

Лекція №6. Гірські породи та вода.

6.1. РОЛЬ ВОДИ В ХАРАКТЕРІ СТРУКТУРНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Підземні води слугують джерелом механічного, хімічного і електрохімічного впливу на гірську породу; найяскравіше цей вплив проявляється в глинистих ґрунтах, де між частками виникають зв'язки особливого - водно-колоїдного типу.

Частки глинистих мінералів мають розмір 0,25- 2 мкм і менше. Вони несуть зазвичай від'ємний електричний заряд, під впливом якого на їх поверхні групуються вільні катіони (позитивно заряджені іони порових розчинів) і дипольні орієнтовані молекули води. Сили, що обумовлюють тяжіння такої водної (гідратом) оболонки, є за своєю суттю молекулярними; вони міцно утримують адсорбовану воду на поверхні часток ґрунту, причому рівноважна кількість цієї води залежить від мінералогічного складу і розміру часток, від хімічного складу зовнішніх навантажень на гірську породу оболонки гідратів внутрішньопорового розчину і від зовнішнього навантаження на скелет породи. Тому при збільшенні стають тонше, порода ущільнюється і збільшує свою міцність. Навпаки, при зниженні навантажень в умовах можливого підтікання води глинисті породи здатні інтенсивно поглинати її за рахунок зростання товщини оболонок гідратів; при цьому породи збільшують свій об'єм - набрякають, що веде до зменшення їх міцності.

Наявністю оболонок гідратів пояснюються також особливі ***тиксотропні властивості*** водонасичених пилуватих порід, розмір часток яких на порядок вище глинистих (супіски, легкі суглинки). Тут оболонки гідратів пов'язані з частками менш міцно, ніж в глинах, і можуть бути порівняно легко зруйновані, - в першу чергу під впливом динамічних навантажень (наприклад, при вібрації бурового снаряда). При цьому іони і молекули оболонок гідратів перейдуть у внутрішньопоровий розчин, тобто із зв'язаного стану у вільний. Частки ґрунту тимчасово втратять зв'язок між собою і міцність породи знижуватиметься. Після усунення динамічного навантаження міцність породи поступово відновлюється. Такі оборотні зміни властивостей порід називаються ***тиксотропними***.

За відсутності глинистих і пилюватих часток роль води в структурних зв'язках гірської породи зазвичай мала. Тому піски, наприклад, стискаються значно менше, ніж глини. Проте, це не виключає впливу води на міцність подібних порід - вона може проявляти себе як чисто механічний чинник сили взаємодії, що послаблює зв'язок між частками.

6.2. ВИДИ ВОДИ В ГІРСЬКИХ ПОРОДАХ

Вода в гірських породах може знаходитися в зв'язаному і вільному станах. Зв'язана вода найбільш поширена в глинистих ґрунтах і безпосередньо впливає на структуру гірських порід. Вологість гірської породи, що визначається максимальною кількістю зв'язаної води, називається **максимальною молекулярною вологоємністю**. У глинистих ґрунтах цей показник може вимірюватися десятками відсотків (від загальної маси породи), а в піщаних ґрунтах він зазвичай невеликий - близько декількох відсотків.

Вільна вода заповнює пори гірської породи, не зайняті зв'язаною водою; вона розділяється на гравітаційну і капілярну.

Гравітаційна вода має усі властивості краплинно-рідкої води. Зокрема, вона рухається під впливом сили тяжіння і створює гідростатичний тиск, величина якого на будь-якій глибині вимірюється п'єзометричною висотою, тобто перевищенням поверхні рівня води над цією точкою; при цьому поверхня рівня, де гідростатичний тиск відповідає атмосферному, визначається по відмітці, на якій встановлюється вода в уявній свердловині, пройдений в цю точку (свердловина обсаджена глухими трубами і приймає воду тільки своїм дном).

