



В.П. НАГОРНИЙ
В.М. ГЛОБА

ГІРНИЧА СПРАВА

ДОРОГА
ЗАВДОВЖКИ
У ТИСЯЧОЛІТТЯ

наука для всіх наука для всіх наука для всіх наука для всіх



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГЕОФІЗИКИ ім. С.І. СУББОТІНА

В.П. НАГОРНИЙ
В.М. ГЛОБА

ГРНИЧА СПРАВА
ДОРОГА
ЗАВДОВЖКИ
У ТИСЯЧОЛІТТЯ

За редакцією
доктора технічних наук,
професора В.П. НАГОРНОГО

КИЇВ
АКАДЕМПЕРІОДИКА
2014

УДК 622.271.4:553

ББК 33

Н 16

Рецензенти

Г.Г. ПІВНЯК,

академік НАН України, доктор технічних наук, професор

В.П. КОБОЛЕВ,

доктор геологічних наук, професор

*Рекомендовано до друку Робочою секцією геодинаміки вибуху
вченої ради Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України
(протокол від 12.02.2013 № 2)*

***Видання здійснене за державним замовленням
на підготовку та випуск видавничої продукції***

Нагорний В.П.

Н 16

Гірничя справа. Дорога завдовжки у тисячоліття /
В.П. Нагорний, В.М. Глоба; за ред. В.П. Нагорного; НАН
України, Ін-т геофізики ім. С.І. Субботіна. — К.: Академ-
періодика, 2014. — 324 с.: іл. 165, табл. 18, бібл. 152.

ISBN 978-966-360-259-2

Викладено питання будови і структури Землі. Описано корисні
копалини та їх використання. Наведено відомості про історію і основи
гірничої справи, способи проведення гірничих виробок, видобування
твердих корисних копалин, технології проведення вибухових робіт, видо-
буток нафти і газу. Розглянуто питання розвитку гірничої науки і гірничої
освіти, охорони навколишнього середовища під час проведення гір-
ничих робіт. Відображено гірницьку тематику у живописі та мистецтві.
Подано огляд основних напрямів розвитку гірничої справи в ХХІ ст.

Для масового читача, насамперед молоді, яка обирає професію
гірничого профілю.

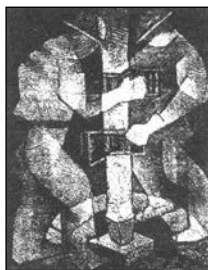
УДК 622.271.4:553

ББК 33

ISBN 978-966-360-259-2

© Нагорний В.П., Глоба В.М., 2014

© Академперіодика, оформлення, 2014



ПЕРЕДМОВА

Дорогий читачу!

Ви тримаєте книгу, яка присвячена одній із найдавніших, складних і так потрібних професій — гірничій. Гірнича справа зародилася в далекі часи, що вимірюються тисячоліттями. Все, що людство добуває з надр Землі, переробляє і використовує на благо суспільства, прямо пов'язане з гірництвом.

Людина, вийшовши з печери у пошуках засобів існування, знайшла оленячі роги, камінь, почала добувати корисні копалини. У наш час горить світло, є тепло у приміщеннях, рухаються машини, тепловози і електровози, ходять пароплави, літають літаки, ракети, космічні кораблі, люди будують будинки та промислові об'єкти, з дорогоцінних металів і каміння виготовляють прикраси. Все це пов'язане з корисними копалинами — їх видобутком, тобто з гірництвом.

Книгу побудовано так, щоб читач міг здобути знання про основні аспекти гірничої справи: корисні копалини, технології їх видобутку, гірничу науку, гірничу освіту тощо.

Оскільки гірнича справа спирається на геологічні знання, у першому розділі

розглянуто будову планети Земля, її властивості, процеси, що відбуваються в глибинах, під дією яких формуються гірські породи і корисні копалини.

Другий розділ присвячений надрам Землі — кладовим природи. Читач багато чого дізнається про корисні копалини. Розглянуто металеві (рудні), неметалеві (нерудні) та природні енергетичні корисні копалини. Наведено їх властивості, обсяги запасів і видобутку, розміщення на земній поверхні, застосування в промисловості, енергетиці, транспорті й побуті.

У третьому розділі висвітлена історія гірничої справи, починаючи з її зародження у давній час з виникненням людського суспільства, в тісному зв'язку з його соціально-економічною структурою на базі вдосконалення знарядь виробництва.

Епоха появи гірничих знарядь склала найтриваліший етап розвитку гірничої справи. Поряд з кам'яними сокирами прадавнього періоду в XII—VI тис. до нашої ери (н. е.) використовували рогові кайла, в V—IV — мідні та бронзові знаряддя праці. З початку I тис. до н. е. з'являються залізні кирки і кайла. В античний час в шахтах і каменоломнях як гірничі знаряддя застосовували прості механізми, будували перші гірничі машини. В XIX ст. н. е. їх удосконалювали і забезпечили автономним приводом. Науково-технічна революція XX ст. відкрила дорогу впровадженню в гірничій справі машин-автоматів і автоматизованих систем.

З розвитком гірничої справи зростала кількість використовуваних корисних копалин: у кам'яному віці добували нерудну мінеральну сировину, в IX—VIII ст. до н. е. — руди кольорових металів (мідь, золото, олово), в античний час і середні віки — горючі корисні копалини (нафта, вугілля), в XX ст. — радіоактивні руди.

За історичний час у світі було видобуто 140 млрд т вугілля, понад 50 млрд т нафти. Продукція гірничого вироб-

ництва стала незамінним сировинним ресурсом промисловості, транспорту і сільського господарства.

У четвертому розділі йдеться про основні поняття в гірничій справі. Читач дізнається про гірничу промисловість і її структуру, гірничі виробки та методи їх будівництва, способи розробки корисних копалин.

П'ятий розділ присвячений видобутку корисних копалин. Викладено питання фізико-механічних властивостей гірських порід, що визначають їх руйнування під час видобутку. Наведено відомості про вибух як помічника гірників у процесі видобутку корисних копалин, висвітлено питання історії вибухової справи, технології проведення вибухових робіт, а також видобутку твердих корисних копалин відкритим і шахтним способами, вуглеводнів — свердловинним методом. Розглянуто підводну і гідромеханізовану технології.

Розробку нафтових і газових родовищ розглянуто у шостому розділі. Описано фізичні властивості нафти (пластових флюїдів), етапи розвитку нафтогазової галузі, технології буріння свердловин, методи видобутку нафти і газу на суші і морському шельфі.

Сьомий розділ присвячений гірничій науці. Викладено етапи її становлення, досягнення і розвиток, роль у розв'язанні проблем розширення мінерально-сировинної бази для потреб різних галузей промисловості. Висвітлено роль учених у гірничій справі.

Описано розвиток гірничої освіти, систему підготовки фахівців для гірничорудної, вугільної і нафтогазової промисловостей. Наведено відомості про гірничу тематику в культурі: мистецтві, живописі, архітектурі, дизайні.

У восьмому розділі приділено увагу питанням охорони навколишнього середовища. Розглянуто причини і наслідки згубного впливу гірничого виробництва на довкілля, методи охорони останнього під час видобутку твердих корисних копалин, нафти і газу.

Дев'ятий розділ присвячений основним напрямам розвитку гірничої справи у ХХІ ст.

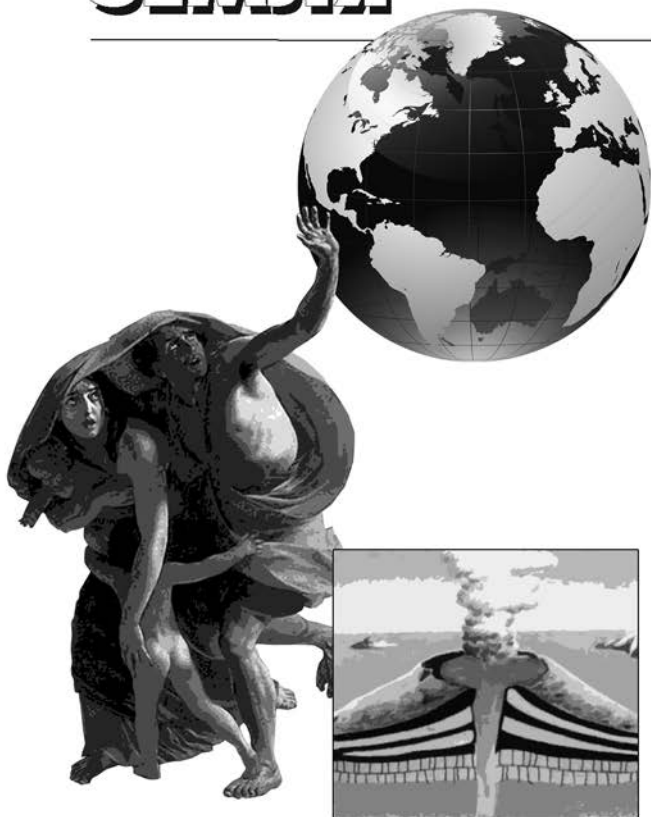
Автори не ставили за мету викласти всі питання гірничої справи, оскільки сама тематика величезна за обсягом і складна, але прагнули показати ланцюжок гірничої технології, етапи її розвитку, будучи упевненими що гірнича справа — це мистецтво.

При написанні книги використано доступні літературні джерела інформації.

Автори висловлюють вдячність Я.О. Юшичиній за підготовку комп'ютерного набору рукопису книги.

РОЗДІЛ
1

ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ





Починаючи розповідь про Землю, її будову і надра, нагадаємо читачеві, коли виникло слово «земля».

Спочатку слов'янське слово «земля» означало низ, підніжжя, потім його застосовували для позначення власне ґрунту. Подібні процеси відбувалися і в інших мовах. Наприклад, англійське слово «earth» — земля, ґрунт, але «Earth» — планета. Згодом словом «земля» у багатьох мовах позначали земельні ділянки, земельні володіння, княжу вотчину.

З розвитком феодальних відношень поняття «земля» закріпилося за країнами, графствами і взагалі великими територіями. Саме тому це поняття виявилось зручним для перекладу з латинського слова «terra» (планета Земля), оскільки спочатку його використовували лише у розумінні «суша, піднебесний світ».

Термін «terra» уперше введений у 1543 р. польським астрономом Миколою Коперником. Тоді М. Коперник видав книгу, в якій розвивав геоцентричну систему. Вчений довів, що Земля є планетою. Фактично це було відкриття Землі як космічного тіла.

Земля — місце існування людини, що охоплює її надра, поверхню, ландшафт, тваринний і рослинний світи та повітряну оболонку земної кулі. На ній ми живемо, вона нас годує, і з неї видобуваємо всі необхідні природні багатства.

1.1. Будова Землі

Земля — третя планета за відстанню від Сонця після Меркурія і Венери. Вона рухається по орбіті довкола Сонця і обертається навколо власної осі.

Вік Землі вираховувало багато вчених за швидкістю розпаду радіоактивних елементів. Першу спробу встановити вік Землі зробив англійський фізик Е. Резерфорд у 1910 р., оцінивши вік обстеженої уранової руди в 700 млн років. Вік планети тоді геологи оцінювали в 100—200 млн років.

У 1989 р. на берегах Великого Невільничого озера в Канаді були знайдені прадавні гірські породи Землі, що виникли 3,96 млрд років тому, а вік метеоритів був визначений порядку 4,0—4,6 млрд років. Як вважають вчені, найімовірніше Земля та інші планети виникли 4,5 млрд років тому.

Як утворилася наша планета Земля? Згідно із сучасними міркуваннями, Земля як космічне тіло сформувалася з газопилових скупчень, шматків і уламків, що оберталися довкола молодого Сонця (рис. 1.1). Вона розросталася, захоплюючи речовину, що знаходилась навколо неї, доки не досягла нинішнього розміру.

Спочатку процес розростання відбувався дуже бурхливо. Безперервний дощ падаючих тіл приводив до її значного нагрівання. Енергія падаючих тіл вивільнялася в глибині планети. Під дією внутрішніх і зовнішніх джерел енергії та гравітаційного стискання речовина розшарувалася на окремі оболонки. Легші речовини, багаті на кремній, відокремилися від щільніших, що містять залізо і нікель, і утворили першу земну кору.



Рис. 1.1. Так утворилась планета Земля

Приблизно через 1 млрд років, коли Земля істотно охолола, земна кора затверділа, перетворившись на міцну зовнішню оболонку планети. Остигаючи, вона викидала зі свого ядра безліч різних газів. Легкі гази, такі як водень, гелій та інші, випаровувалися в космічний простір, а важчі, під дією сили тяжіння Землі, утримувалися біля її поверхні і склали основу земної атмосфери. Частина водяної пари з атмосфери конденсувалась, і на Землі утворились океани.

Земля — не найменша планета серед планет Сонячної системи. Діаметр Землі — 12 756,3 км, відстань від Сонця — 149,6 млн км. Тиск у центрі Землі 3 млн атм (1 атм — $1,013\,25 \times 10^5$ Па), а густина речовини — 12 500 кг/м³. Маса планети $6 \cdot 10^{24}$ кг. З надр Землі постійно виділяється тепловий потік. Глибоке буріння показало, що температура з глибиною збільшується на 20 °С на кожен кілометр. Установлено також, що температура в центрі ядра Землі сягає 6000 градусів.

Отже, процеси, що відбуваються в надрах Землі, привели до утворення земних оболонок. Різні за складом, станом і властивостями оболонки земної кулі називають геосферами.

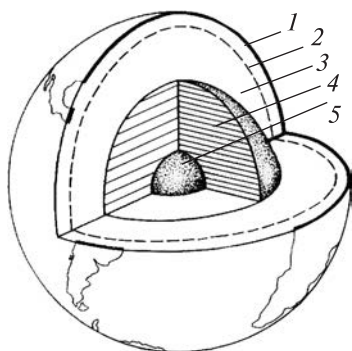


Рис. 1.2. Будова Землі: 1 — земна кора; 2 — верхня мантія; 3 — нижня мантія; 4 — зовнішнє ядро; 5 — внутрішнє ядро

Геофізичними дослідженнями в надрах Землі виявлено декілька концентричних шарів: земна кора, верхня і нижня мантія, зовнішнє і внутрішнє ядро (рис. 1.2, табл. 1.1).

Верхню частину мантії (субстрат) і земну кору називають літосферою. Кора — зовнішня оболонка Землі, найтонша з усіх внутрішніх оболонок. Виділяють континентальну і океанічну кору.

Від мантії земну кору відокремлює глибина до 1000 км. На мантію припадає 67 % загальної маси планети. Мантія простягається до глибини 2900 км і розігріта до температури 4500 К. Учені вважають, що речовина мантії перебуває у безперервному русі і у відносно глибоких її шарах. Із зростанням температури і тиску відбувається перехід речовини в щільніші модифікації.

В нижній мантії на глибині 2900 км зафіксовано різку зміну (стрибок) густини, що вказує на змінення складу речовини. Нижня мантія — це зовнішня межа ядра Землі.

Земне ядро було відкрито в 1936 р. Його поділяють на зовнішнє ядро — рідке, і внутрішнє — тверде. Діаметр ядра 3400 км. За сучасними даними, зовнішнє ядро — це потоки розплавленого заліза і нікелю, що обертаються і мають добру електропровідність. Саме із зовнішнім ядром учені пов'язують походження земного магнітного поля. Внутрішнє тверде ядро не пов'язане з мантією. Вважають, що його твердий стан, попри високу температуру, забезпечується гігантським тиском у центрі Землі. Підраховано, що в земному ядрі тиск може досягати 0,3 ТПа. За такого тиску багато

речовин переходять у металічний стан. Густина речовини внутрішнього ядра перевищує удвічі густину сталі, температура становить 4000—5000 К.

