл речовини на Землі. Вона сприяє механічному та хімічному вивітрюванню порід на суші, переносу суспензованої та розчиненої речовини в моря й океани, утворенню нових гірських порід тощо. За всю історію геологічного розвитку Землі більша частина материків зруйнована і винесена водними потоками в моря та океани. Об'єм осадових порід у морях та океанах у 6–7 разів перевищує об'єм суші, що виступає над рівнем Світового океану.

Вода є одним із головних факторів утворення рельєфу Землі. Геологічна робота води, яка тече, складається із розмиву (ерозії), змиву, переміщення продуктів ерозії (транспортування) та відкладення переміщених продуктів (аккумуляція). Завдяки діяльності текучої води утворюються яри та балки, лощини й ущелини, формуються долини річок, похилі передгірські рівнини та межгірські западини тощо.

Величезна роль діяльності вод морів та океанів на образ Землі. Під діяльністю морського прибою змінюються контури материків. Величезні маси води в безперервному русі руйнують гірські породи берегів, переміщують і стирають продукти руйнування, відкладають їх у вигляді осадів.

Морський прибій робить на вертикальну стінку тиск води до 30 т/м^2 і може переміщати брили до 100 т. Так, одного разу, силою води в Шербурзі (Франція) 3,5-тонна брила була перекинута через стіну висотою 6 м. Особливою потужністю володіють катастрофічні хвилі (цунамі), що виникають у результаті підводних землетрусів і вулканічних вивержень. Довжина таких хвиль сягає сотень кілометрів, висота – 35 м, швидкість розповсюдження – близько 800 км/год. У 1755 р. від землетрусу та страшного цунамі, що виник за ним, повністю було зруйноване м. Лісабон. За 6 хвилин загинуло майже 60 тис. осіб. При виверженні вулкану Кракатау (між островами Ява та Суматра) 27 серпня 1883 р. під дією цунамі загинуло близько 40 тис. осіб. За останні 50 років цунамі було знищено близько 10 тис. суден, загинуло понад 150 тис. осіб.

Вода – основний фактор формування клімату Землі. Завдяки великій теплоємності (1 кал/г*град), вода Світового океану нагромадила в собі колосальну кількість тепла в $3,8 \cdot 10^{22}$ Ккал, що дорівнює приблизно 600-літньому надходженню сонячної енергії на Землю. Вода як в атмосфері, так і в Океані виконує велику енергетичну роботу, здійснюючи тепло- і масоперенесення з екваторіальних широт в інші. Це відбувається за допомогою великих морських течій, а в атмосфері – циклонів. Течії, циклони, антициклони сприяють перерозподілу сонячної енергії на нашій планеті. Так, на півночі Скандинавії, що знаходиться в Заполяр'ї, середньорічна температура повітря становить всього $+1,2^{\circ}\text{C}$ (максимальна $+32^{\circ}\text{C}$ і мінімальна -5°C). Це завдяки течії Гольфстріму, що оtepлює північну частину Європи.

Тече Гольфстрім з Мексиканської затоки через Атлантичний океан до Скандинавії. На початку його швидкість становить 9 км/год, глибина – 700 м, ширина – 50 км, температура води $+30^{\circ}\text{C}$. У Північне море течія входить між Фарерськими островами та Шотландією. Ширина його тут – 185 км, глибина – 500 м, а температура води – близько $+20^{\circ}\text{C}$.

Вода є основним джерелом існування життя на Землі, яке зародилося тут 3,5 млрд років тому. За деякими даними життя на Землі зароджувалося двічі. На межі 2,7 млрд років воно було знищене внаслідок якоїсь космічної катастрофи (організми тоді розвинулися від протобіонтів тільки до простіших еукаріотів). 2,4 млрд років тому життя зародилося знову.