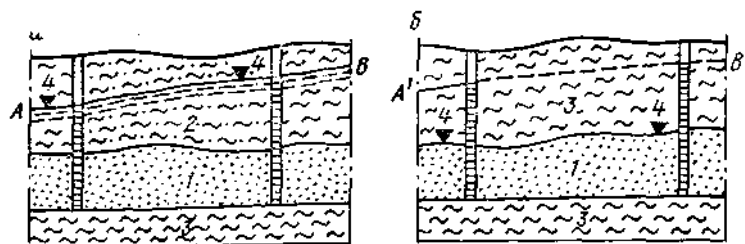


Рис. 6.1. Схеми розташування пластів : а - безнапірного; б- напірного; 1 - водоносний пісок; 2 - водоносний супісок; 3 - водотривка глина; 4 - відмітка, на якій з'являється вода при проходці свердловини
АВ - рівень ґрунтових вод; А'В' - рівень води у свердловинах

Нагадаємо, що якщо поверхня рівня лежить вище за покрівлю водоносного пласта, обмеженого згори водотривким шаром, то вона називається *п'єзометричною поверхнею (напірний пласт)*. Якщо ж рівень у свердловині, що розкрила воду, залишається на відмітці розрізу, то поверхня рівня називається депресивною (безнапірний пласт). На рис. 6.1 схематично представлені: безнапірний пласт характерної двошарової будови (знизу - шар пісків, згори - шар менш проникних супісків) і напірний пласт пісків, обмежений згори і знизу водотривкими глинами.

Максимальна кількість зв'язаної і гравітаційної води, яка може вмістити гірська порода, виражена у відсотках від ваги породи, називають *повною вологоємністю породи*; у об'ємному вираженні ця величина близька до пористості.

Нижче за рівень ґрунтових вод (тобто рівня першого від денної поверхні водоносного горизонту) гірські породи знаходяться в стані повної вологоємності і гідростатичний тиск тут більше атмосферного. Вище за цей рівень гравітаційна вода відсутня і вільна вода знаходиться в капілярному стані. Безпосередньо над рівнем ґрунтових вод розташовується "капілярна облямівка", де вода в порових каналах поводить себе аналогічно воді в тонких капілярах, пов'язаних з водним резервуаром; тут вологість породи близька до повної вологоємності. Вище, в зоні аерації, в породі з'являється третя фаза (повітря) і капілярна вода займає тільки крайові ділянки пор; вологість тут вже помітно менше повної вологоємності.

Капілярна вода, що піднімається над рівнем ґрунтових вод (на десятки сантиметрів в пісках і до декількох метрів в глинах), характеризується гідростатичним тиском, меншим атмосферного, і сприяє деякому збільшенню зв'язності порід. Проте зв'язність ця дуже нестійка: при скупченні на земній поверхні води, що проникає в гірську породу і з'єднується з капілярною водою, остання може легко переходити в гравітаційний стан.

Для загального уявлення про співвідношення кількості води різних видів в гірських породах помітимо, що пісок містить в основному гравітаційну воду, а в глині і суглинках її дуже мало або зовсім немає. Тим часом вид води, що міститься в гірській породі, визначає можливість і доцільність її дренажу, а також і спосіб дренажу. Так, шляхом природного стоку до дренажних

виробок може бути частково дренажена тільки вільна вода. При цьому важливо помітити, що в глинистих породах, а частково - і в породах деяких твердих порід (наприклад, вапняків) велика частка наявної вільної води знаходиться в так званому "імобілізованому" стані і може бути частково віджатий з породи лише під додатковим навантаженням; остання може бути вилучена, наприклад, додатковим тиском вище розміщеної товщі, що виникає при зниженні рівня водоносного горизонту в шарах водоносних порід, що перемежуються з глинистими шарами.

Об'єми води, що віддаються гірською породою при зниженні депресивної або п'єзометричної поверхні, характеризують її властивості місткості. При цьому вода може або вільно стікати (проявляється гравітаційна місткість), або бути віджатою при прикладенні до породи додаткового навантаження (проявляється пружна місткість).

6.3. ЗАВДАННЯ ДРЕНАЖУ І ЙОГО ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ГІРНИЧИХ РОБІТ

Дренаж кар'єрів здійснюється для забезпечення нормальних умов роботи працівників і гірничого устаткування, зменшення вологості корисної копалини, забезпечення стійкості бортів, відкосів уступів і відвалів.