Сучасні наука і техніка дають уявлення про процеси, що відбуваються в надрах Землі. Сейсмічне профілювання великих глибин Землі за допомогою поширення відбитих сейсмічних хвиль дало можливість досліджувати кору і мантію Землі на континентах і в океанах. Багато фахівців вважає, що крім потужних плит літосфери в надрах існують шари, здатні переміщуватися на десятки і сотні кілометрів. З'явилися нові дані стосовно вертикальної і горизонтальної неоднорідності верхньої мантії.

За допомогою нелінійної геофізики, як одного із напрямів наук про Землю, встановлено, що енергія сейсмічної хвилі переходить в енергію електромагнітного поля; енергія геофізичних полів трансформується в енергію геохімічних реакцій.

Геологічне середовище та його фізичні властивості змінюються під дією інтенсивних фізичних полів.

Інтенсивне акустичне поле, що поширюється в гірських породах, може викликати перетворення структури порового простору і приводити до зміни фазового стану рідин і газів, що містяться в порах порід. Особливо це проявляється під час видобутку нафти. Акустична дія на привибійну зону супроводжується нагріванням пласта, при цьому змінюється в'язкість нафти, збільшується проникність гірських порід. Унаслідок інтенсивної акустичної дії на пласт може бути підвищена продуктивність нафтової свердловини.

Таблиця 1.1. Глибина розміщення оболонок Землі

Оболонка	Глибина, км	Оболонка	Глибина, км
Земна кора	5—80	Зовнішнє ядро	2900—5000
Верхня мантія	40—1000	Внутрішнє ядро	5000—6300
Нижня мантія	1000—2900		

Нині Землю розглядають як динамічне тіло, всередині якого за рахунок внутрішнього тепла відбуваються конвекційні процеси. На поверхні планети конвекція проявляється в утворенні нової літосфери в місцях океанічних хребтів. Нова літосфера поширюється в горизонтальному напрямку, охолоджується, а потім знову занурюється в мантію. За допомогою цієї концепції можна пояснити багато геологічних явищ: вулканізм, магнетизм, землетруси. Вона пояснює молодий вік порід дна океанів, який не перевищує 200 млн років. Водночас вік порід материків у деяких місцях сягає 3,8 млрд років. Таким чином, усього лише 5 % геологічної історії «заховано» в океанах, хоча вони займають 70 % поверхні планети. Проте «свідки» основної частини історії Землі (95 %) сконцентровані на континентах. Якраз у континентальній корі розміщені основні енергетичні й мінеральні ресурси.

Земна кора — найскладніша за складом і будовою з усіх внутрішніх оболонок планети. На її частку припадає менше 1 % загальної маси планети, проте вона включає все необхідне для життя. Товщина кори різна: в межах континентів становить близько 35 км (максимальна (70 км) — під високими гірськими ланцюгами і масивами), у межах океанів — від 5 до 10 км. Під океанами земна кора відрізняється від материкової не лише товщиною, а й відсутністю так званого гранітного шару.

Земна кора дуже неоднорідна. Найрізкіша ознака неоднорідності континентальної кори виявляється в переходах різних шарів і порід у формації магматичних порід, а останніх — у потужні масиви метаморфічних порід. Магматичні і метаморфічні породи складають фундамент континентальної кори. У верхніх її ярусах переважають вивержені породи, в нижніх — щільніші основні породи. Це стало приводом для створення геофізиками схеми розрізу континентальної кори. Традиційно верхню частину консолідованої кори називають «гранітним» шаром, нижню — «базальтовим».

У земній корі відбуваються складні хімічні процеси, яким сприяє явище дифузії. У найдрібніших капілярах і тріщинах, що пронизують гірські породи, відбуваються, хоч і повільно, величезні за розмірами і наслідками процеси перенесення речовин. За великих тисків речовини зазнають перекристалізацію. За температур, навіть нижчих за температури плавлення речовин, проходять складні хімічні процеси, які за законами фізичної хімії привели до виділення із вогнево-рідкого скупчення атомів земної кори. Силікатний розплав почав охолоджуватися. З нього, у певній послідовності, почали виділятися в твердому стані різні речовини. Важчі з них опускалися на глибину; легкі складові, гази і леткі речовини, навпаки, спливали вгору. Так, із середнього за густиною розплаву базальту вниз опускалися щільні складові частини, багаті на залізо і магній. З них утворилися важкі породи, з якими пов'язані родовища алмазів, платини, хромових руд, нікелю.

Ближче до поверхні у закономірній послідовності утворилися породи діоритового, гранітодіоритового і гранітного складу. Охолоджені масиви гранітів сформували основу материків. Тим самим законам фізичної хімії підпорядкований і подальший розподіл найрізноманітніших хімічних елементів у корі.

Атоми та їх частинки в земній корі об'єднуються у гармонійну будову — кристал. Один кубічний сантиметр кристала складається з трильйонів атомів. Утворюються ґратки і сітки, у вузлах яких розміщуються атоми. З кристалів різних речовин складається переважно вся земна кора.

Сучасні техніка і технології дають змогу досліджувати надра Землі та виявляти їх властивості. Вчені застосовують сейсмічний, гравітаційний, магнітний, електромагнітний, термічний, ядерний методи та ін. Найнадійніший з них — сейсмічний. Він ґрунтується на дослідженні поширення сейсмічних хвиль, що виникають у твердому тілі Землі під час землетрусів або вибухів. Сейсмічні хвилі проходять через

земні шари, їх реєстрація дає можливість скласти картину про внутрішню будову та зміни фізичних властивостей речовин надр з глибиною (рис. 1.3).

Мінливість будови верхньої мантії на глибині 400 км вказує на наявність у ній тектонічних процесів. За даними австралійського сейсмолога Дж. Буллена, тут існує зона знижених швидкостей — астеносфера, в якій розміщуються вогнища вулканів. Вони утворюються там, де знижуються тиск і температура плавлення речовини астеносфери. Зниження температури плавлення зумовлює розплавлення речовини і утворення магми, яка потім по тріщинах і каналах у корі виливається на поверхню.

Атмосфера Землі утворена газами, які виділилися з її твердого тіла. Склад атмосфери такий, %: азот — 78, кисень — 21, аргон — 0,93, водяна пара — 0,1, вуглекислий газ — 0,03. Атмосфера частково розсіюється у космічному просторі, в якому Земля рухається зі швидкістю 30 км/с. Всі оболонки Землі не ізольовані одна від одної і постійно взаємодіють.

У геохімічних процесах велику роль відіграє вода — конструктор і будівельник земної кори, її організуючий початок.

Основною із фізичних властивостей Землі є магнетизм. Ця властивість планети пов'язана з наявністю рідкого зовнішнього ядра. Теплова енергія, що утворюється в надрах Землі, стимулює тектонічні процеси і вулканізм у верхній мантії і корі. Тепло підтримує в розплавленому стані зовнішнє ядро, створює в ньому конвекційну течію, що сприяє утворенню і функціонуванню біполярного геомагнітного поля. Тепловий потік з надр нашої планети спрямований до її поверхні.

До ендогенної енергії належить гравітаційна енергія (енергія сили тяжіння Землі). Вона надходить з внутрішньої оболонки у зовнішню за допомогою тектонічних рухів і вулканізму. Збудження ендогенною енергією тектонічних процесів за тривалий геологічний час створило сучасну структуру кори і верхньої мантії.

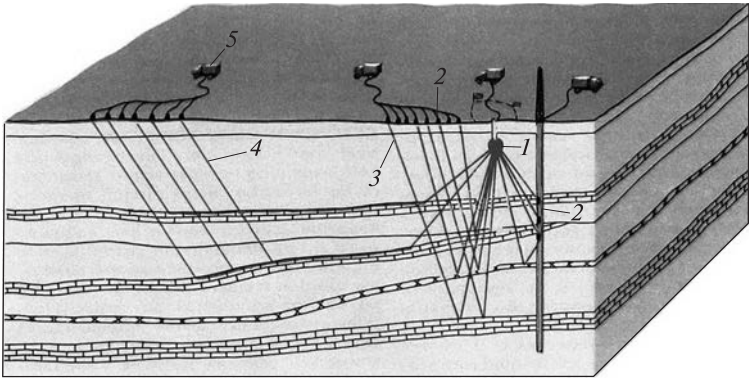


Рис. 1.3. Схема проведення сейсмозвідувальних робіт: 1 — джерело сейсмічних хвиль; 2 — приймачі; 3 — відбита хвиля; 4 — заломлена хвиля; 5 — пересувна сейсмозвідувальна станція

Неоднорідність будови і нерівномірність руху (у просторі та часі) різних частин кори і глибших оболонок створюють умови для перерозподілу і періодичної концентрації напружень у певних об'ємах гірських порід. Найсприятливішими для різних змін є зони неоднорідності і ділянки, що рухаються з різною швидкістю. Такі межі в корі називають зонами розломів або розривів. Землетруси, як правило, приурочені до зон розломів і призводять до зсувів блоків порід. Розломи і розриви є елементами тектонічних рухів земної кори.

Отже, земна кора, як тверда оболонка планети, постійно змінюється під впливом внутрішніх і зовнішніх чинників. Ці зміни відбуваються дуже повільно порівняно із життям одного і навіть багатьох поколінь. Лише окремі фізико-геологічні явища відбуваються швидко і загрозливо — сильні землетруси, виверження вулканів, зсуви, великі гірські обвали, цунамі.

Ці та інші фізико-геологічні явища геологи з давніх часів розділяють на дві групи: екзогенні, що виникають під дією зовнішніх джерел енергії, і ендегенні — під дією внутрішніх

джерел. Екзогенні явища зумовлені силою тяжіння і нерівномірним нагріванням променями Сонця земної поверхні, води і повітряних мас. Причинами ендегенних явищ вважають такі параметри літосфери, як температура і тиск.

1.2. Природні катастрофи. Їх наслідки

Скільки людство себе пам'ятає, планета Земля ніколи не залишала його у спокої. Вона, немов жива істота, час від часу демонструє свої сили, зумовлені глибинними тектонічними рухами, високими температурами і процесами у навколишньому просторі, що призводить до природних катастроф. Це передусім землетруси, виверження вулканів, стихія вітру, цунамі, грозові розряди тощо.

Ще в IV—III тис. до н. е. перші давні міста-держави зазнали великих катастроф. Виверження вулкана і пожежі спричинили загибель біблейських міст Содом і Гоморра (рис. 1.4).

У Біблії згадується про Всесвітній потоп як одну із грандіозних катастроф. Про цю катастрофу писали шумери в Давньому Єгипті (рис. 1.5).

Землетруси — найжахливіші природні катастрофи, що спричинюють безліч людських жертв, руйнувань і змінюють поверхню Землі. За останні чотири тисячі років землетруси і їх наслідки призвели до загибелі 13 млн осіб.

Землетрус — це раптове вивільнення енергії, накопиченої у стиснутих і розтягнутих гірських породах, що супроводжується підземними поштовхами і коливаннями поверхні Землі. Небагато явищ можуть зрівнятися із землетрусами за руйнівною силою та небезпекою.

Верхню частину земної кори складають вісім великих тектонічних плит. Ці плити переміщуються під дією конвекційних течій, що піднімаються з високотемпературної магми. Напруження усередині кори зростають доти, доки не



Рис. 1.4. Руйнування міст Содом і Гоморра під час катастрофи (картина Луїса де Коллері, XVII ст.)



Рис. 1.5. Всесвітній потоп (Нюрнберзька Біблія, 1848 р.)

перевищать міцності самих порід. Тоді пласти гірських порід руйнуються і різко зміщуються (рис. 1.6).

Як правило, зсув становить лише кілька сантиметрів, але енергія, що виділяється під час переміщення мільярдів тонн породи, навіть на малу відстань, величезна. Хоча рух земної поверхні при землетрусі продовжується від декількох секунд до декількох хвилин, наслідками катастрофічних руйнувань є аварії і людські жертви (рис. 1.7).

Відомо, що землетрусами охоплена 1/10 поверхні континентів. Приблизно 99 % землетрусів належать до тектонічних явищ. За даними сейсмологів, у світі щорічно реєструють понад 20 000 землетрусів, більшість яких люди навіть не помічають. Відомі катастрофи з масштабними наслідками і сотнями тисяч жертв. Сумний рекорд підземна стихія встановила у китайській провінції Шеньсі, де в 1556 р. загинуло близько 830 000 осіб.

Величина шкоди, яку завдають землетруси, залежить від їх бальності. Розподіл землетрусів за кількістю балів такий: 6 — сильні, 7 — дуже сильні, 8 — руйнівні, 9 — спустошуючі. Найсильніший землетрус характеризується 12 балами, його вважають катастрофічним.

Люди не раз були свідками значних геологічних катастроф. Так, 12 червня 1897 р. унаслідок одного підземного поштовху в долині р. Міссісіпі висота гір Асама збільшилася майже на 6 м, а землетрус у 1899 р., що відбувся на кордоні між Аляскою і Канадою, підняв земну товщу на 15 м. Унаслідок землетрусу відступало море, але через деякий час водні маси поверталися на колишні місця. Наприклад, під час землетрусу в Португалії в 1755 р. у гирлі р. Тежу відбувся різкий спад води. Через кілька годин після цього водяна стіна заввишки 6 м змила і зруйнувала все на своєму шляху.

Землетрусів зазнали і зазнають США, Перу, Чилі, Китай, Португалія, міста колишнього СРСР (Спітак, Ташкент, Ашгабат) та ін. Уже у XXI ст. глибинні надра Землі нагадують



Рис. 1.6. Тріщини на земній поверхні внаслідок землетрусу



Рис. 1.7. Наслідки землетрусу



Рис. 1.8. Так виглядає цунамі

про себе (2005 р. — Пакистан, 2006 р. — Мала Азія, 2008 р. — Січуань, Китай, 2010 р. — Гаїті, 2011 р. — Японія).

Спостерігають за наближенням землетрусу і сповіщають про нього сейсмологи. Вони стежать за зростанням швидкості руху земної кори, підніманням земної поверхні, швидкостями поширення сейсмічних хвиль, зміною напруженості магнітного поля і електропровідності порід.

В СРСР були розроблені методи сейсмічного районування і на їх основі створені карти сейсмічного районування території країни. В 1948 р. уперше розпочалися роботи з прогнозування землетрусів. Вони продовжуються і в XXI ст. у багатьох країнах світу, тому що одною із загадок природи є землетруси, які постійно нагадують про себе в різних районах планети, забираючи десятки тисяч людських життів.

Землетруси відбуваються не лише на континентах, а й під водними просторами морів та океанів. Унаслідок зсуву вгору або вниз протяжних ділянок їх дна під час сильних підводних і прибережних землетрусів, а також через вулканічні виверження та інші тектонічні процеси утворюються цунамі — довгі хвилі, що поширюються з великою швидкістю — від 50 до 1000 км/год (рис. 1.8).

Відстань між сусідніми гребенями хвиль змінюється від 5 до 1500 км. Висота хвиль у зоні їх виникнення варіює в

межах 0,1—5,0 м, а біля берегів сягає 30—40 м і більше. Найбільшу висоту хвилі — 85 м — спостерігали біля японського острова Ішігакі в 1971 р.

Коли хвилі цунамі досягають берегів, вони змітають все на своєму шляху, створюючи катастрофічне становище — руйнування і людські жертви. Цунамі, яке сталося в Індійському океані в 2004 р., призвело до загибелі понад 300 тис. осіб і величезних руйнувань в Індії, Таїланді, Шрі-Ланці (рис. 1.9).

Особливо сильно хвилі цунамі спрямовуються на Тихоокеанське і Атлантичне узбережжя (Камчатка, Курильські острови, Індонезія, Мексиканська затока).