Вважається, що життя виникло в океані під захисним шаром води, яка охоронила живі істоти від згубної дії безкисневої, отруйної на той час атмосфери та від шкідливого впливу ультрафіолетового випромінювання Сонця. Ці маленькі одноклітинні білкові грудочки для підтримки свого життя споживали з води прості мінеральні речовини. Потім з'явилися джгутикові організми, які за своїм розвитком стояли на грані між рослинами та тваринами. Поступово морські рослини, розмножуючись, стали виділяти стільки кисню, що він почав змішуватися з газами земної атмосфери. Через мільйони років, коли в атмосфері накопичилося достатньо кисню, прибиті до берега водорості почали обзаводитися коріннями та листям, перетворюючись у перші наземні рослини. Однак пройшли ще сотні мільйонів років, доки вміст кисню в атмосфері став таким, щоб з'явилися організми з легенями. Потім тривала еволюція створила ссавців і, нарешті, людину. Ми, люди – крона могутнього генеалогічного дерева, все коріння якого губиться в океані. Залишивши океан, рослини та тварини виявилися не в змозі жити без нього. Вони начебто взяли з собою частину його води. Доросла людина на 65-70 % складається з води: в серці, легенях, нирках її біля 80 %, у кістках – біля 30 %, у крові – 83 %, в лімфі – 96 %. Якщо виходити із загальної маси людства (6 млрд осіб) – 390 млн т, то в організмах всіх людей Землі міститься $0,39 \text{ км}^3$ води. На воду припадає від 75 до 95 % ваги всіх рослин і 60-98 % ваги тварин.

Вся маса живої речовини на Землі вимірюється 360 млрд т, вона містить у собі 2,5 тис. км^3 води (це одна третина об'єму Ладозького озера).

Організм людини має дуже тонкий механізм регулювання водного обміну. Почуття спраги є сигналом порушення водного балансу, на який людина гостро реагує.

Втрата вологи в розмірі 6-8 % від ваги тіла викликає вже частковий напівнепритомний стан, 10 % – галюцинації, порушення ковтального рефлексу і зупинку серця, втрата 12 % вологи викликає смерть.

Запаси води на Землі

Які ж ресурси гідросфери Землі? В сучасному розумінні гідросфера обіймає Світовий океан, льодовики, озера, руслові води, підземні води, вологу атмосфери, воду живих організмів, тобто води всіх геосфер. Визначення об'єму водних ресурсів Землі дуже складна задача, оскільки гідросфера – динамічна система, в якій вода перебуває в постійному русі. Найбільш обґрунтованими є результати досліджень Г.П. Калініна

(1968 р.), М.І. Львовича (1974 р.), А.І. Чеботарьова (1974 р.) – авторів книги "Світовий водний баланс і водні ресурси Землі", підготовленої за підсумками Міжнародного гідрологічного десятиріччя (1965–1974 рр.). У схематизованому вигляді їх уявлення про об'єм водних ресурсів Землі показано в табл. 2.1.

Таблиця 2

Водні ресурси Землі

Види гідросфери	Об'єм води, тис. км ³
Світовий океан	1338000
Льодовики	24000
Підземні води	23400
Річкові води	2,12
Озера	176,4
Вода атмосфери	12,9
Вода в живих організмах	2,5
Всього (округлено)	1386000

Таким чином, загальний об'єм води на Землі становить 1,386 млрд км³. З цієї кількості 1,338 млрд км³ припадає на Світовий океан ($\approx 71\%$ поверхні Землі покрито водою). Друге місце після Океану посідає вода, яка акумульована в льодовиках Арктики та Антарктики – це 24 млн км³. Тут вміщується 69% всіх земних запасів прісної води. Наступне місце за об'ємом займає підземна вода. Вона вміщується в порах, тріщинах порід і розповсюджена на досить значну глибину. При підрахунках кількості води в земній корі враховувалася тільки та її частина, яка доступна людству в його господарській діяльності. Орієнтовно цей об'єм становить 23,4 млн км³.

На поверхні суші вода знаходиться в озерних котловинах об'ємом 176,4 тис. км³ (найбільші озера – Великі Американські – 24 тис. км³ води, найглибше – оз. Байкал – 23 тис. км³). Запас води в руслах річок становить 2,12 тис. км³, при загальній їх витраті – 43,7 тис. км³/рік.

В атмосфері у вигляді водяної пари зосереджено 12,9 тис. км³ води, у біосфері вміщується 2,5 тис. км³ води.

Слід відзначити, що з усього об'єму води на Землі 97,47% – вода солоня, мінералізована. Прісної води тільки 35 млн км³, з цієї кількості – 24 млн км³ перебуває у твердому стані, 10,5 млн км³ – під землею і її важко видобувати. Доступні для використання тільки 0,4% світових запасів прісної води, тобто 134 тис. км³.