Добре відомо, що дренажні заходи на багатьох кар'єрах істотно покращують умови роботи гірничотранспортного устаткування. Так, дренаж усуває або обмежує обводнення екскаваторних вибоїв і фільтраційні деформації відпрацьованих уступів, допомагає боротися з утворенням зсувів на відкосах, з обводненням вибухових свердловин. В той же час глибинний дренаж не може розглядатися як ефективний засіб боротьби з такими явищами, як промерзання піщано-глинистих порід уступів, налипання і примерзання екскавуваних і порід, що транспортуються, розрідження глинистих порід під дією динамічних навантажень від устаткування. В цьому відношенні деякий ефект може бути досягнутий лише шляхом організації внутрішньокар'єрного стоку.

Природньо, що вимоги до дренажу і його можливості істотно залежать від прийнятої схеми відпрацювання родовища. Так, за відсутності внутрішніх відвалів можна найширше використовувати відкритий дренаж порід в кар'єрі,

а також застосовувати розосереджені дренажні пристрої, що проводяться з кар'єру. Навпаки, внутрішнє відвалоутворення значно обмежує використання дренажу, особливо при роботі багатоковшових екскаваторів з транспортно-відвальними мостами і з консольними відвалоутворювачами, а також при роботі з підробкою обводнених видобувних уступів або розкривних. Більше того, при одній і тій же схемі гірничих робіт вимоги до дренажу залежать від застосовуваного гірничого устаткування оскільки деформації водоносних порід у відкосах уступів неідентично впливають на роботу екскаваторів різних типів. Наприклад, при розробці водоносних пісків мехлопатами необхідним є набагато інтенсивніший дренаж, ніж при відпрацюванні драглайнами.

При роботі засобів гідромеханізації підземні води є сприяючим чинником. Основне завдання дренажу в цих умовах зводиться до обмеження деформацій відкосів в таких межах, щоб ними не були захоплені вищерозміщені уступи, - неробочі або відпрацьовувані екскаваторами. Крім того, система відведення технічних вод має бути організована таким чином щоб не допустити додаткового зволоження тих порід, які призначаються для екскаваторного відпрацювання. У зв'язку з цим, вимоги до дренажу порід, що відпрацьовуються засобами гідромеханізації, менш жорсткі, ніж при роботі екскаваторів. Застосування гідромеханізації дозволяє різко зменшити об'єми дренажних робіт і широко використовувати відкритий дренаж порід безпосередньо кар'єром.

Роль дренажу і водовідведення в підвищенні якості корисної копалини зводиться до часткового видалення вологи з корисної копалини або до запобігання додатковому його зволоженню. Наприклад, на деяких вугільних кар'єрах зниження вологості вугілля за допомогою дренажу на декілька відсотків дозволило скоротити витрати на брикетування вугілля на 20-30%. Проте у випадках, коли гравітаційна вода в корисній копалині взагалі відсутня, звичайні способи дренажу виявляються з цієї точки зору абсолютно неефективними. Так, на Лебединському кар'єрі КМ-А, незважаючи на наявність потужної системи дренажу, вологість рихлих глиноподібних різниць залізняку залишається практично незмінною. Так само для запобігання додатковому зволоженню, пов'язаному з набряканням корисної копалини, основний ефект дає правильна організація внутрішньокар'єрного стоку, а не власне дренажні заходи.

Разом зі зниженням вологості корисної копалини, дренаж вміщуючих порід може сприяти усуненню розубожіння корисної копалини і зниженню його втрат - якщо за умовами відпрацювання видобувного вибою можуть замулюватися в результаті опливання покриваючих порід.

Зупинимося тепер на положенні дренажу в загальному гірничо технологічному циклі. У деяких проектах вибір способу розкриття і систем розробки родовища здійснюється без достатнього врахування гідрогеологічної обстановки: дренаж прив'язується до деяких заздалегідь вибраних схем гірничих робіт. В результаті системи дренажу родовищ із складними гідрогеологічними умовами нерідко виявляються не виправдано громіздкими, а часом дренаж взагалі не може забезпечити нормальні умови роботи кар'єру при вибраному способі ведення гірничих робіт.