Район Тихоокеанського узбережжя — зона переходу від материка до океану — характеризується активними тектонічними зсувами блоків Землі, тому тут щороку відбувається близько 5 тис. землетрусів різної сили і ймовірність утворення хвиль цунамі досить висока.



Рис. 1.9. Цунамі обрушився на місто (Таїланд)



Рис. 1.10. Виверження вулкана

Одними з найруйнівніших цунамі у ХХ і на початку ХХІ ст. були: Камчатка (Росія) — 1952 р., Аляска (США) — 1957, 1958, 1964 рр., Нова Гвінея — 1998 р., Японія — 2004, 2005, 2011 рр., Мала Азія — 2004 р.

Не менш катастрофічним явищем і грізним проявом внутрішніх сил Землі є вулкани (рис. 1.10).

Вулкани (за іменем бога вогню Вулкана) — геологічні утворення, що виникають під каналами і тріщинами в корі, по яких на поверхню вивергаються глибинні магматичні джерела лави, гарячі гази і уламки гірських порід. Як правило, вулканами є окремі гори, складені продуктами виверження. Глибинні магматичні осередки можуть розміщуватися у верхній мантії на глибині 500 км (вулкан Ключевська Сопка на Камчатці, Росія) або в корі на глибині 5–6 км (Везувій, Італія).

Вчені дійшли висновку, що за час існування нашої планети з її надр виверглася маса речовини, сумірна із загальною масою земної кори. Процеси, що відбуваються під час виверження вулканів у різних точках Землі, залежно від складу гірських порід зумовлюють різні їх типи і структури (рис. 1.11).

Давно помічено, що в розподілі вулканів на земній поверхні є певна закономірність: вони групуються у формі поясів уздовж глибинних розломів земної кори, передусім по узбережжю океанів і острівних дугах. Такими є Тихоокеанський, Середземноморський, Індонезійський і Атлантичний вулканічні пояси. Близько 200 млн жителів мешкає поблизу небезпечних зон діючих вулканів. Катастрофою загрожують такі вулканічні процеси, як лавові потоки, вулканічні грязьові потоки, виверження з випаданням попелу, вулканічні повені, палаючі хмари, виходи газів.

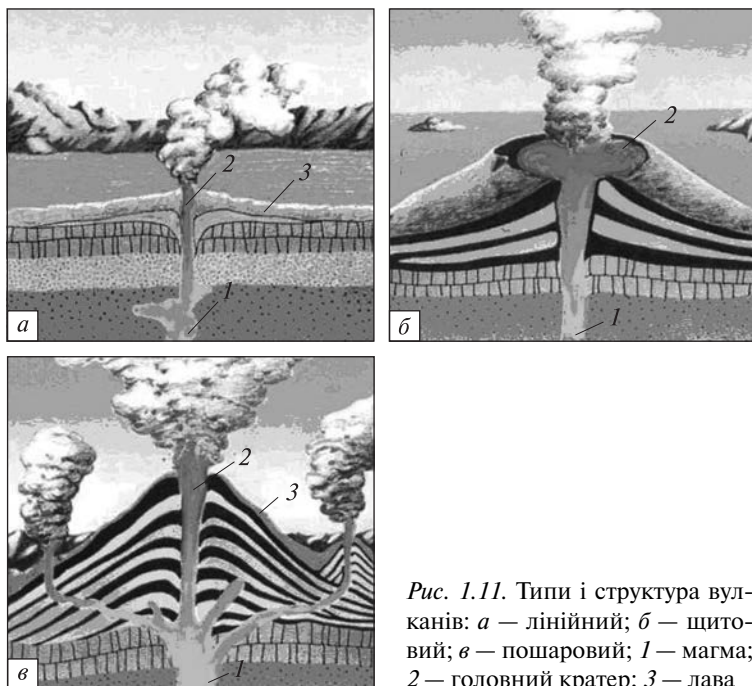


Рис. 1.11. Типи і структура вулканів: *а* — лінійний; *б* — щитовий; *в* — пошаровий; *1* — магма; *2* — головний кратер; *3* — лава

За історичний час відбулося кілька вивержень, що являють собою надкатастрофи. Ці виверження руйнували острови, покривали попелом тисячі квадратних кілометрів земної поверхні, охоплювали великі території, ховали під собою міста і населені пункти.

Такими надкатастрофами були виверження вулканів Везувій і Кракатау, вибух вулкана Танбура. У 79 р. н. е. через виверження вулкана Везувій повністю було засипано попелом і золою місто Помпея. Відомий художник К.П. Брюллов відобразив цю катастрофу в знаменитій картині «Останній день Помпеї» (рис. 1.12).

Виставлена в 1833 р. у Мілані картина потрясла публіку. Цікавий той факт, що під враженням від картини великий



Рис. 1.12. Останній день Помпеї. К.П. Брюллов (1833 р.)



Рис. 1.13. Одна із вулиць Помпеї, яку було відкопано

російський поет О.С. Пушкін написав:

*«Везувий зев открыл — дым хлынул клубом — пламя
Широко развилось, как боевое знамя,
Земля волнуется — с шатнувшихся колонн
Кумиры падают! Народ, гонимый страхом,
Под каменным дождем, под воспаленным прахом,
Толпами, стар и млад, бежит из града он».*

В середині XVIII ст. розпочалися розкопки міста Помпея, лише руїни нагадували про великомасштабну катастрофу (рис. 1.13).

Людство пережило потужні виверження вулканів: 1996 р. — Безіменний (Росія); 1977, 2002 рр. — Конго; 1996, 2010 рр. — Ісландія. Виверження вулкана Ейяф'ятлайокудль на півдні Ісландії в ніч на 14 квітня 2010 р., що підняло в повітря над Атлантикою величезні клуби попелу і пари, блокувало повітряний простір Західної Європи, змусивши аеропорти десятка країн відмінити польоти. Всього у той день по всій Європі було скасовано від 5 до 6 тис. авіарейсів.

Катастрофи виникають не лише від підземних процесів, а й від процесів, що відбуваються в атмосфері, і передусім від вітрових стихій — тайфунів (рис. 1.14).



Рис. 1.14. Вітрова стихія — тайфун

Тайфуни виникають здебільшого на заході Тихого океану. Рухаючись зі швидкістю 10—20 км/год, вони сягають берегів Індокитаю, Китаю, Кореї, Японії і навіть Російського Примор'я і Камчатки. В середньому на рік буває до 50 тайфунів, більша частина яких розвивається до стадії ураганів.

Тайфуни викликають сильне хвилювання на морі і супроводжуються випадінням величезної кількості опадів. У прибережних районах Східної Азії тайфуни часто призводять до руйнувань, повеней та інших катастрофічних наслідків. Одні з найпотужніших тайфунів сталися в Палестині — 1970 р., Філіппінах — 1984 р., Японії — 2005 р.

Багато біди приносять й інші природні катаклізми, такі як грозові розряди, зсуви, селеві потоки та ін.

Природні катастрофи впливають на нормальний життєвий ритм, на технологічні процеси і, зокрема, на проведення гірничих робіт. Наприклад, за землетрусів, що пов'язані з тектонічними порушеннями, значно ускладнюються гірничі роботи. У зонах таких порушень з'являються грізні газодинамічні явища, раптові викиди порід, газу, підвищується гірський тиск, що нерідко призводить до великих аварій на шахтах і копальнях.

Через природні катастрофи висуваються все нові і нові вимоги до науки, техніки, промисловості та будівництва. Навчитися точно передбачати народження і наближення природних катастроф і запобігати їм — завдання науки XXI ст.

РОЗДІЛ
2



**НАДРА
ЗЕМЛІ –
КОМОРА
ПРИРОДИ**





2.1. Гірські породи

Земна кора сформувалася в результаті взаємодії поверхневих твердих горизонтів планети з атмосферою, гідросферою і біосферою. Вона характеризується досить різкою зміною товщини і різноманітною будовою. Кора має три головні шари: осадовий, гранітний і базальтовий. Осадовий покрив складає саму верхню частину кори і має товщину в середньому 1,5 км. Він утворився внаслідок руйнування і перетворення первинних кристалічних порід літосфери.

Надзвичайно важливу роль у формуванні осадового покриву відіграють кора вивітрювання і ґрунт. Кора вивітрювання отримала таку назву тому, що в ній відбувається процес вивітрювання. Нижню межу цього шару утворює так звана киснева поверхня (глибина 500—800 м), в яку із земної поверхні проникає кисень.

Опускаючись вглиб, осадові породи змінюються під дією температури, тиску і хімічних процесів і набувають рис метаморфізму. Тут залягає гранітний шар, складений гранітами, гранітогнейсами та іншими породами. Товщина шару від 10 до 40 км.

Глибше породи гранітного шару змінюються щільнішими базальтовими по-

родами. Потужність базальтового шару сягає 30 км. Допускають, що базальтовий шар є джерелом «материнської» магми, яка надходить з глибини на поверхню Землі. Під базальтовим шаром до глибини 2900 км розміщується мантія Землі. Тут вже поруч і ядро Землі.

Гірські породи земної кори різноманітні за вмістом мінералів, що їх складають. Мінерали утворюють окремі зерна і кристали, що являють собою природні хімічні сполуки або самородні елементи.

У самородному вигляді (графіт, сірка, золото, мідь та ін.) мінерали трапляються рідко. Більшість з них (понад 2000) — це хімічні сполуки. Наприклад, різні солі утворюються, випадаючи з концентрованих розчинів водою. Поширені також мінеральні утворення, які формуються в результаті застигання розплавленої речовини Землі. Вважають, що нижні шари земної кори складені саме такими мінеральними скупченнями.

Мінерали можуть бути кристалічними або аморфними. У кристалічній речовині її частинки розміщуються у строго певному порядку. Форма кристалів залежить від будови речовини і її кристалічної ґратки. Для аморфної речовини характерне хаотичне розміщення частинок.

Природні агрегати мінералів більш-менш постійного складу, що утворюють самостійні геологічні тіла і складають земну кору, називають гірськими породами. Термін «гірські породи» вперше у сучасному розумінні вжив у 1798 р. російський мінералог і хімік В.М. Северин.

За складом розрізняють мономінеральні та полімінеральні гірські породи. Вміст мінералів визначає мінеральний склад гірської породи, а форма мінералів, їх розмір і орієнтація зумовлюють її структуру.

Залежно від умов утворення гірські породи поділяють на три групи: осадові, метаморфічні і магматичні. Магматичні та метаморфічні породи займають близько 90 %, осадові — 10 % об'єму земної кори, але їх площа становить 75 % її поверхні.

Осадові породи сформувалися у поверхневій частині земної кори в результаті руйнування і перевідкладення раніше утворених порід, випадання різних речовин із розчинів і продуктів життєдіяльності. В осадових породах можуть бути одночасно три складові частини: уламки мінералів і гірських порід як продукти руйнування (наприклад, магматичних порід); рештки організмів і органічних речовин; мінерали, утворені хімічним способом на різних стадіях формування породи.

Представниками осадових порід є глини, глинисті сланці, пісковики, алевроліти, гіпс, вапняки, ангідрити та ін. В осадових породах сконцентровані поклади вугілля, нафти, газу, бітуму, торфу. З цими породами пов'язано багато родовищ залізних руд, алюмінію, мангану, урану, фосфору, ванадію, кобальту, міді, літію, а також кам'яної і калійної солей.

Метаморфічні гірські породи (гранітогнейси, кварцити, мармур) сформувалися під дією високих температур, тиску і хімічних перетворень.

Магматичні гірські породи утворилися в результаті застигання розплавленої речовини — магми в породах земної кори, на її поверхні і дні водойм. Характерними представниками магматичних порід є базальт, граніт, габро, діорит та ін.

Магма, що вилитася на земну поверхню у вигляді лави вулканів, швидко остигала, утворюючи ефузивні породи (базальти, андезити, габро, а також вулканічні туфи — зцементовані тверді продукти вулканічних вивержень).

2.2. Корисні копалини

Корисні копалини Землі — це матеріальна основа, що забезпечує розвиток суспільства, починаючи з виготовлення кам'яних сокир у кам'яному віці і закінчуючи атомною енергетикою та виходом людини в космічний простір у ХХ ст.

Без використання корисних копалин Землі людство не змогло б зробити такий колосальний стрибок у своєму розвитку протягом дуже короткого проміжку часу в геологічному сенсі.

Серед корисних копалин Землі можна виділити три основні групи, між якими існують свої взаємозв'язки і взаємопереходи:

- природні мінеральні копалини;
- природні енергетичні копалини;
- природні біологічні ресурси.

2.2.1. Мінеральні корисні копалини

Мінеральні корисні копалини — це група твердих копалин, які за вмістом в них корисних компонентів і характером їх переробки поділяють на металеві (рудні) і неметалеві (нерудні). Перші містять корисні компоненти різних металів, таких як залізо, манган, хром, титан, мідь, свинець, цинк та багато інших, другі використовують як сировину для будівельної, хімічної та інших галузей промисловості.

Рудою називають скупчення мінералів у гірських породах, в яких концентрація корисних компонентів є настільки високою, що стає вигідним їх вилучення. Деякі метали, такі як золото, платина, сірка, вуглець тощо, трапляються в природі в елементарній формі, утворюють окремі скупчення або входять до складу інших мінералів. Рудні мінерали переважно утворюють сполуки з іншими «порожніми» мінералами. Багато руд містять два і більше корисних компонентів.

Поклади гірських порід, які збагачені одним або декількома мінералами і можуть бути використані для видобутку, переробки і подальшого вилучення корисних компонентів, називають родовищами корисних копалин. Залежно від

походження всі мінеральні родовища поділяють на групи, типи і класи з характерними для кожної з класифікаційних одиниць способами їх утворення, хімічним і мінеральним складом та іншими ознаками.

Металеві (рудні) корисні копалини

Родовища металевих корисних копалин представлені: рудами чорних (залізо, манган, титан, хром, нікель, вольфрам), кольорових (алюміній, мідь, свинець, цинк, олово), благородних (золото, срібло, платина), рідкісних і рідкісноземельних (літій, берилій, тантал, цирконій та ін.), а також розсіяних (гафній, галій та ін.) металів.

Руди чорних металів (табл. 2.1). Родовища залізної руди вважають промисловими за вмісту металу не менше кількох десятків мільйонів тонн, а крупними — сотень мільйонів тонн. Загальний світовий видобуток залізної руди перевищує 1 млрд т.

Видобувають залізну руду (рис. 2.1) багато країн світу: Китай, США, Австралія, Росія, Бразилія, Україна, Канада, Японія та ін. Загальні світові ресурси сирової (незбагаченої) руди перевищують 1400 млрд т, з них промислові — понад 360 млрд т.

У Росії 59 % запасів руди зосереджено в європейській частині, 41 % — на схід від Уралу. Україна є однією з розвинутих країн світу з видобутку залізної руди. Руду видобувають на глибинах 1000—1300 м. Загальні виробничі потужності підприємств України з підземного видобутку руди становлять понад 41 млн т сирової і 32 млн т товарної руди. При цьому 61 % руди добувають шахтним способом, 21 % — відкритим.