Проблема прісної води

Незважаючи на такі значні запаси води на Землі, людство все ж відчуває нестачу прісної води.

Найбільш рухомою частиною ресурсів прісних вод є річковий стік (43,7 тис. км³/рік). В основному, це він забезпечує людство прісною водою.

Якщо розділити цю воду між людьми, то на кожного припадало б 24,0 тис. дм³/добу. Сучасна середня потреба у воді – 3,3 тис. дм³/добу на людину (5 тис. км³/рік), яка витрачається таким чином: 3-5% у комунальному господарстві, 15-17% в індустрії і 80% – у сільському господарстві.

За даними ООН до 2100 року населення Землі збільшиться до 20 млрд осіб, і потреба у воді зросте до 17 тис. км³/рік.

Якщо використовувати воду тільки в межах об'єму річкового стоку, то практично ресурси прісних вод будуть невичерпними, оскільки, завдяки кругообігу води на Землі,

вона постійно поповнюється. Однак, за досить великих запасів прісної води на Землі, вже тепер майже всюди в обжитих і заселених місцях земної кулі все більше відчувається її дефіцит.

По-перше, це пояснюється нерівномірним розподілом водних ресурсів по площі Землі. Джерелом прісних вод є атмосферні опади. У Туркменії, наприклад, випадає 100 мм/рік атмосферних опадів, і вони здебільшого випаровуються, а в Батумі за рік випадає 3000 мм, в Індії ж у підніжжі Гімаліїв у районі Черрапунджі й того більше – понад 23000 мм/рік.

Ще більш нерівномірно розміщені на суші водні ресурси річкового стоку. Найбільші і крупні річки знаходяться в малонаселених і необжитих районах земної кулі і марно скидають в океан величезну кількість прісної води (Амазонка – 3500 км³/рік, Конго – 1305, Ганг – 1200, Єнісей – 623, Лена – 508, Об – 396, Волга – 259, Дніпро – 52 км³/рік). У густонаселених же районах світу протікають не дуже крупні річки, і їх водні ресурси або вже розібрані на потреби водопостачання та іригації, або забруднені стічними водами.

По-друге, нестача прісної води пояснюється швидким зростанням населення світу і великою концентрацією його в деяких районах земної кулі, у крупних містах і міських агломераціях. За оцінкою демографів, на початку нашої ери населення світу обчислювалося 230 млн осіб і для його подвоєння знадобилося 1550 років. У XVIII ст. населення подвоювалося за 200 років, у XIX – за 100 і в наші дні – за 35 років.

Зрозуміло, зростання населення спричиняє відповідне збільшення споживання води. Але ще більшу витрату води викликає перехід все більшої частини населення до міського способу життя. Якщо в 1800 р. у містах проживало 2 %, у 1950 р. – 30 %, у 1978 р. – близько 40 %, то на сьогодні у містах живе близько 62 % всього населення.

Міський житель витрачає набагато більше води, ніж сільський. Якщо добове споживання води людиною в середні віки становило 12-25 л, то сучасному міському жителю на всі комунально-побутові нужди потрібно від 300 до 600 л і більше. До цієї цифри входить витрата води на нужди промисловості і міського господарства. А між тим, міста продовжують зростати, і темпи цього зростання все збільшуються. Дрібні міста, розростаючись, зливаються і утворюють величезні міські агломерації. Природно, що забезпечення водою таких величезних скупчень людей стає справою складною і дорогою, тобто все складніше знаходити додаткові водні ресурси.

У світі налічується понад 2600 великих міст, населення кожного з яких перевищувало 100 тис. жителів; на їх частку припало більше половини (51 %) міського населення. Вісім держав – США, Японія, Китай, Індія, Росія, Бразилія, Великобританія та Німеччина – зосередили майже 3/5 загальносвітової кількості великих міст. У КНДР чотири крупні агломерації займають близько 10 % території і концентрують 1/3 її населення та половину промислового виробництва.

Найвеличезнішою міською агломерацією у світі є Нью-Йоркська. Вона займає площу близько 23 тис. км² із населенням близько 20 млн осіб. У свою чергу Нью-Йоркська агломерація є важливою ланкою великої урбанізованої території, яка отримала назву "мегаполіс". Він простягнувся вздовж Атлантичного узбережжя 100-кілометровою смугою Бостон – Нью-Йорк – Філадельфія – Вашингтон. У цьому гігантському скупченні міст проживає майже 50 млн осіб.