Тому при проектуванні кар'єрів в складних гідрогеологічних умовах необхідно ретельно пов'язувати гірничу і дренажні частини проекту, бо тільки при такому підході можна максимально врахувати гідрогеологічні умови родовища і намітити тим самим оптимальну генеральну проектну схему. Цей висновок стосується буквально усіх основних моментів гірничої частини проекту, таких як вибір ділянки першочергового розкриття, вибір принципової схеми розкриття і системи розробки, вибір типу устаткування і так далі. Тому техніко-економічний розгляд варіантів систем відпрацювання для родовищ із складними гідрогеологічними умовами повинен обов'язково включати і можливі варіанти систем дренажу родовища.

Як приклад розглянемо деякі моменти, пов'язані з розкриттям родовища. Передусім, ділянка першочергового розкриття повинна вибиратися на основі попереднього гідрогеологічного і інженерно-геологічного районування.

Можна навести багато прикладів невдалого розташування розрізних траншей, яке призводило до помітних ускладнень в процесі розкривних робіт - внаслідок обводнюючої дії, інтенсивних фільтраційних деформацій або зсувних явищ. Тим часом у багатьох випадках лише за рахунок правильного вибору ділянки першочергового розкриття можна добитися значного полегшення у вирішенні проблеми осушення родовища.

Проте в деяких випадках доцільно піти на явне погіршення умов розкриття родовища, щоб надалі можна було забезпечити сприятливіші умови експлуатації.

Наприклад, якщо поблизу контура кар'єру є річка, то слід розглянути варіант розкриття родовища на його граничній ділянці, прилеглій до річки (можливо із залученням засобів гідромеханізації), з наступним швидким оформленням неробочого борту і засобів прибортового дренажу. У такому разі на робочому борту будуть створені найбільш сприятливі умови для роботи гірничотранспортного устаткування на увесь період експлуатації кар'єру.

При неглибокому (до 30-40 м) заляганні водоносного горизонту нерідко доцільно першу розкривну заходку проходити, як оконтурюючу дренажну траншею в межах об'єму будівельного розкриття, що значно покращує умови виконання робіт при наступних заходках і дозволяє організувати стаціонарний водовідлив на увесь період будівництва.

Проходка піонерних траншей залежно від кліматичних умов може бути приурочена або до літнього періоду року (у районах з суворими кліматичними умовами) або до зимово-весняного періоду (у районах з різко вираженими зливовими приливами, які перевищують нормальний прилив в десятки разів). У останньому випадку піонерні траншеї розглядаються як тимчасовий водозбірник, об'єм якого дозволяє розмістити максимальний прилив.

На закінчення відмітимо, що при проектуванні дренажних заходів в районах з напруженим водогосподарським балансом потрібна їх всебічна ув'язка з водопостачанням гірничого підприємства, а також і прилеглій до кар'єру території.

6.4. ЗНАЧЕННЯ ДРЕНАЖУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ УКОСІВ

З точки зору поліпшення стійкості бортів в цілому, основне значення дренажу зводиться до зменшення гідростатичних і гідродинамічних сил : дренаж буде досить ефективним, якщо він викликає помітне зниження тисків в межах "призми можливого зсуву".

Передусім, тут слід згадати кар'єри, в бортах або в підшві яких залягають напірні водоносні комплекси, відокремлені від виробок водотривким

екраном. У інших випадках вплив гідростатичних і гідродинамічних сил на загальну стійкість борту невеликий, оскільки зменшення цих сил за допомогою дренажних робіт позбавлене сенсу з техніко-економічної точки зору.

Розглянемо значення дренажу для забезпечення стійкості уступів.

Для неробочих уступів, складених піщано-глинистими породами, первинне значення має організація внутрішньокар'єрного стоку води.

Усунення скупчень води на майданчиках уступів зменшує гідродинамічні і гідростатичні сили, обмежує розмокання і поверхневий розмив відкосів, а також набрякання порід. Самі ж породи, що набрякають, зазвичай настільки слабо віддають воду, що практично їх можна вважати недренованими. Правда, з набряканням можна було б боротися, дренуючи водоносні породи, що контактують з глинами, проте найчастіше їх повне осушення неможливе і що залишилося у водоносному шарі, кількість води, навіть нікчемна з точки зору водоприпливів, виявляється достатньою для того, щоб набрякання глин, що пролягають нижче, проявилось повною мірою.