Руди чорних металів складають основу світової металургійної промисловості. Манган і хром використовують для виплавки різних сортів сталі. Введення до 12—13 % мангану в сталь додає їй міцності, в'язкості і твердості. Хром

Таблиця 2.1. Характеристика руд чорних металів

Метал	Рудоутворювальні мінерали	Світові запаси, т	Найкрупніші родовища	Вміст металу в багатих рудах, %
Залізо (Fe)	Магнетит, гематит, гетит, сидерит	13—15 трлн	Україна (Криворізький басейн), Росія (Курська магнітна аномалія), США (басейн району Верхніх озер)	До 65
Манган (Mn)	Піролюзит, манганіт, псиломелан, родохрозит	Близько 2,5 млрд	Україна (Нікопольське), Грузія (Чіатурське), Росія (Успенське), Гана, Індія, Бразилія	До 40
Титан (Ti)	Рутил, сфен, ільменіт	Близько 5,5—6,0 млрд	США (Андирондайк), Росія (Курсинське), Україна (Іршавське) та ін.	До 30
Хром (Cr)	Хроміт	Близько 2,5 млрд	Росія (Південний Урал), Зімбабве	До 40
Нікель (Ni)	Піротин, пентландит, халькопірит, нонтроніт	До 0,5 млрд	Куба, Лаос, Камбоджа, Індонезія, Росія	До 0,3—1,0
Вольфрам (W)	Вольфраміт, шеєліт	Близько 2,5—3,5 млн	Південно-Східний Китай (запаси до 2,0 млн), Південна Корея, Лаос, Камбоджа, Малайзія	0,5—0,6

застосовують для хромування поверхонь і як легувальні добавки до сплавів.

Титан — найважливіший конструкційний матеріал в авіа-, ракето-, кораблебудуванні, а також є легувальною добавкою для виплавки різних марок сталі. Нікель крім

використання у виробництві спеціальних сортів сталі застосовують для нікелювання різних виробів з міді, заліза та ін.

Руди кольорових металів (табл. 2.2). Кольорові метали широко використовують у різних галузях техніки, промисло-



Рис. 2.1. Залізна руда

Таблиця 2.2. Руди кольорових металів

Метал	Рудоутворювальні мінерали	Світові запаси, млн т	Найбільші родовища
Алюміній (Al)	Гідраргіліт, беміт, діаспор, нефелін	Сотні	Росія (Кольський півострів, Саяни, Північний Урал, Буурія), Африка, Бразилія, Казахстан
Мідь (Cu)	Халькопірит, халькозин, ковелін, борніт, малахіт, лазурит	Близько 500	Росія (Гайське, Норильське, Талнахське), Казахстан (Коунрадське), Африка, Чилі, Канада
Свинець (Pb)	Галеніт, англезит, церезит	Близько 150	Росія, США, Канада, Мексика, Україна (Закарпаття, Донбас, невеликі родовища)
Цинк (Zn)	Сфалерит, каламін, смітсоніт	Близько 200—250	Канада (Суліван), Австралія (Брокен-Хіл), США (Ледвіль), Росія (Забайкалля, Рудний Алтай)
Олово (Sn)	Каситерит, станін	7—8	Малайзія, Індонезія, Таїланд, Англія, Болівія, Конго, Китай, Росія

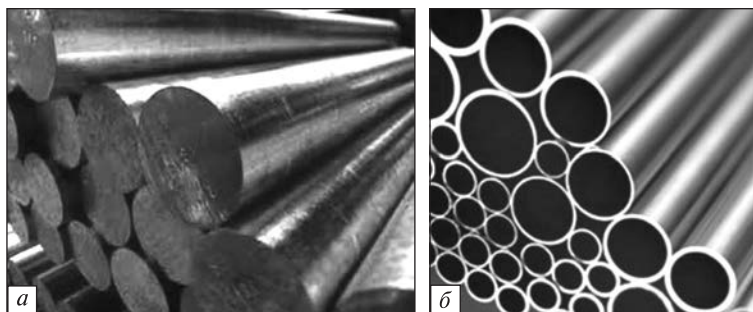


Рис. 2.2. Продукція з міді: *а* — стрижні; *б* — труби

вості, в побуті: алюміній — в літако-, ракетобудуванні, електротехніці та побуті; мідь — в електротехніці, виробництві труб (рис. 2.2) для транспортування рідин і газів. Широко застосовують сплави з міддю: бронза і латунь. Світовий видобуток міді в 2004 р. дорівнював 14 млн т, розвідані запаси до кінця 2008 р. становили 1 млрд т.

Свинець використовують у військовій, атомній промисловостях, електротехніці. З олова виготовляють білу жерсть, припої, антифрикційні сплави, фольгу та іншу продукцію. В основному олововмісному рудному мінералі каситериті міститься 78 % олова.

Руди благородних металів. Представники цих руд — золото, срібло і платина.

Золото (Au). Головним рудоутворювальним мінералом є самородне золото (рис. 2.3).

Про золото написано багато історій. Воно було відоме ще в III тис. до н. е. (золоті прикраси знайдені в Єгипті в гробниці Тутанхамона).

Золото часто міститься у мінералах типу сульфідів. Воно здебільшого має гідротермальний генезис. У результаті процесів вивітрювання золото переходить у розчин у вигляді окремих лусочок, зерен, а часто і доволі великих самородків масою в десятки кілограмів.

Перше місце в світі з видобутку золота займають США. Найстаріша і найглибша золота копальня в США — Хормстейк — знаходиться в горах Блек-Хілс, там видобуток золота ведеться понад сто років. Оскільки золото практично не схильне до корозії і зберігається вічно, його високо цінують.

Використовують золото як валютний матеріал, в електронній, ювелірній та інших галузях промисловості. До теперішнього часу у вигляді злитків, монет, ювелірних виробів і предметів мистецтва дійшло не менше 90 % золота, видобутого за історичний період.

Срібло (Ag). Головними рудоутворювальними мінералами є самородне срібло, аргентин, стефаніт, піраргірит, прустит. Основні запаси срібла і сріблоутворювальних (поліметалевих) руд зосереджені в США (Ледвіл), Канаді (Суліван) і Австралії (Брокен-Хіл), а також частково в Росії (Алтай) і Таджикистані (Алтин-Топкан). Срібло з давніх часів використовують для виготовлення монет, посуду, прикрас, останніми роками — в електроніці і радіопромисловості.

Платина (Pt) (рис. 2.4). Головними платиноносними мінералами є самородна платина, спериліт, стібіопаладиніт, а також тверді розчини — поліксен та ін. Найбільші родовища знаходяться в Росії (Уральська і Норильська групи), Канаді, Колумбії, Південній Африці. Використовують платину в ювелірній промисловості і як надзвичайно тугоплавкий та інертний матеріал — в хімічній.



Рис. 2.3. Самородне золото

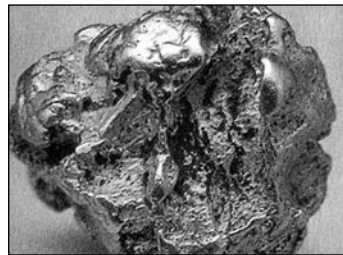


Рис. 2.4. Платина

Рідкісні, рідкісноземельні і розсіяні метали. До групи рідкісних металів належать літій (Li), берилій (Be), цирконій (Zr) та ін.

Головними мінералами *літію* є сподумен, петаліт, лепідоліт. Найкрупніші родовища літію приурочені до гранітних пегматитів. Це родовища Канади, США, Росії, Західної Африки і Австралії. Літій використовують у кольоровій металургії, при виготовленні акумуляторів, у керамічній промисловості. Особливого значення літій набув останніми роками, ставши одним з головних компонентів термоядерних реакцій.

Головними берилійвмісними мінералами є берил, хризоберил, гелівін і дакеліт. Родовища *берилію* представлені такими типами порід: гранітними пегматитами, скарновими і гідротермально-метасоматичними. Головні родовища берилію зосереджені в Росії (Урал, Забайкалля), Норвегії, США, Південно-Західній Африці та ін. В Україні родовища берилію пов'язані з гранітними пегматитами Українського щита. Застосовують берилій в атомній промисловості для виготовлення берилієвих сплавів.

Для *цирконію* головними мінералами є циркон і бадделіт. Основні промислові родовища цирконію приурочені до гранітних і лужних пегматитів. Видобуток цирконієвого концентрату щороку збільшується внаслідок його застосування в атомній, ракетно-будівельній і космічній промисловостях.

Окрему групу рудних металів складають *рідкісноземельні метали*. Головні їх родовища приурочені до магматичних лужних утворень гранітних і лужних пегматитів. Найбільші родовища зосереджені в Україні (Приазов'я), Росії (Кольський півострів, Урал), Індії, США, Бразилії, Норвегії і Африці. Використовують ці метали у багатьох галузях промисловості, медицині (як ізотопи), чорній металургії, електротехніці, хімічній промисловості.

До групи *розсіяних металів* належать цезій (Cs), рубідій (Rb), скандій (Sc), галій (Ga), германій (Ge), реній (Re), гаф-

ній (Hf), кадмій (Cd) та ін. У земній корі вони містяться у розсіяному стані в інших мінералах. Самостійних промислових родовищ не утворюють, їх добувають у процесі переробки руд інших корисних копалин. Ці метали відіграють надзвичайно важливу роль у сучасних галузях техніки.

Родовища цієї групи розробляють у багатьох країнах світу. Так, світові запаси гафнію оцінюють у 45 тис. т, з них 38 % зосереджені в Австрії, 17 — у США, 1 — в ЮАР, в СРСР добували 18 % світових запасів. Крупні родовища є в Україні, дрібніші — в Казахстані.

Галій отримують як побічний продукт під час переробки глинозему, а інколи в процесі виплавки цинку. Галій виробляють в Австрії, Японії, США, Франції, Німеччині. Світові запаси його переважно зосереджені в бокситах.

Основний споживач галію — електронна промисловість (транзистори для інтегральних схем). Галій і його сполуки використовують також як компоненти матеріалів для виготовлення оптичних, люмінесцентних і фотоелектричних приладів, крім того, у виробництві фарб, в медицині для виготовлення лікувальних препаратів та ін.

Германій в природі трапляється як домішка в рудах деяких кольорових металів і в германій-вугільних родовищах. Більшість світових запасів германію зосереджені в Конго, Канаді, Китаї, Австрії, США. В Росії германій отримують головним чином від окиснення вугілля германій-вугільних родовищ Примор'я, в Україні — в процесі переробки вугілля Донбасу на металургійний кокс. Германій використовують для виготовлення інфрачервоної оптики в приладах нічного бачення та оптиковолоконних системах електронної промисловості.

Гафній використовують для виготовлення регулювальних стрижнів ядерних реакторів. Ядерна енергетика споживає майже 60 % гафнію. Карбід гафнію входить до складу надтвердих сплавів для виготовлення металорізального інструменту.

Неметалеві (нерудні) корисні копалини

Велику групу природних корисних копалин складають неметалеві (нерудні) корисні копалини. Це будівельні матеріали (природні кам'яні); цементна сировина (вапняки, мергель, глина); сировина для хімічної промисловості (фосфорит, апатит, солі, самородна сірка, флюорит); сировина для інших галузей промисловості (слюда, азбест, тальк, магнезит, доломіт, графіт, гіпс); коштовні камені.

Природні кам'яні будівельні матеріали. Цей вид корисних копалин найбільш поширений на Землі. Практично кожна країна забезпечує потреби в цій сировині своїми ресурсами. Різні магматичні породи (граніт, діорит, габро, мармур, лабрадорит, базальт, пісковик та ін.) придатні для будівництва доріг, закладки фундаментів різних споруд, облицювання станцій метро, вокзалів, будівництва гребель та ін. Зазначений вид корисних копалин використовують без глибокої технологічної переробки (рис. 2.5).

Цементна сировина. Вона належить до будівельних зв'язувальних речовин, що є порошкоподібними матеріалами. При змішуванні з водою вони утворюють пластичне тісто, яке, поступово твердіючи, переходить у монолітне міцне кам'яне тіло. Основу цементу складають вапняки, глини і мергелі, що переходять за температури 1400—1500 °С у цемент. Існує багато видів цементу, які визначаються його так званою маркою, що є ступенем опору бетону механічним навантаженням. Чим вища марка бетону, тим вища міра його опору навантаженню.

Цементна промисловість — базова галузь у комплексі галузей, що виготовляють будівельні матеріали. Роль цементу у сучасному будівництві дуже велика. Цемент та бетон і залізобетон, що виготовляють з нього, нині є основними будівельними матеріалами, які використовують у різних сферах будівництва.

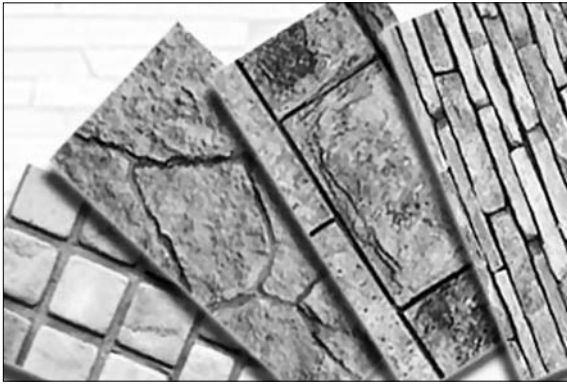


Рис. 2.5. Продукція з облицювального каменю

Вапняки — порода, складена в основному з кальциту. Виділяють морські і континентально-озерні вапняки. Їх родовища численні.

Мергель — осадова порода, що складається на 75—80 % з кальциту із домішками доломіту, глинистої речовини і дрібнозернистого кварцового піску. Деякі родовища мергелю мають потужність пластів до 100 м.

Глина — гірська порода складного мінерального складу з переважною кількістю алюмосилікатів, розмір зерен яких не перевищує 0,01 мм. Глину використовують для виготовлення цегли, черепиці, гончарних труб тощо, а також у хімічній, паперовій та інших галузях промисловості.

Каолін (рис. 2.6) — різновид глини — гірська порода, що складається здебільше з мінералу каолініту і утворена з кварцу, польового шпату, слюди та інших домішок. Особливістю каоліну є висока білізна.

Утворюється каолін за вивітрювання різних магматичних порід, рідше — глинистих осадів. Родовища каолінів доволі поширені. Каолін добувають у США, Німеччині, Чехії, Україні, Росії. Найважливішим споживачем каолінів є паперова промисловість, що використовує близько 40—50 %



Рис. 2.6. Каолін

всієї продукції, що добувається. Каолін застосовують також у медицині (під назвою «біла глина»), гумовій промисловості, парфумерії.

У великій кількості каоліни використовують для виробництва фаянсу і фарфору. Для отримання фарфорової маси, де каолін складає основну частину, використовують до 10 % каоліну, що добувається. Глина, каолін, гончарний круг, паливо для випалу і талановиті руки гончарів роблять унікальні вироби з фаянсу і фарфору (рис. 2.7). Відомі дивовижні роботи майстрів Гжелі (Росія), Дельфта (Голландія), Майсена (Німеччина), майстрів Китаю та інших країн. Китай — батьківщина фарфору. Історія виготовлення фарфору налічує понад 3 тис. років.

Гірничо-хімічна сировина. Багато корисних копалин є сировиною для хімічної промисловості. Передусім це фосфатна сировина (фосфорит і апатит), різноманітні солі, сірка, пірит, барит, флюорит та ін.

Фосфатна сировина. Найпоширенішими є мінерал апатит і суміш апатиту з глинами і домішками — фосфорит. Промислові родовища зосереджені в Росії, Казахстані, Алжирі, США, Тунісі, Марокко та ін. У світовому видобутку фосфатів частка США становить 34, Китаю — 15,5, Росії — 6,6, Тунісу — 5,6 %. У Росії фосфати видобувають у Хібінах на Кольському півострові. Використовують фосфатну сировину для виготовлення фосфатних добрив, фосфатних солей, кислот та ін. Світові запаси фосфатної сировини — мільярди тонн.

Солі. Майже щодня людина стикається із сіллю. Кам'яну, кухарську, сіль (хлорид натрію) (рис. 2.8) добувають більш ніж у 100 країнах світу. Її отримують з родовищ кам'яної солі і випаровуванням води соляних озер, озер морської води і розсолів.