"Державою міст" вважається Великобританія. 91 % населення держави є городяни. Найкрупнішою міською агломерацією держави і однією з найзначніших у світі є Лондонська. У ній зосереджено близько 13 млн осіб (кожний четвертий житель держави).

Державою мільйонних міст називають Японію. 6 міст (Токіо, Йокогама, Нагая, Кіото, Осака, Коба) утворюють мегаполіс Токайдо (жартома його називають Меганеполіс. "Мегане" японською мовою – "окуляри"; він складається з двох центрів тяжіння, з'єднаних 500-кілометровою дужкою). Простягнувся він на 6000 км і займає 5 % площі держави, і проживає тут 20 млн осіб.

По-третє, однією із причин нестачі води є зростаюча витрата її в сільському господарстві та промисловості.

Для населення світу, яке зростає, необхідно збільшувати виробництво продуктів харчування (у 2000 році на земній кулі всі луки і пасовища займали площу 2937,0 млн га; землі, які обробляються – 1467, 0 млн га).

На 1 га зрошувальних земель необхідно в середньому 2000 м³ води на рік, на вирощування 1 т пшениці потрібно 1800 м³ води, 1 рису – 5000 м³, 1 т хлопку – 7500 м³, а однієї тони м'яса – 20000 м³.

Розвиток енергетики і крупної промисловості, в особливості хімічної, пов'язаний також зі споживанням великої кількості води. *Наприклад, теплова електростанція потужністю 1 млн кВт із замкнутим оборотним водопостачанням потребує для компенсації витрат (випарування) 25 млн м³/рік води, на виготовлення 1 т чавуну або сталі необхідно 150-200 м³ води, 1 т паперу – 450-1000 м³, 1 т каучуку – 2100-2400 м³, 1 т хімічного волокна – 2000-5600 м³.*

В четвертих, найсерйозніша причина, яка пояснює нестачу води – це забруднення водних ресурсів стічними водами і отруйними промисловими відходами. Раніше річки самоочищувалися в процесі біологічного очищення, оскільки стічні води міст містили в собі продукти органічного походження. Тепер в них містяться синтетичні речовини, які не підлягають біологічному очищенню.

Промислові підприємства скидають у річки стічні води, які містять нафтопродукти, феноли, луки, кислоти та інші отруйні речовини. Наприклад, у річку Рейн, яка в буквальному розумінні перетворилася в європейську стічну каналу, кожний рік тільки Німеччина скидає 60 млн т розчинених у воді сполук. Вміст нафтопродуктів, металів та інших отрутохімікатів настільки значний, що в пониженнях Рейну вода уже небезпечна для здоров'я людей (дані на 1975 р.). На 1995 рік Рейн є однією з найчистіших річок Європи. Великим колектором стоків і відходів є головна річка США – Міссісіпі, повністю виродилося оз. Ері, забрудненість р. Потомак настільки висока, що будь-який контакт з нею несе погрозу здоров'ю.

Забруднення розповсюджується на моря та океани. Товстим нафтовим шаром покрита поверхня бухти в Батумі, в Токійській затоці майже все живе отруєне.

Велика кількість отруйних речовин потрапляє в підземні води, річки й озера в результаті обробки сільськогосподарських культур різними отрутохімікатами і хімічними добривами.

Дуже відома історія пестициду під складною назвою дихлордифенілтрихлорметилметан. Ця сполука з мудрою назвою відома всім і кожному під назвою ДДТ. Уперше цей найбільш популярний із всіх існуючих пестицидів був синтезований у 1874 р., але лише в 1937 р. швейцарець П. Мюллер відкрив його інсектицидні властивості, за що згодом і отримав Нобелівську премію.

Але не пройшло і чверті століття, як вживання ДДТ виявилось зупиненим у всіх державах світу. Відбулася всесвітня, без перебільшення, катастрофа. Але наслідки її прояснилися лише через два десятиліття.