Відмітимо, що набрякання піщаних глин, в яких напруга ефективного набрякання не перевершує 50-100 КПа, можна обмежити шляхом привантаження відкосу шаром крупнозернистого матеріалу, потужність якого забезпечила б велику напругу в глинах.

Для забезпечення стійкості уступів в піщаних породах, разом з дренажем водоносних горизонтів, приурочених до цих порід, і організацією внутрішньокар'єрного стоку, (ці заходи сприяють обмеженню або усуненню фільтраційних деформацій і ерозійного розмиву поверхні укосів уступів), можна з успіхом використовувати привантаження частини відкосу, що фільтрує, крупнозернистим матеріалом дренажна призма).

Особливі вимоги пред'являються до уступів соляних порід. В цьому випадку потрібне повне перехоплення підземних вод на видаленні від відкосу і ефективне відведення атмосферних вод з майданчиків уступів.

Для забезпечення стійкості відвалів рівень води в породах основи (поблизу відкосу) має бути нижче за підоснову відвала на величину, що перевищує висоту капілярного підняття для цих порід (0,5-1м).

Необхідно, по можливості, проводити також заходи щодо обмеження надходження атмосферних вод в породи відвала що особливо важливе для відвалів з пиловатих порід, схильних до раптових зсувів-опливин. Невисоких відвалах, складених глинистими породами, в яких розвивається надлишковий поровий тиск, може виникнути необхідність в проведенні спеціальних заходів, спрямованих на збільшення швидкості його розсіювання (наприклад періодичне відсипання шарів піску).

На гідровідвалах необхідно проводити дренаж відкосу греблі для обмеження його фільтраційних деформацій. На закінчення відмітимо, що в практиці відкритих гірничих робіт нерідкі випадок, коли деформації відкосів необґрунтовано приписуються дії підземних вод, що призводить до відкачування великих об'ємів води без якого-небудь відчутного ефекту. У цьому сенсі необхідно розрізняти природні і гірничотехнічні умови, при яких може бути досягнутий ефективний дренаж.

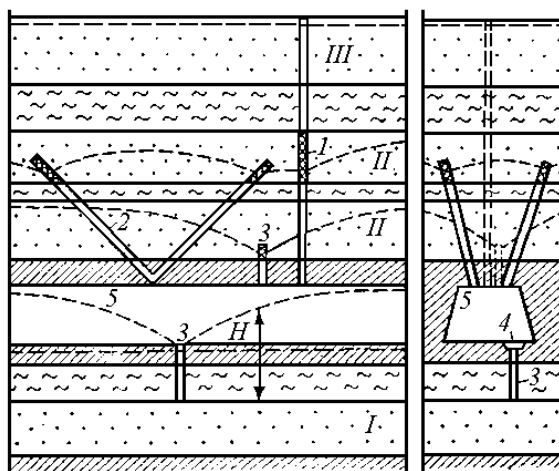
Слід особливо підкреслити доцільність для багатьох родовищ розгляду відкритого дренажу порід (самим кар'єром) як один з можливих раціональних варіантів осушення. Крім того, нерідко для вирішення поставлених завдань виявляється доцільною заміна глибинного дренажу іншими заходами : зміна порядку відробітку уступів, зменшення кута нахилу борту кар'єру, привантаження укусу матеріалом, що фільтрує, і так далі

6.5. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ОСУШЕННЯ

Для дренажу кар'єрів нині найширше застосовуються: водознижуючі свердловини, обладнані глибинними насосами; підземні системи - дренажні штреки з фільтрами колодязями; дренажні зумпфи, траншеї, канави і інші засоби відкритого, дренажу.

Перевагами систем водознижуючих свердловин є те, що вони не вимагають великих капітальних витрат; споруда відрізняється технічною простотою, свердловини вводяться в дію за короткий строк, система дозволяє гнучко враховувати зміну умов дренажу родовища.

В той же час системи водознижуючих свердловин мають великі резерви з точки зору зниження витрат на їх експлуатацію при впровадженні надійніших насосів і їх автоматичному регулюванні, поліпшенні конструкцій фільтрів, використанні свердловин великого діаметру і багатовибійних свердловин (для тріщинуватих порід).