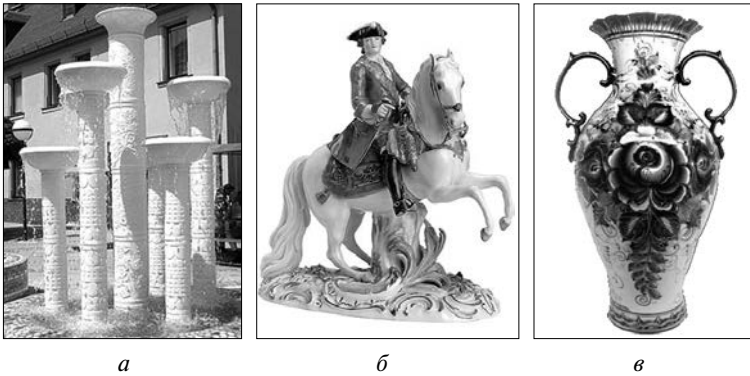


Рис. 2.7. Вироби з фарфору: *а* — фарфоровий фонтан у Гамбурзі; *б* — статуетка з майсинського фарфору; *в* — ваза (Гжель, Росія)

Світові ресурси кам'яної солі практично невичерпні. Перше місце з її видобутку займають США (21 % світового), далі йдуть: Китай (14 %), Канада і Німеччина (по 6 %). Значним є видобуток солі у Франції, Росії (Прикаспій, Передуралля, Східний Сибір), Україні (Закарпаття, Донбас), Білорусі, Мексиці, Бразилії, Індії, Великій Британії. Колосальне джерело кам'яної солі — Світовий океан. Майже половину видобутої солі використовують у хімічній промисловості, переважно для виробництва хлору і каустичної соди, широко застосовують також у харчовій та шкіряній промисловостях.

Калійні солі використовують для виготовлення мінеральних добрив (сильвініт) і отримання металічного магнію (карналіт). Найкрупніші родовища калійних солей знаходяться в США (шт. Нью-Мексико), Франції (Ельзас), Німеччині, Росії (Солікамськ, Березники), Україні (Прикарпаття), Білорусі (Солегорськ), Канаді та інших країнах.



Рис. 2.8. Кристал кам'яної солі

Таблиця 2.3. Сировина для багатьох галузей промисловості

Головні мінерали	Основні властивості	Найкрупніші родовища та світові запаси	Застосування
Мусковіт	Здатність ізолювати високу напругу, жаростійкість (до 450 °С і більше), гнучкість, кислотостійкість, еластичність	Слюди. У багатьох країнах світу. Запаси кілька сотень тисяч тонн	Електро- і радіопромисловість, приладобудування, виготовлення побутових приладів
Різновиди деяких мінералів тонковолоконистої будови	Міцність на розрив і гнучкість	Азбест. Росія, Канада, Змбабве, ПАР. Запаси — кілька десятків мільйонів тонн	Для виготовлення азбестотекстильного волокна
Магнезит з домішками кальциту і доломіту	М'якість, жирність, в'язкість, хімічна інертність	Тальк. Росія, США, Канада, Франція	Парфумерія, медицина, електротехнічна, хімічна промисловості та ін.
Доломіт з домішками кальциту і доломіту	Вогнестійкість, абразивність	Магнезит. У багатьох країнах світу	Для виготовлення вогнестійкої цегли, металургійного магнію, в хімічній промисловості
Клас сульфатів	—	Доломіт. США, Росія, Україна та ін.	Для виготовлення вогнестійкого металургійного магнію, отримання абразивів
Одна з поліморфних модифікацій вуглецю	М'якість, жирність, висока електро- і теплопровідність, вогнестійкість, хімічна інертність	Гіпс. У багатьох країнах світу	Будівельна справа, медицина, хімічна і паперова промисловості
		Графіт. Україна, Росія, Канада, США, Бразилія та ін.	Хімічна, електротехнічна промисловості

Світові запаси калійної солі надзвичайно великі і становлять сотні мільярдів тонн.

Сірка. Самородну сірку широко застосовують у промисловості та господарстві: для виробництва сірчаної кислоти, в целюлозно-паперовій промисловості, для виготовлення штучних волокон, гуми, в медицині — для виготовлення багатьох медичних препаратів. Більша частина сірки (60—75 %) йде на отримання сірчаної кислоти, фосфатних та інших мінеральних добрив.

Світові ресурси сірки знаходяться у продуктах вулканічного виверження, а також пов'язані з природним газом і нафтобітумінозними пісками. Провідним світовим виробником сірки є США — 30 % її обсягу добувають методом Фріша (підземна виплавка).

Найкрупніші родовища сірки відомі в Україні (Прикарпаття), Росії (Поволжя), Середній Азії, Японії, Чилі. Становлення сірчаної промисловості в Україні припадає на 50-ті роки ХХ ст., коли був відкритий сірконосний басейн у Прикарпатті. У 1970 р. на Яворівському родовищі разом з відкритим способом почали застосовувати підземну виплавку сірки.

Корисні копалини як сировина для інших галузей промисловості. Окрім тих корисних копалин, які описано вище, надра Землі багаті й іншими. Основні дані щодо них наведено в табл. 2.3.

Коштовні камені. Ця група мінеральних природних ресурсів захоплює людство своєю унікальною красою, грою різноманітних кольорів, яскравим блиском, неймовірністю чистоти та іншими властивостями.

У природі коштовних каменів багато, але розглянемо лише деякі з них.

Алмаз (рис. 2.9). Належить до найтвердіших мінералів, знайдених на Землі. Це кубічна поліморфна модифікація вуглецю, що формується в глибинах надр Землі в процесі утворення так званих кімберлітових трубок, в яких він трап-



Рис. 2.9. Необроблений алмаз



Рис. 2.10. Діаманти

ляється у вигляді октаедричних кристалів. Ограновані і відшліфовані алмази мають назву діамантів (рис. 2.10).

Величина кристалів настільки незначна, що довелося ввести нову одиницю маси — карат, який дорівнює 0,2 г. За розмірами і масою кристали алмазів невеликі, у середньому їх маса дорівнює 4—5 каратам, хоча знайдено алмаз масою до 3106 каратів («Кулінан»). Як найтвердіший мінерал алмаз використовують для виготовлення різального і обробного інструментів, а також в ювелірній промисловості.

На цей час алмази добувають у 20 країнах світу на чотирьох континентах. У сімку провідних країн — виробників алмазів (90 % світового видобутку) входять: ПАР, Росія, Ботсвана, Конго (Кіншаса), Канада, Австралія і Ангола. Алмази видобувають також у Бразилії, Гвінеї, Венесуелі, Намібії, Танзанії та інших країнах.

Рубін і сапфір — дорогоцінні різновиди корунду, забарвлені в яскраво-червоний (рубін) і синій (сапфір) кольори (рис. 2.11).

Утворюються рубін і сапфір головним чином за пегматитових процесів і метаморфізму. Найбільші родовища рубінів відомі в Камбоджі (знайдено рубін масою 690 г), Таїланді, Шрі-Ланці та інших країнах. І рубін, і сапфір застосовують у ювелірній справі, а також в ядерній техніці як генератор.

Смарагд, аквамарин, морганіт, геліодор — різновиди берилу, забарвлені в зелений (смарагд), синювато-блакит-

ний (аквамарин), блідо-рожевий (морганіт) і жовтий (геліодор) кольори (рис. 2.12).

Ці мінерали пов'язані з гранітними пегматитами. Ма-са кристалів берилу може досягати десятків і сотень кілограмів.

Головні родовища берилу відомі в Україні, Росії, Колумбії, США (де знайдено гігантський кристал). Чисті і прозорі різновиди використовують у ювелірній промисловості для виготовлення різноманітних прикрас.

Шпінель є різновидом мінералів групи шпінелей. Прозорі шпінелі мають назву благородних. За забарвленням виділяють червону шпінель, зеленувато-чорну (цейлоніт), зеленувато-буру (пікотит). Використовують у ювелірній справі для виготовлення прикрас (за винятком цейлоніту). Родовища благородної шпінелі відомі в Росії (Південний Урал), Шрі-Ланці, США, Лаосі, Камбоджі, Афганістані та інших країнах.

Малахіт — водний карбонат міді. Назва — від грецького слова «малакос» — м'який. Це досить крихкий мінерал. Малахітові шахти розробляли в Єгипті 4000 років до н. е. Яскраво-зелене забарвлення мінералу, малюнок на відшліфованій поверхні створили йому всесвітню славу як одного з найкрасивіших творінь неживої природи (рис. 2.13).

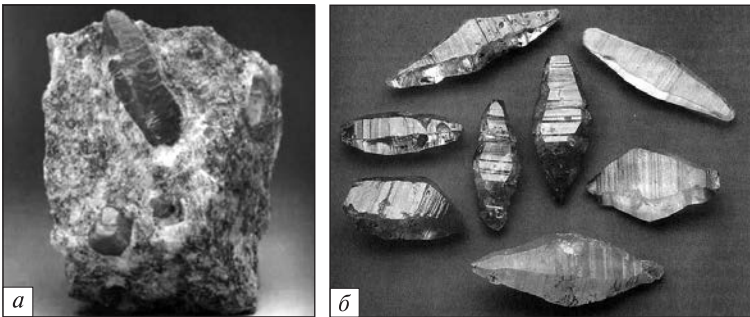


Рис. 2.11. Різновиди корунду: *a* — рубін; *б* — сапфір

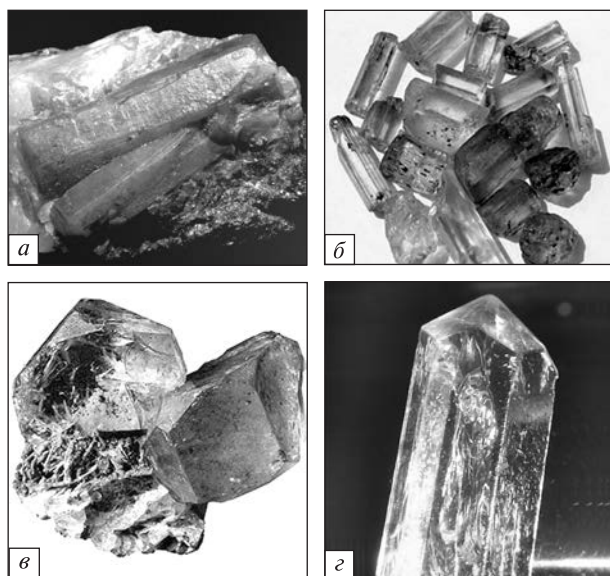


Рис. 2.12. Різновиди берилу: *a* — смарагд; *б* — аквамарин; *в* — морганіт; *г* — геліодор

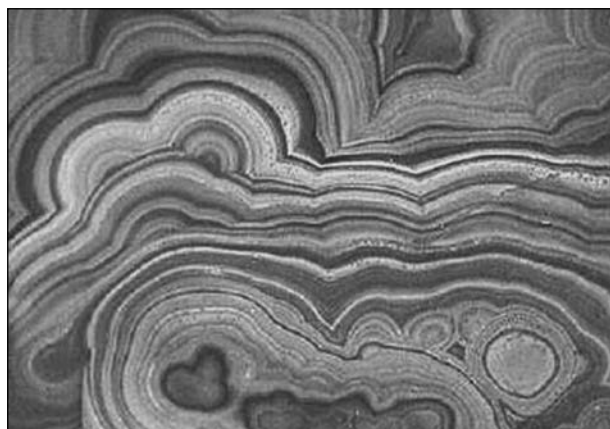


Рис. 2.13. Відполірована поверхня малахіту



Рис. 2.14. Малахітова зала Ермітажу

З малахіту виготовляють ювелірні вироби, також використовують для оформлення палаців і розкішних приміщень. У Санкт-Петербурзі малахітом облицьовані колони в Ісаакіївському соборі, в Зимовому палаці оздоблені Малахітова та Георгіївська зали (рис. 2.14). Найкрупніші родовища малахіту відомі в Росії (Урал).

2.2.2. Природні енергетичні корисні копалини

Енергетичними корисними копалинами є нафта, природний газ, вугілля, горючі сланці, торф і тверді радіоактивні — уран і торій. Буде цікаво дізнатися і про ті енергетичні резерви, які приховують в собі земні надра, — вугільний метан, газоподібний водень, бітумінозні породи, газові гідрати і, нарешті, тепло Землі.

Нафта, природний газ і вугілля складають основу енергетики. Частка цих джерел енергетики у світовому вжитку (у 2000 р.) становить, %: вугілля — 28, нафта — 43, природний газ — 19, атомна енергетика — 5.

Нафта. Це горюча масляниста рідина від світло-коричневого до майже чорного кольору. За хімічною природою і походженням нафта близька до природних горючих газів, озокериту, асфальту. До складу нафт входять, %: вуглець (С) — 82,35—87; водень (Н) — 11,5—14,5; кисень (О) — 0,005—0,7; сірка (S) — 0,001—5,3; азот (N) — 0,001—1,8. Виділяють сірчисту і малосірчисту нафту. Переважає здебільшого малосірчиста нафта. Густина 820—950 кг/м³. За густиною нафту поділяють на три групи: нижче 830 кг/м³ — легка; 831—860 — середня; вище 860 кг/м³ — важка.

Світові запаси нафти оцінюють приблизно у 200 млрд т.

Максимальна кількість родовищ нафти зосереджена на Близькому і Середньому Сході (близько 1/3 світових запасів), у США, Росії, Африці. Родовища нафти в Україні — переважно у східних областях (Полтавській, Чернігівській, Харківській) та в Прикарпатті.

Нафта поширена в осадових породах разом з газоподібними вуглеводнями. Максимальна кількість покладів пов'язана з глибинами до 3 км.

Нафта має велике народногосподарське значення. Нафта і продукти її переробки є провідною сировиною в енергетичному балансі світу. З нафти отримують гас, бензин, різні масла, парафін, всілякі ароматичні речовини. Нафта є основною сировиною для нафтохімічної галузі промисловості.

Природний паливний газ. До його складу входять метан, етан, пропан і бутан. Домішками газу є пентан, гексан, азот, аргон, сірководень, вуглекислий газ та ін. Родовища природного газу залягають в усіх геологічних структурах на глибинах до 15 км. Серед родовищ виділяють суто газові й газоконденсатні типи. Вони утворюються в результаті катагенетичного перетворення органічних речовин осадових гірських

порід. Поклади природних газів формуються в пластах на шляхах міграції газів, що відбувається в результаті статичного (або динамічного) навантаження порід, яке вичавлює газ, а також за вільної дифузії газу із зон високого тиску в зони з меншим тиском.

За особливостями будови виділяють пластові газові поклади, в яких газ накопичується у відповідних пластах — колекторах, та масивні, приурочені до певних пластів.

Усі газові і нафтові родовища належать до газонафтоносних осадових басейнів. Останніми роками все більше родовищ природного газу відкривають у зонах шельфу і мілководних басейнів.

Світові геологічні запаси паливних газів на континентах, у зонах шельфу та мілководних морів за прогнозними оцінками становлять 160 трлн м³. Найкрупніші родовища зосереджені (трлн м³): в Росії (Уренгойське (4,0), Ведмеже (11,0)), США (8,3), Алжирі (4) та Ірані (3,1).

Природні паливні гази — високоекологічне паливо теплотворністю $32,76 \cdot 10^3$ кДж/ м³ і вище. Їх широко використовують як паливо на електростанціях, в чорній та кольоровій металургії, для виробництва цементу, скла, будівельних матеріалів і в побуті для опалювання. Крім того, ці гази використовують для отримання спиртів, кислот, етилену, пропілену, сажі й ацетону. На основі похідних природного паливного газу отримують різні пластмаси, синтетичний каучук, штучні волокна та інші продукти.

Група твердих корисних копалин включає тверді горючі (вугілля, горючі сланці, торф) і радіоактивні корисні копалини (уран і торій).