Шведська академія зовсім не перебільшила заслуги Мюллера, ДДТ у боротьбі з паразитами не мав рівних. У перші роки здавалося, що збудникам висипного тифу, енцефаліту і малярії прийшов кінець. Застосування інсектициду врятувало життя десяткам мільйонів людей. Не менш ефективним виявився препарат і при охороні плантацій. Захистивши бавовну від довгоносика, ДДТ сприяв подвійному зростанню врожайності.

І все ж таки диво ледве не обернулося бідною. Знищивши шкідників, безбарвні, практично нерозчинні у воді кристали тільки нарощували свою нищівну діяльність. Різними шляхами вони проникли в річки, щоб продовжити свій шлях у морях. Віднесені вітром, вони білим пилом осіли на листя і пелюстки. За підрахунками вчених дві третини з 1,5 млн т ДДТ, які вироблені за чверть століття, безконтрольно пішли в біосферу. Нині ДДТ легко виявляється в кожній живій істоті, яка проживає у воді, на землі і в повітрі.

Особливо наглядно наслідки його непродуманого застосування для знищення шкідливих комах дали про себе знати на о. Калімантан. Після обробки території інсектицидом ящірки влаштували бенкет із мертвих метеликів, коників, мух і, звичайно, теж загинули як жертви отрути. На них накиннулися змії, кішки, щоб загинути у свою чергу. Проте для пацюків "операція ДДТ" обернулася істинним благоденством. Залишившись без своїх природних ворогів, вони розмножувалися в такій кількості, що не лише пожерли всі продовольчі запаси, але й призвели до вибуху епідемії серед людей.

Були й інші наслідки, не настільки, можливо, наглядні. Став непридатним для споживання лосось, який жив в озері Мічиган. Виявилися приреченими на вимирання через порушення кальцієвого обміну білошиїні орлани і соколи-сапсани. Яйця, які вони відклали після "вживання" ДДТ, стали настільки крихкими, що їх шкаралупа кришилася задовго до того, як проклюнуться пташеня. Не обійшло лихо і людей. За американськими даними, вміст ДДТ у материнському молоці в 1,5-2 рази перевищує допустимий рівень. Пестицид проник навіть в організм антарктичних пінгвінів, які, як відомо, живляться рибою.

На сьогодні близько 450 км³ стічних вод забруднюють за рік 5500 км³ ресурсів прісних вод. Для доведення до допустимих норм концентрації забруднюючих речовин необхідне семикратне їх розбавлення. Наприкінці ХХІ ст., якщо не будуть прийняті засоби з очистки води, об'єм стічних вод зросте до 6200 км³/рік, і щоб розбавити цю кількість не вистачить води ресурсів всіх річок земної кулі.

Питання для самоконтролю:

11. Яка найбільш поширена гіпотеза походження води на Землі?
12. Чим обумовлена роль води у геологічних процесах?
13. Як кількісно розподіляється вода по геосферах?
14. Як утворюється прісна вода на Землі і які її запаси?
15. Охарактеризуйте основні причини дефіциту прісної води на Землі.

ТЕМА 4. ГІДРОГЕОЛОГІЧНА СТРАТИФІКАЦІЯ

Лекція № 7. Гідрогеологічна стратифікація

(2 год.)

Поняття, що вивчаються: Вода як речовина, гідрогеологічна стратифікація

водоносний горизонт, водоносний комплекс, пошуки прісних підземних вод для забезпечення водопостачання великих міст та промислових підприємств.

Водне середовище, підземні води, основні властивості підземних вод. Пошуки прісних підземних вод для забезпечення водопостачання великих міст та промислових підприємств. Шляхи вирішення питання забезпечення питною водою Донбасу, м. Харкова та інших міст України. Великі водозабори і їх вплив на оточуюче середовище. Проблеми виснаження і забруднення водоносних горизонтів, зміна хімічного складу підземних вод.

Від поверхні землі до глибин з критичними температурами води (374-450° С) всі порожноти та пори гірських порід заповнені (насичені) вільною та зв'язаною водою.