осні пласти; 1 - наскрізний фільтр; 2 - с

Перевагами підземних систем дренажу є: висока міра централізації водовідливу (відкачування води ведеться єдиною насосною станцією із загального дренажного ствола), можливість використання як в добре проникних, так і в порівняно, слабопроникних породах, відносно низькі витрати на експлуатацію.

Проте підземні системи дренажу мають ряд істотних недоліків, що різко знижують їх ефективність: улаштування підземної системи дренажу вимагає великих капітальних витрат; система недостатньо гнучка і мобільна; проходка дренажних штретів в складних гідрогеологічних умовах зв'язана з великими технічними труднощами і вимагає попереднього зниження тисків, для чого проводиться велике число спеціальних водознижуючих свердловин; прорив води нерідко призводить до виходу з ладу, системи дренажу на тривалі терміни; час створення дренажу вимірюється декількома роками, так що він рідко вступає в роботу вчасно.

Разом з водознижуючими свердловинами і підземними системами, в сприятливих умовах для глибинного дренажу застосовують самовиливні свердловини пройдені з кар'єру для зменшення високих тисків в підшві кар'єру і в прибортовій зоні; поглинаючі свердловини, що перепускають воду з верхніх горизонтів на нижні, - при водообільності дренажного горизонту помітно меншою, ніж у поглинаючого, пласта; голкофільтрові установки, які є комплектом коротких фільтрів (зазвичай по 20-40 штук), підключених через 2-4 м до загального вакуумного насоса і що ведуть відкачування води з глибин не більше 5-6 м. На кар'єрах вони використовуються зазвичай як тимчасовий локальний засіб дренажу; переваги легких голкофільтрів полягають в їх високій мобільності, простоті і швидкості установки, проте вони дорогі в експлуатації і важко ув'язуються з роботою розкривного устаткування.

Усі згадані засоби відносяться до засобів *глибинного дренажу*. На відміну від них *засоби відкритого дренажу* приймають воду безпосередньо своїми відкосами і дном.

Відкритий дренаж (водовідлив) із зумпфа з траншей в кар'єрі є широко використовуваним методом дренажу. Ці дренажні пристрої застосовуються при таких водопритоках, які не викликають їх помітних деформацій, що вимагають багатократної зачистки. Для запобігання фільтраційних

деформацій, на не робочих відкосах замість відкритого дренажу використовують прибортовий - призму з крупнозернистого фільтруючого матеріалу, приурочену до дренажної канави.

Разом з перерахованими, засобами дренажу, останнім часом успішно використовуються їх нові типи, серед яких можна відмітити горизонтальні свердловини і водонепроникні завіси (баражування).

Горизонтальні самопливні свердловини, пройдені з кар'єру по водоносних породах, є виключно перспективним засобом дренажу кар'єрів. Нечисленний досвід їх експлуатації свідчить про дуже високу техніко-економічну ефективність цього виду дренажних пристроїв як в рихлих піщаних, так і в тріщинуватих породах.

Водонепроникні завіси (глинисті і цементації), використовувані для зменшення водоприпливів до відкритих виробок або для повної ізоляції кар'єрного поля, нині використовуються рідко, для невеликих (до 15-20 м) глибин. Водонепроникні завіси ефективно використовуються в тих випадках, коли звичайні методи осушення призводять до регіонального виснаження водоносних пластів і до порушення нормальних умов водопостачання прилеглого району.

На закінчення відмітимо, що при проектуванні дренажів кар'єрів часто копіюються, без достатніх на те підстав, методи, використовувані при осушенні підземних гірських виробок. Тим часом кар'єри мають в цьому плані свої *особливості*:

гідродинамічні сили поблизу відкосів, як правило, у багато разів менше, ніж поблизу ділянок підземних фільтруючих виробок, тому пливунні явища в пісках на кар'єрах зазвичай не мають широкого поширення;

відкрита розробка родовищ часто дозволяє широко використовувати водоприймач до виробок (кар'єр, розрізну траншею) без істотних ускладнень для виконання робіт;

при підземному способі розробки є розгалужена мережа підготовчих виробок, які можуть одночасно використовуватися для осушення; при відкритій же розробці витрати на підземні дренажні виробки накладаються у вигляді додаткових витрат на собівартість корисної копалини, іноді підвищуючи її на 10-15% і більш.