Вугілля. Це продукт органічного походження. Мільйони років тому під дією сонця і води лісові масиви відмирили, утворюючи болотисту біомасу з подальшим перетворенням у торф. Далі торф перетворювався на буре та кам'яне вугілля, антрацит, графіт (рис. 2.15). Процес перетворення вугілля і його перехід з однієї форми в іншу продовжувався багато

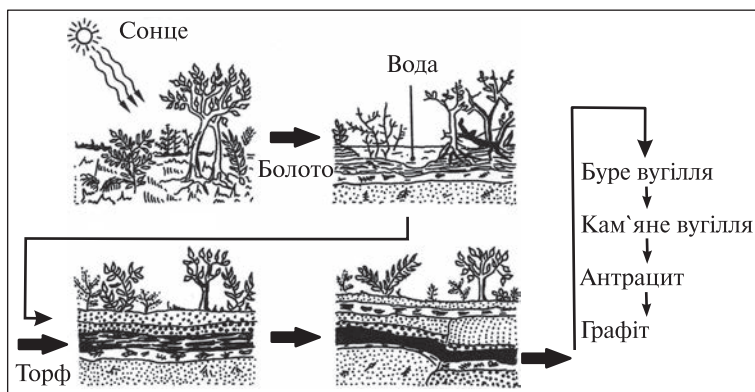


Рис. 2.15. Процес утворення вугілля

мільйонів років. Для бурого вугілля цей період становить 50, для кам'яного — 300, для антрациту — 400 млн років.

Перехід торфу в буре вугілля відбувається в процесі вуглефікації на невеликих глибинах. Перехід бурого вугілля у кам'яне — складніший і пов'язаний з більш глибокими зонами земної кори, де головними чинниками стають температура і тиск. Антрацит утворюється під дією метаморфічних чинників — в зонах регіонального і контактного метаморфізму, де за високих температур відбувається його подальша вуглефікація з можливим переходом вугілля у графіт.

Буре вугілля містить 65—70 % вуглецю. Ця копалина — наймолодша з викопного вугілля і складається з решток рослин. Вміст вуглецю в кам'яному вугіллі залежно від його сорту варіює від 75 до 95 %.

Антрацит — найдавніший з викопного вугілля. Містить 95 % вуглецю. Характеризується значною густиною і блиском (рис. 2.16).

Світові запаси всіх типів вугілля дорівнюють сотням мільярдів тонн.

Перше місце за запасами вугілля займають США (15 % загальносвітових), друге — Росія. До 2020 р., згідно з прог-

нозами, такі країни, як США, Китай, Індія, збережуть свої позиції найпотужніших країн з видобутку вугілля.

В Європі вугілля добувають у 20 країнах. Розробка ведеться відкритим і підземним способами. В Росії приблизно 2/3 викопного вугілля складає кам'яне, 1/3 — буре. Найбільші кам'яновугільні басейни Росії — Кузнецький, Ленський, Іркутський, Мінусинський; Казахстану — Карагандинський



Рис. 2.16. Антрацит

та ін. Найбільшими перспективними родовищами є Ельгинське (Республіка Саха (Якутія)), Елегетське (Тива), де запаси коксуючого вугілля становлять близько 1,0 млрд т.

У Німеччині вугілля видобувають у Рурському басейні, Тюрингії, в Польщі — у Верхньосилезькому басейні. Видобувають вугілля в Англії, Чехії, Україні. Вугільна промисловість України має паливно-сировинну базу, представлену Донбасом, Дніпровським і Львівсько-Волинським басейнами. 90 % вугілля добувають у Донбасі. Тут глибина розробки вугілля на вугільних шахтах досягає 1200—1500 м. Крупні родовища вугілля є в Середній Азії: Казахстан — Екібастузьке, Узбекистан — Ангренське.

Використовують вугілля насамперед для опалювання приміщень, а також для роботи теплових електростанцій (рис. 2.17). Майже 55 % вугілля застосовують для отримання електроенергії.

Значну частину вугілля переробляють на кокс, який використовують у металургійній промисловості для виплавки різних металів, а також для отримання різних смол та інших хімічних компонентів.

Горючі сланці. Це осадова органічно-мінеральна порода, що містить у концентрованій формі (20—70 %) сапропелеву



Рис. 2.17. Теплова електростанція, що працює на вугіллі

органічну речовину (продукт перетворення рослинних і тваринних організмів), яка за сухої перегонки дає значну кількість смоли, близької за складом до нафти (рис. 2.18).

Горючі сланці є практично в усіх вікових геологічних системах, їх світові запаси дорівнюють трильйонам тонн, з них смоли — 550 млрд т. Сланці відомі на всіх континентах. Промисловий видобуток ведуть в Китаї (10 млн т/рік), Естонії (16 млн т/рік), Росії (4 млн т/рік). Найбільші родовища горючих сланців розташовані в Естонії, Білорусі, Україні, Росії, США, Канаді, Китаї, Бразилії та ін. Основні ресурси (понад 80 %) зосереджені в США, Бразилії, Росії.

Сланці використовують як паливо на теплових електростанціях, у котельних, а також як хімічну сировину для отримання фенолів, пластифікаторів, клею та інших препаратів. Майбутнє горючих сланців — їх переробка в синтетичне рідке паливо. Нині розробляють новітні технології спалювання сланців у спеціальних газогенераторах і ретортах.

Торф. Це горюча речовина, що утворюється в процесі природного відмирання і неповного розпаду болотяних



Рис. 2.18. Горючі сланці

рослин в умовах надлишкової вологи і недостатнього доступу повітря. Торф має надзвичайно складний хімічний склад. Вміст органічної маси такий, %: водорозчинні речовини 1—5; бітуми 2—10; легкогідролізні сполуки 30—40; целюлоза 4—10; гумінові кислоти 15—50; лігніт 5—10.

Родовища торфу на планеті численні (Азія, Європа, Північна Америка та ін.) і охоплюють площі порядку 350 млн га, з яких близько 100 млн га мають промислове значення. В Україні найкрупніші родовища торфу зосереджені у Північно-Західному регіоні.

Використовують торф переважно в побуті для опалювання приміщень. Значну частину торфу застосовують як органічне добриво в сільському господарстві, а також для отримання паливного газу, виробництва воску, спирту, фурфуролу, тепло- і звукоізоляційних торф'яних плит та ін.

Радіоактивні елементи (уран, торій). На використанні властивостей цих елементів ґрунтується отримання атомної енергії.



Рис. 2.19. Уранова руда



Рис. 2.20. Панорама атомної електростанції (Німеччина)

Промислові родовища *уранових руд* представлені гранітними пегматитами, гідротермальними жилами, осадовими відкладами з асфальтовою речовиною, метаморфізованими конгломератами (рис. 2.19).

Найкрупніші та найбільш відомі на сьогодні уранові родовища України (Жовторіченське), Росії (Урал), США (Моррисбейл, Амброзія-Лейк), Конго (Шинколобве), Канади (Бі-

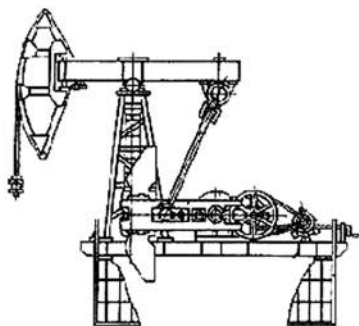
вергодш), країн Середньої Азії. У Казахстані зосереджено 15,5 % світових запасів урану, в Узбекистані — 3,5 %.

Світові запаси уранових руд досить значні і становлять майже 3 млн т. Їх видобуток різко збільшився з розвитком атомної енергетики. Виробництво урану в концентратах у 2005 р. дорівнювало 42 тис. т. Основні країни, що добувають уран, тис. т: Канада 11,4; Австралія 9,6; Росія 3,5; Нігерія 2,9; Намібія 2,7; Узбекистан 2,35.

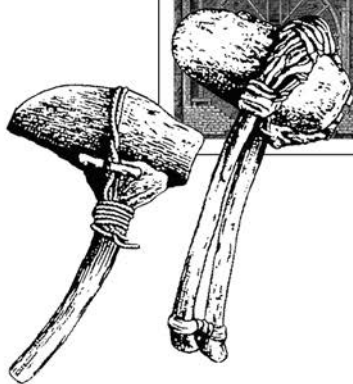
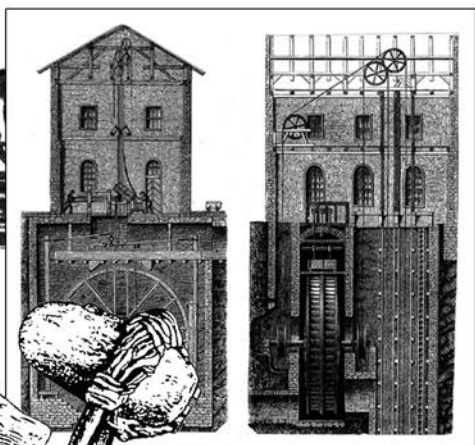
Ядерне паливо на основі урану використовують майже шість десятиліть, і нині ядерна енергетика розвивається швидкими темпами (рис. 2.20). Крім АЕС уран використовують у військовій техніці.

Торій міститься в таких мінералах, як торит, монацит, торіанит та ін. Головні родовища торію представлені магматичним, скарновим, гідротермальним, осадово-розчинним і метаморфічним типами. Найкрупніші родовища торію зосереджені в Індії, Шрі-Ланці, Австралії, США, Канаді, Нігерії, Кенії та ін. Торій використовують у ядерній енергетиці, його світові запаси становлять декілька сотень тисяч тонн.

РОЗДІЛ
3



ІСТОРІЯ ПРИНІЧОЇ СПРАВИ





3.1. Початок видобутку твердих корисних копалин

3.1.1. Основні етапи еволюції в гірничій справі

Гірнича справа — сфера діяльності людини в освоєних надрах Землі. Гірничу справу здавна вважали мистецтвом, оскільки вона потребує високої майстерності, великих знань і творчого підходу до взаємодії людини з природою із урахуванням всієї складності, постійного розвитку в часі й просторі гірничих виробок, підземних споруд і комунікацій.

Дуже влучно і емно сказав про гірничу справу академік РАН В.В. Ржевський: «В наше время под «горным делом» понимают область науки и техники, производства, которая относится к способам и средствам трудовой деятельности при разведке, разработке месторождений полезных ископаемых, их первичной переработке, а также при строительстве горных предприятий и подземных сооружений различного назначения».

Гірнича справа зародилася разом з людським суспільством у глибокій давнині. Витоки її починаються з доісторичних часів в епоху палеоліту, коли людина вийшла з печери у пошуках кременю для використання як знаряддя праці, полювання і захисту від ворогів. Ця галузь роз-

вивалася у тісному зв'язку із соціально-економічною структурою людського суспільства на основі вдосконалення знарядь виробництва.

Ранні періоди гірничої справи в різних регіонах земної кулі відповідають різному історичному часу. Так, про період кам'яного віку свідчать археологічні джерела, виявлені в Африці, Європі, Азії, мідного і бронзового — в країнах Середземномор'я, Малій Азії, на Уралі та в Казахстані, залізного — в країнах античного світу — Давньому Єгипті, Давній Греції, в країнах Західної Європи, Середньої Азії, Китаї, Японії.

З розвитком гірничої справи зростав обсяг видобутих корисних копалин. Одним з чинників розвитку гірничої справи, що визначає її рівень у різні історичні періоди, є застосування різного знаряддя гірничого виробництва — від кам'яних сокир і кувалд до машин-автоматів й автоматизованих систем.

Ця еволюція виглядає так: 12—6 тис. років до н. е. — використання кам'яних сокир і рогових кайл; 5—2 тис. років до н. е. — мідних, а потім і бронзових знарядь; з 2-го тис. до н. е. — залізних кирок і кайл; 2-ге—1-ше тис. до н. е. — поява перших гірничих машин; в XVI—XVII ст. — їх удосконалення; кінець XVIII ст. — оснащення автономним приводом; XX ст. — впровадження автоматичних систем.

Етапи розвитку гірничої техніки пов'язані головним чином з використанням різних енергетичних джерел. Ще у 1980-х роках учені О.І. Арсенєв та В.О. Падуков виділили чотири етапи в розвитку гірничої техніки: біоенергетичний, машинне виробництво, електрифікація, автоматизація.

Біоенергетичний етап (людина — інструмент — предмет праці) пов'язаний з використанням мускульної сили людини і тварин; етап машинного виробництва (людина — машина — інструмент — предмет праці) — з винаходом і використанням парової машини, розвитком машинного виробництва; етап електрифікації — з інтенсифікацією вироб-

ництва, підвищенням продуктивності машин і устаткування; етап автоматизації — передачею функцій керування гірничою технікою спеціальним пристроям.

З удосконаленням знарядь виробництва змінювалася й гірнича технологія. Відома з прадавніх часів розробка корисних копалин відкритим і шахтним способами у 1-му тис. до н. е. доповнилася технологією видобутку за допомогою бурових свердловин, з 1950-х років — технологією розробки покладів у морських акваторіях.

В 1970-ті роки гірнича справа переросла у гігантську за масштабами і комплексну за змістом сферу виробництва, що забезпечує понад 70 % потреб людства у сировині. Нині у світі щорічно вилучають із земних надр 100 млрд т гірської маси, видобувають близько 20 млрд т корисних копалин. Серед мінеральних ресурсів найважливіше місце займає паливно-енергетична сировина, в балансі якої 27 % припадає на вугілля, 40 — на нафту, 17 % — на природний газ.

У ХХІ ст. гірнича справа є провідною і ключовою галуззю промислового виробництва.

3.1.2. Історична хронологія розвитку гірничої справи

Етапи гірничої справи пов'язані з діяльністю людини щодо удосконалення знарядь праці. В період палеоліту (2,5 млн—35 тис. років тому) людина спочатку збирала кам'яну сировину на поверхні. Знайшовши уламки каменів (навіть без обробки), людина пристосовувала їх для різання та рубання. Це примітивне збирання кам'яного матеріалу поступово змінювалось на цілеспрямований видобуток каміння з невеликої глибини (рис. 3.1).

Відомо, що на території Європи, Азії та Африки поряд з кремнієм людина використовувала понад 20 мінералів і близько десятка гірських порід. Збирання кам'яного матеріалу впродовж палеоліту, з одного боку, привело до помітного висна-

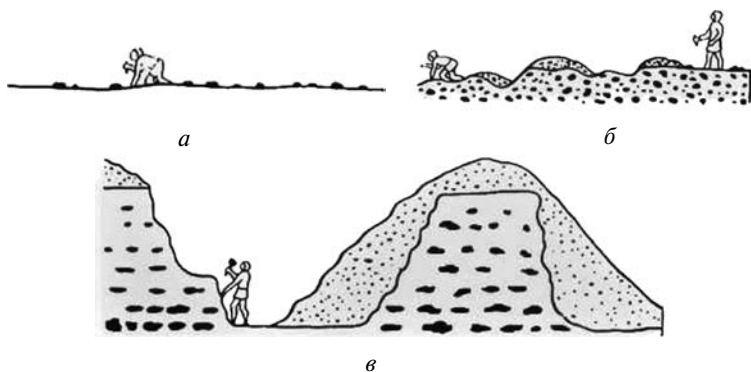


Рис. 3.1. Перші кроки людини з видобутку кам'яних матеріалів: а, б — збирання з поверхні; в — видобуток з глибини

ження поверхневих покладів якісного матеріалу, з іншого — сприяло отриманню навичок і створенню техніки обробки каменю та їх поширенню в Африці, Азії, Європі (рис. 3.2).

В епоху мезоліту і неоліту як примітивні знаряддя використовували каміння, пізніше — роги тварин (рис. 3.3).