З позиції акумуляції підземних вод, їх просочування через товщу порід, а також віддачі породами води при експлуатації, виділяються водоносні та водотривкі породи. *Водоносними* називаються такі породи, які містять у собі вільну (гравітаційну) воду, здатні пропускати її через свою товщу і досить легко віддавати під дією сили тяжіння. До таких порід належать: галечники, гравеліти, піски, тріщинуваті скельні породи осадового, метаморфічного та магматичного походження. До *водотривких* (водонепроникних) належать такі породи, які дуже слабо пропускають воду або зовсім нездатні пропускати і

віддавати її у природних умовах. Такими породами є глини, важкі суглинки, глинисті сланці, аргіліти, кам'яна сіль, мергелі, а також не тріщинуваті скельні породи.

Чергування по вертикалі в геологічному розрізі порід, різних за літологічними особливостями, дає можливість провести його розчленування на водоносні та водотривкі товщі (пласти, шари).

Гідрогеологічна стратифікація полягає в розчленуванні геологічного розрізу на товщі гірських порід або окремі зони, які розрізняються за характером та ступенем водоносності.

Принципи гідрогеологічної стратифікації – дискусивне питання. При державній гідрогеологічній зйомці гідрогеологічну стратифікацію прийнято було оснований на принципі, який був названий М.Є. Альтовським стратиграфо-гідрогеологічним.

Гідрогеологічне розчленування розрізу проводиться на основі аналізу літолого-фаціальних і петрографічних характеристик порід, які корелюються з їх колекторськими властивостями, з обов'язковим урахуванням даних із динаміки підземних вод та гідрохімії.

При цьому в розрізі при відповідних гідрогеологічних умовах виділяються: водоносні горизонти та комплекси, водоносні зони екзогенної та ендегенної тріщинуватості, спорадично чи локально обводнені; водопроникні, але безводні товщі; регіональні та місцеві водотриви.

Водоносними горизонтами називають відносно витриману по площі і в розрізі, насичену вільною гравітаційною водою одно- чи різновікову товщу гірських порід, яка являє в гідродинамічному відношенні єдине ціле. Водоносні горизонти обмежені зверху та знизу або тільки знизу (грунтовий водоносний горизонт) водотривкими пластами. Водоносний горизонт може бути представлений як одним, так і декількома шарами водонасичених порід, які розрізняються або схожі за геологічним віком, літологічними особливостями і фільтраційними властивостями.

За умовами залягання та режимом виділяють ґрунтові водоносні горизонти (а), міжпластові безнапірні (б) та артезіанські (в) (рис. 11.1). У безнапірних водоносних горизонтах внутрішньопластовий тиск не перевищує атмосферного, у напірних – перевищує і, завдяки цьому при розкритті пласта свердловиною чи колодязем, рівень води в них піднімається вище водотривкої покрівлі горизонту і навіть вище поверхні землі (фонтануючі свердловини).

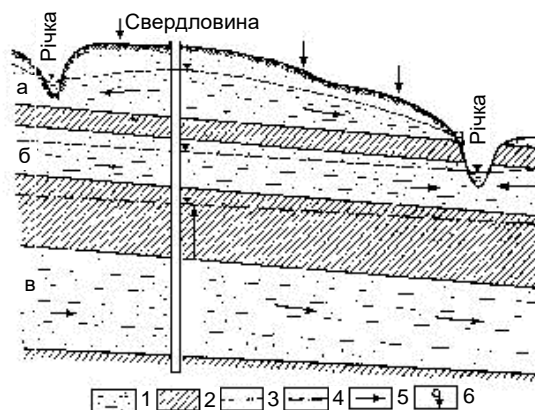


Рис. 1. Схема залягання водоносних горизонтів:

- 1 – водоносні горизонти (а – ґрунтові, б – міжпластові безнапірні і в – напірні);
- 2 – водотривкі пласти; 3 – рівень ґрунтових та безнапірних міжпластових вод;
- 4 – несиметричний рівень напірних вод (стрілкою позначений напір над покрівлею);
- 5 – напрямки руху підземних вод; 6 – джерело

Водоносний комплекс являє собою регіонально розповсюджену водоносну товщу порід, яка складається з декількох одно- чи різновікових шарів водонасичених порід, різнорідних за складом, які мають між собою гідравлічний зв'язок (рис. 11.2). Водоносний комплекс відділяється від інших водоносних комплексів чи горизонтів регіональними

водотривкими породами, які утруднюють їх гідравлічний зв'язок. До складу водоносного комплексу може входити декілька водоносних горизонтів різного ступеня витриманості, які мають подібні умови живлення, циркуляції та розвантаження підземних вод.

Гідрогеологічним підрозділам, які виділяються, присвоюють назви, які відображають геологічний вік із посиланням на їх генезис (осадові, метаморфічні, магматичні) та петрографічний склад. Наприклад, водоносний горизонт у відкладах сарматського ярусу (дрібно-середньозернисті піски).

Гідрогеологічні поверхи виділяються в межах великих тектонічних западин. Це сукупність водоносних комплексів і горизонтів, обмежених знизу або зверху та знизу потужними регіонально витриманими в межах гідрогеологічної системи (наприклад, артезіанського басейну) товщами водотривких порід. Гідрогеологічні поверхи визначаються найчастіше структурними поверхами і відрізняються один від одного *ступенем водообміну*, різними умовами формування та розповсюдження підземних вод. Потужність гідрогеологічних поверхів визначається переважно такими геологічними стратиграфічними підрозділами, як система, сукупність систем, або навіть група.

Водоносні зони екзогенної та ендегенної тріщинуватості виділяються іноді в масивах геологічних порід, що складені міцно зцементованими осадовими, метаморфічними та магматичними породами, які являють собою тріщинні та карстові колектори підземних вод. Виділити водоносні горизонти, або комплекси в таких умовах немає можливості. Такі масиви відрізняються нерівномірною тріщинуватістю порід, строкатістю літологічного складу як за площею, так і в розрізі. Відмітною особливістю водоносних зон є їх локальне розповсюдження і відсутність гідравлічного зв'язку між окремими водоносними зонами навіть в одній і тій самій тектонічній структурі. Кожна з водоносних зон характеризується своїми особливостями умов формування та розповсюдження підземних вод.

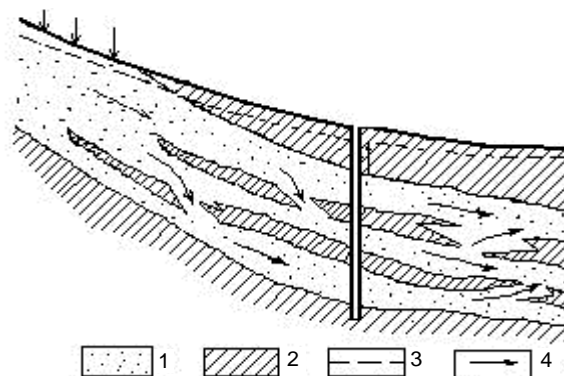


Рис. 11.2. Схема водоносного комплексу: 1 – водоносні пласти; 2 – водотривкі пласти; 3 – рівень підземних вод; 4 – напрямок руху підземних вод

Водотривкими товщами порід називають товщі водонепроникних або слабопроникних порід, які відокремлюють один від іншого водоносні горизонти, комплекси, гідрогеологічні поверхи. До таких порід належать: щільні не тріщинуваті магматичні та метаморфічні породи, щільно зцементовані осадові товщі, кам'яна сіль, гіпси, ангідрити, аргіліти, глинисті сланці, глини і багатолітньомерзлі породи.

Лекція № 8. Основні види та структура гідрогеологічних досліджень, загальні положення їх проведення. 2 год.

Поняття, що вивчаються: *гідрогеологічні дослідження, повнота досліджень, послідовне наближення рівномірність вивчення, польові дослідно-фільтраційні роботи, моделювання фільтрації підземних вод, гідрогеологічні зйомки і карти.*

Загальні положення гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень: 1) повнота досліджень; 2) послідовне наближення; 3) рівномірність вивчення; 4) найменших витрат часу, праці та матеріальних затрат.

Основні види та структура гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень: 1) збір та аналіз матеріалів попередніх досліджень; 2) рекогносцеровочні дослідження; 3) гідрогеологічні зйомки і карти; 4) бурові та гірничі роботи; 5) польові дослідно-фільтраційні роботи; 6) моделювання фільтрації підземних вод; 7) лабораторні дослідження; 8) режимні дослідження за коливанням рівня підземних вод.

Планування та ефективність гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень.

Навички, що отримуються: *вірно розуміти і використовувати в гідрогеологічних та інженерно-геологічних дослідженнях основні принципи досліджень, вірно планувати і ефективно виконувати різні види гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень.*

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 проектується.

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;

б) *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].