З розвитком скотарства і землеробства з'явилися ремесла з виготовлення кам'яних знарядь. Для гірничих робіт виготовляли молоти, кайла, кирки, клини. Поступово формувалася система гірничої технології. Так, для видобутку кремнію викопували ями, канали, ніші в крутих берегах річок і підземні ходи — гірничі виробки, в тому числі горизонтальні. Такі перші гірничі виробки були виявлені на територіях багатьох країн Європи: Данії, Франції, Угорщини, Польщі, країн СНД (рис. 3.4).

З урахуванням залягання пластів і покладів кремнію проходили вертикальні виробки — казаноподібні ями, що пізніше набували вигляду шахтних стовбурів, глибина яких сягала 18 м (рис. 3.5).

З метою відпрацювання великої площі покладу на вибої стовбури розширювали і збивали в одну виробку великого перерізу.

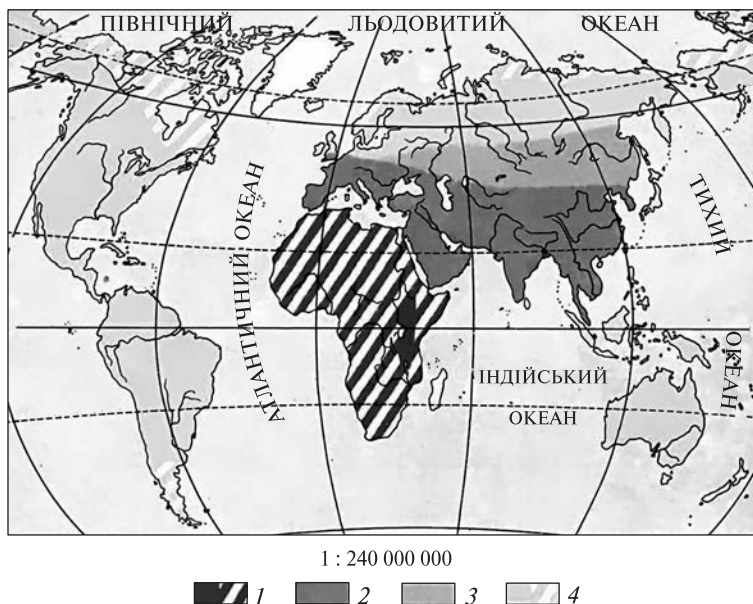


Рис. 3.2. Етапи використання кам'яних знарядь у різних частинах світу, за Є.М. Черних [41]: 1 — від 2,5 млн—700 тис. років тому (олдувайська епоха); 2 — від 700—100 тис. років тому (ашельська епоха); 3 — від 100—35 тис. років тому (мустьєрська епоха); 4 — від 35—10 тис. років тому (епоха верхнього палеоліту)

Навчившись обробляти камінь, людина почала використовувати поряд з кремнієм і такі гірські породи, як гнейси, діабазити та ін. Розширився і асортимент кам'яних знарядь (рис. 3.6). Ці кам'яні знаряддя вже виготовляли у спеціалізованих майстернях. Такі майстерні були в Німеччині (о-в Рюген), Польщі (Кшеменки) та інших регіонах.

Починаючи з 10—8 тис. до н. е. розширювався асортимент видобутку корисних копалин, у 7-му тис. до н. е. вперше було видобуто і виплавлено мідну руду. Проте початок поширення мідних знарядь датовано 6—5 тис. до н. е., коли видобуток мідних руд і виготовлення виробів з міді

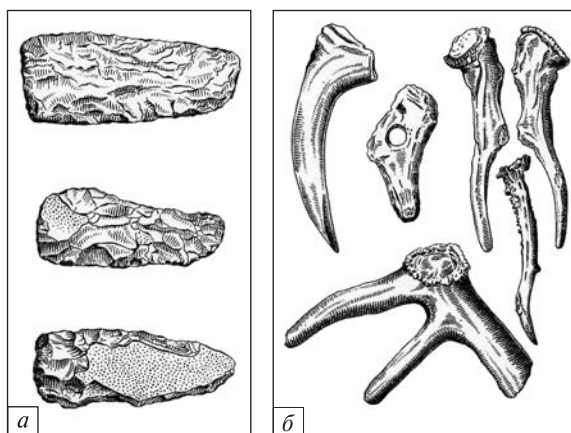


Рис. 3.3. Перші гірничі знаряддя людини з каменю (а) і рогів тварин (б)

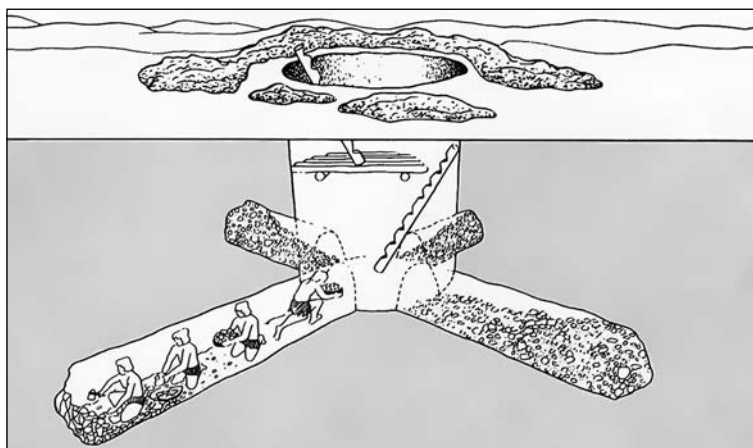


Рис. 3.4. Перші горизонтальні виробки з видобутку кременю

набув широкого розмаху на багатьох територіях світу, і на-самперед в Ірані, на Балканах і в Карпатах. Приблизно в той самий час почали виплавляти бронзу на Кавказі, Уралі, Донбасі.

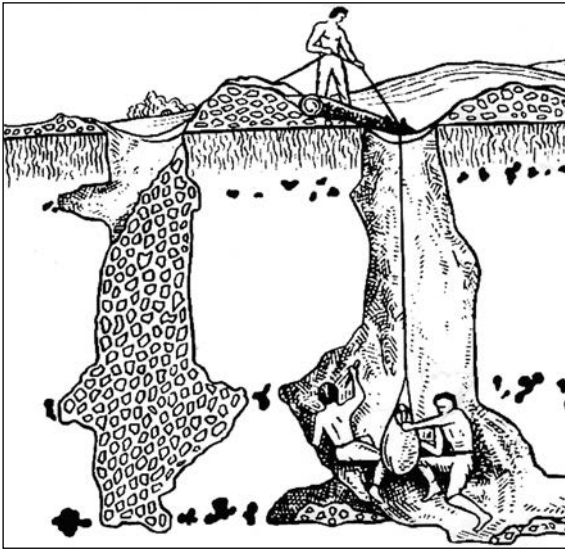


Рис. 3.5. Перша вертикальна виробка — прообраз шахтних стовбурів

На Алтаї поліметалеві руди видобували ще з давніх-давен, про що свідчать так звані чудські копальні — штольні, що обвалилися. Вік цих копалень датують другою половиною 3-го тис. до н. е., коли у Південному Сибіру створювались осередки металургії.

Поряд з мідними рудами людина почала добувати золото, руди олова, свинцю. З розширенням обсягів видобутку мідних руд, удосконаленням виплавки і кування мідні та бронзові знаряддя поступово витіснили кам'яні. Їх замінили кайла, кирки і клини з бронзи та міді, що значно полегшило розробку корисних копалин (рис. 3.7, а).



Рис. 3.6. Удосконалені кам'яні знаряддя

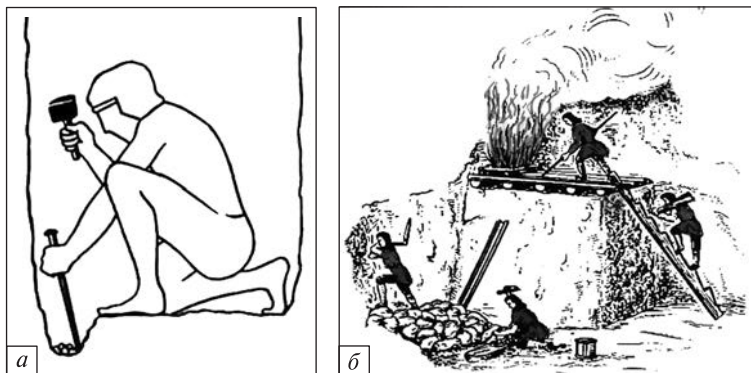


Рис. 3.7. Відбивання рудної маси: *а* — гірничими знаряддями з міді та бронзи; *б* — розігріванням порід

Утім висока міцність рудних покладів значно утруднювала їх вилучення за допомогою простих знарядь. Довелося шукати нові способи для ослаблення міцності порід.

З давніх часів людина помітила, що зміни пір року, тепло та холод руйнують породи: в тріщини проникає волога, а в разі її заморожування стінки тріщин різко розкриваються, гірські породи розтріскуються і руйнуються; за нагрівання вони розтріскуються або пом'якшуються. Тому за примітивної технології видобутку корисних копалин в давні часи гірники застосовували заморожування та нагрівання (рис. 3.7, б).

На площині вибою розкладали вогнище, нагріті породи обливали водою, а в тріщини, що утворювалися, кам'яними кувалдами забивали дерев'яні клини. Потім клини змочували, і коли вони розбухали ними відколювали глиби породи від масиву. Цю технологію застосовували на Лавронських копальнях у Греції, Міттельберзьких копальнях в Австрії.

Істотним етапом в розвитку видобутку корисних копалин було впровадження металевих інструментів: сокир, кли-

нів, молотів, доліт. Змінювалися форма та протяжність підземних виробок. Для запобігання обваленню виробкам надавали склепінну або абочну форму.

Стійкість виробок забезпечували, залишаючи цілики, споруджуючи підпори з глиб каменю, застосовуючи дерев'яні розпірки. Провітрювали підземні виробки, споруджуючи на різних рівнях спеціальні вертикальні виробки. Першими водовідливками були ями-водозбірники, з яких воду вичерпували шкіряними або берестяними відрами. Освітлювали гірничі виробки спалюванням сухого хмизу, пізніше — за допомогою масляних жбанів.

Були вирішені питання спуску і підйому людей та руди з неглибоких шахт. Для спуску і підйому рудокопів у стінці вертикальної виробки залишали невеликі уступи і застосовували колоди із зарубками. Руду піднімали на поверхню в шкіряних сумках і плетених корзинах.

Руди, що залягали близько від поверхні, розробляли відкритим способом. Для цього викопували котловани значних розмірів, залишаючи між ними ділянки гірських порід. Довжина прообразів перших кар'єрів дорівнювала 100 м і більше, глибина — 20—30 м. Наприклад, довжина давнього кар'єру в урочищі Кенгазган (Казахстан) сягала 500 м, ширина — 100 м, глибина — 18 м. Такі давні кар'єри були виявлені і на Синайському півострові.

В той період виникла нова сфера гірничої справи — збагачення. Як дробильні знаряддя використовували кам'яні молотки. Для розділення мінералів у водному середовищі воду подавали навіть з віддалених джерел. Наприклад, у районі давніх Міттерберзьких копалень (Австрія) вода надходила з гірського озера на відстань 200 м. Для виділення рудних мінералів подрібнену руду зсипали в дерев'яні корита і промивали.

У самостійний напрям гірничої справи виділилися добування та обробка кам'яних блоків. Найбільших масштабів ця діяльність досягла у Давньому Єгипті під час споруду-



Рис. 3.8. Піраміди Хеопса

дження пірамід. Техніка виймання полягала в оконтурюванні окремих блоків системою врубів, в які забивали клини. Для спорудження лише однієї піраміди Хеопса було потрібно 2300 кам'яних блоків масою від 2 до 15 т кожен (рис. 3.8).

У зазначений період у великій кількості видобували багато корисних копалин: гіпс, лазурит, хризоліти, топази; мінеральні пігменти — гематит, гетит, деморфін та ін.

Отримані навички і накопичений досвід спорудження гірничих виробок дали змогу будувати унікальні підземні споруди. Так, для водопостачання був побудований колодязь Йосипа в Каїрі, що складався з двох стовбурів — верхнього, завглибшки 50 м, та нижнього — 40 м, і басейну для води. Були побудовані також храмові споруди в Темне, мідні копальні фараона Тутмоса IV і перші тунелі.

Цей період в еволюції гірничої справи завершився переходом до масової розробки залізних руд, коли великі серії залізних знарядь почали витісняти бронзові. Гірнича справа вступила в залізний вік (рис. 3.9).

Перехід до залізного віку відбувався приблизно з 2-го по 1-ше тис. до н. е. Поширювалися видобуток залізної руди та виплавка заліза, і поступово бронзові знаряддя змінилися залізними. Рабська праця в гірничій справі стає основною.

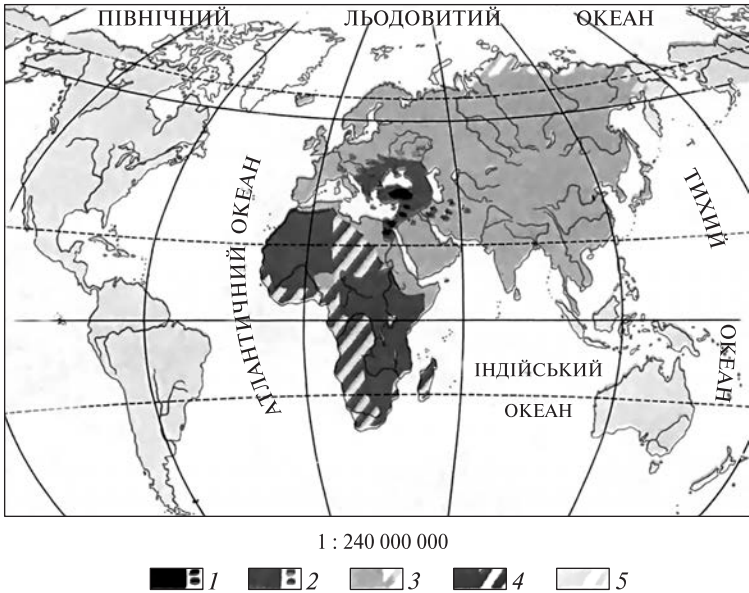


Рис. 3.9. Етапи використання залізних знарядь у різних частинах світу, за Є.М Черних [41]: 1 — від 2500—1500 рр. до н.е., епоха бронзи, обмежені серії виробів; 2 — від 1500—900/800 рр. до н.е., епоха бронзи, обмежені серії виробів; 3 — від 900/800 рр. до н.е. — початок н.е., епоха заліза, серії виробів; 4 — від початку н.е. — приблизно 1500 р., серії виробів; 5 — після 1500—1800 рр. н.е., масові серії виробів

Зростання обсягів виробництва сприяло освоєнню нових родовищ залізної руди і появи майстерень з виготовлення виробів із заліза. Такі майстерні й центри були на території Великої Британії, Франції та в інших місцях.

Стимулом до розширення та інтенсифікації гірничої справи був подальший розвиток торгівлі рудою, металами, сіллю, мармуром, мінеральними фарбами, коштовним камінням та іншою продукцією. Залізні молоти і кайла стають основними знаряддями гірничого виробництва. Залізну руду розробляють у районах Старого Світу, включаючи північно-східні райони Азії.

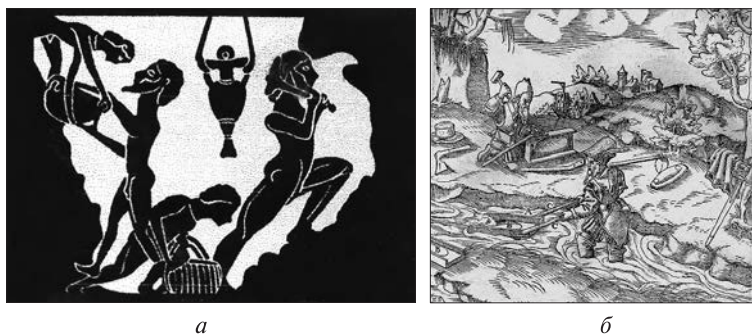


Рис. 3.10. Видобуток срібла на Лавріонських копальнях у Давній Греції (а) та золота в долинах річок Іспанії (б)

Гірнича справа в цей період розвивалась на тлі виникнення і розквіту античних держав: Давньої Греції, Давнього Риму та інших країн Середземномор'я. Розширювалися масштаби видобутку корисних копалин: міді (Кіпр, Страндіна), золота (острови Сіорнок, Фракія), срібла (Фракія, Македонія, Епір, Лідія, Лавріонські копальні) (рис. 3.10, а).

Значної досконалості досягає видобуток золота з використанням водних потоків (рис. 3.10, б). Золотоносний пісок зсипали на баранячі шкури, які промивали водою, що подавалась по дерев'яних жолобах. В Іспанії ці роботи проводили в долинах річок Тахо, Дуеро та інших. Територія Іспанії стає одним з головних центрів видобутку руд у Європі.

Розширювався видобуток свинцево-цинкових руд. Руди подрібнювали в кам'яних ступах з подальшим промиванням на «кам'яних» столах — майданчиках з паралельними канавками для води, яку подавали з водоєм за допомогою «Архімедова гвинта». Цей механізм являв собою гвинт усередині труби (рис. 3.11). Був винайдений Архімедом приблизно в 250 р. до н. е.

Бурхливим був розвиток гірничої справи в регіонах Старого Світу у 1-му тис. до н. е. Наприклад, у Китаї розробляли кілька тисяч родовищ руд заліза, міді, олова та інших ко-

рисних копалин. Для видобутку соляних розчинів бурили свердловини завглибшки до 900 м, діаметром 120—150 мм.

З крахом могутньої Римської імперії на початку 1-го ст. н. е. протягом декількох століть гірнича справа переживає глибоку кризу.

Новий підйом продуктивних сил пов'язаний з формуванням феодалних стосунків та появою вільних виробників, у тому числі ремісників-гірників. Розширюються обсяги гірничого виробництва, поновлюються розробки в Альпах, Трансильванії, Північних Балканах, північних районах Європи.

З V—VI ст. н. е. розробляють вугільні родовища в районі Льежа (Бельгія). З 712 р. видобувають залізну руду в Штирії (Австрія). У великих масштабах розробляють руди поліметалів у Богемії, на р. Рейн. З XI ст. у країнах Європи формуються великі міста — центри ремісничої діяльності гірників — у Чехії, Саксонії, Франції. Жителі цих міст добували руду для виплавлення заліза, золота і срібла, які використовували для карбування монет. Міста домагалися від феодалів гірничих свобод, закріплювали спеціальним законодавством — Гірничим правом — правила проведення гірничих робіт. Уперше воно було застосовано в 1249 р. для чеського міста Інглави.

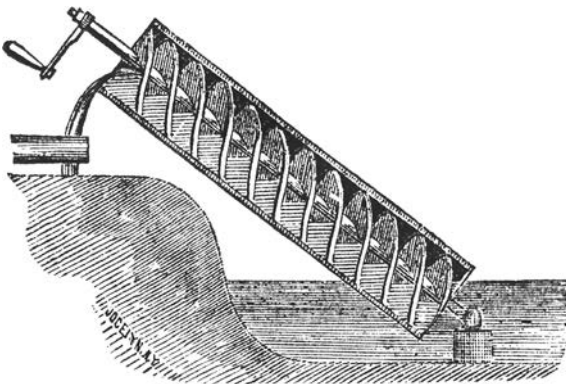
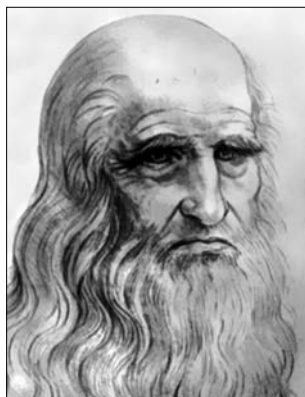


Рис. 3.11. Схема «Архімедова гвинта»



Георг Агрикола



Леонардо да Вінчі

У той час в Чехії, Саксонії, Австрії були створені цехові організації рудокопів, товариства з експлуатації родовищ, що зумовило різке підвищення продуктивності праці. Формувалися традиції гірників, що відбилося у професійних святах, парадному одязі. Праця гірників відображена у фольклорі, витворах мистецтва, в архітектурних будівлях.

У X ст. у Західній Європі розпочався підземний видобуток кам'яної солі методом розчинення. Соляний промисел мав виняткове значення і на Русі. Збереглися документальні дані (від 1363 р.) про видобуток солі з підземних розсолів у Старій Руссі.

В XII—XV ст. у центральних областях Росії видобуток руд досяг значного рівня. В Київській Русі та Новгородській землі починають розробляти неглибокі родовища бурих залізняків і сидеритових руд.

У XVI ст. різко зростав видобуток золота і срібла. Центром цього видобутку стала Південна Америка, де обсяги вилучення цих металів у 5 разів перевищували рівень видобутку у Європі. В Мексиці для подрібнення руди застосовували спеціальні пристрої. Для вилучення срібла почали застосовувати амальгамацію у чавунних ретортах.

У Росії широкий розвиток гірничої справи розпочався з другої половини XVI ст. при Великому князеві Московському Івані IV, коли в 1584 р. до Печорського краю була відправлена перша експедиція на пошук корисних копалин.

У 1700 р. був запроваджений «Наказ рудокопних справ». Значні на той час обсяги розвідувальних робіт проводили в європейській частині Росії, на Уралі, в Сибіру. На відкритих родовищах заліза, кольорових і благородних металів були організовані гірничі промисли.

У XVI—XVIII ст. з виникненням мануфактурного виробництва настала епоха гірничих машин, їх створення започаткувало науково-технічний прогрес у Європі. Під впливом ідей Відродження наука звертається до практики, її знаменують винаходи компаса, пороху, книгодрукування та ін.

Заміна вогневих робіт вибуховим відбиванням зробила переворот у гірничій технології. З'являються перші друкарські настанови з гірничої справи. Серед них перший технічний підручник — «Двадцять книг про гірничу справу і металургію» (1550 р.) німецького вченого та письменника Георга Аґріколи, в яких описано всі гірничі процеси.

Перші кроки робить наука: дослідники створюють теорії махового колеса і махових рухів, теорію жолоба, вчення про напір води, опір тертю, вивчають властивості водяної пари та ін. Наукові розробки відбилися на створенні перших гірничих машин: прототипи підйомної шахт-

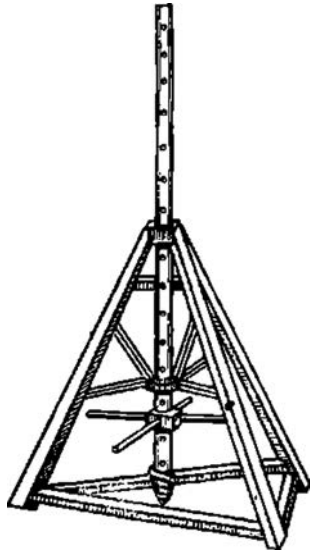


Рис. 3.12 Ескіз бура Леонардо да Вінчі для буріння свердловин



Рис. 3.13. Перше пристосування для відкачування води з шахти

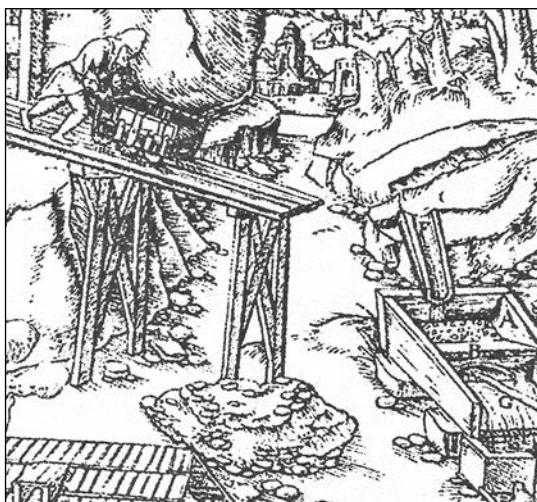


Рис. 3.14. Найстаріший рудниковий рухомий потяг — рейкова колія

ної машини для спускання і піднімання вантажу з використанням циліндра для навивання канату і бура, розробленого в 1500 р. Леонардо да Вінчі (рис. 3.12).

Вже з'являються великі гірничі машини та механізми: водовідливні пристосування (рис. 3.13), кінна корба для шахтного підйому.

На копальнях Німеччини та Франції впроваджують перші рейкові колії (рис. 3.14). У 1550 р. Себастьян Мюнстер (Базель) у своїй книзі описав рейкові дороги та вагонетки, що пересувалися по них на

шахтах і копальнях Ельзасу. Відомості про чотириколісні вози і дерев'яні лінії, по яких пересувалися вози, викладені у працях Г. Агріколи. Такі візки пересувалися дерев'яними рейками і лише пізніше з'явилися залізні колії.

У XVII–XVIII ст. розширюється сфера застосування простих гідравлічних двигунів — водяного колеса як приводу підйомних шахтних лебідок і складних пристроїв шахтного підйому (рис. 3.15).

Використання машин і пристосувань дало змогу споруджувати шахти як впорядковану систему гірничих виробок (рис. 3.16).

В удосконаленні конструкції гірничих машин виняткову роль відіграв винахід Д. Папенем парового котла у 1680 р. (Велика Британія).

Гірнича справа виявилася такою галуззю виробництва, в якій у XVIII ст. парокотельні агрегати впроваджували найінтенсивніше.

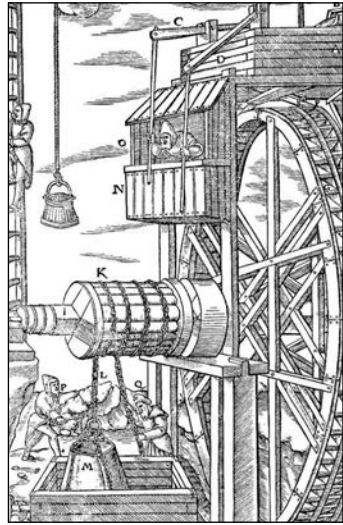


Рис. 3.15. Водяне колесо для підйому руди

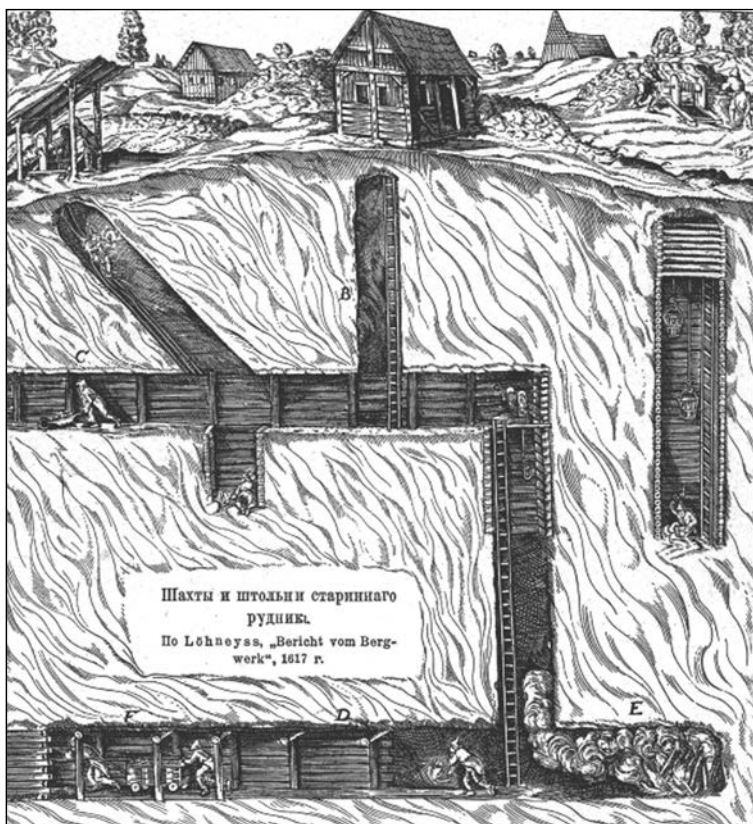


Рис. 3.16. Система гірничих виробок у старій шахті (Німеччина)

На копальнях Західної Європи застосовували пароатмосферну водопіднімальну машину конструкції Т. Н'юкомена (Велика Британія, 1712 р.) для відкачування води з шахт. Поршень у циліндрі цієї машини піднімався під дією гарячої пари і опускався за її конденсації (рис. 3.17, а). У вугільних шахтах поблизу Льежа застосовували паровий насос англійського інженера Т. Севері (рис. 3.17, б). У 1775 р. відомий вчений Дж. Уатт встановив на парову

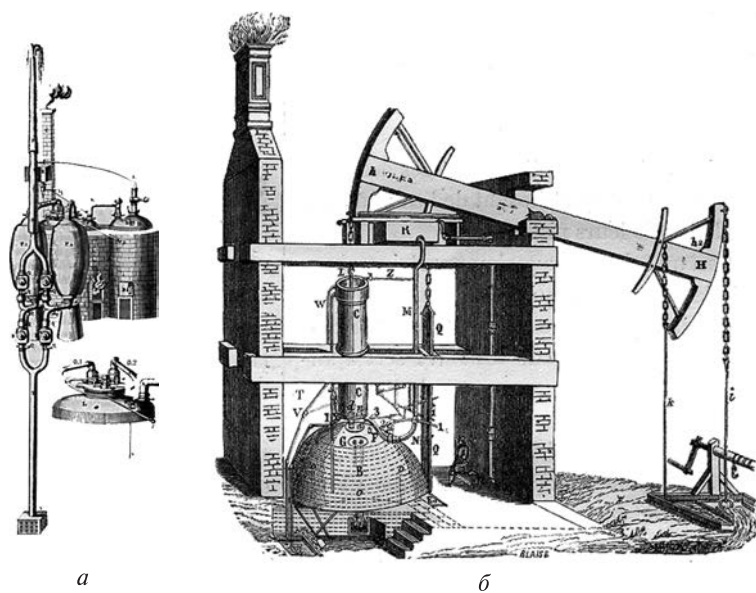


Рис. 3.17. Машини для відкачування води з шахти: *а* – парова машина Т. Н'юкомена; *б* – паровий насос Т. Севері

машину кривошипно-шатуновий механізм і перетворив паровий двигун на універсальний.

У XVIII ст. потужне піднесення гірничої справи в Росії відбулось у період царювання Петра I. Він поклав початок державному гірничому управлінню.

Розвитку гірничої справи сприяло відкриття в 1725 р. Російської академії наук. Широкі пошуки корисних копалин проводили на Уралі, в Сибіру, Алтаї, Криму і Кавказі. До кінця XVIII ст. Росія займала провідне місце у світі з видобутку корисних копалин. Початкове становлення гірничої справи в Росії також зобов'язане М.В. Ломоносову.

З 1742 р. в Академії наук М.В. Ломоносов викладав природничу історію руд. Він видав глибоку за змістом працю «Первые основания горной науки».



Петро I (1672–1725)



М.В. Ломоносов (1711–1765)

Наприкінці XVIII — на початку XIX ст. з укріпленням капіталізму настав якісно новий період у розвитку гірничої справи. Він характеризувався промисловим переворотом — освоєнням високопродуктивних гірничих машин. Виникла нова галузь — машинобудування, і вже у 70-ті роки XIX ст. були побудовані заводи гірничого машинобудування.

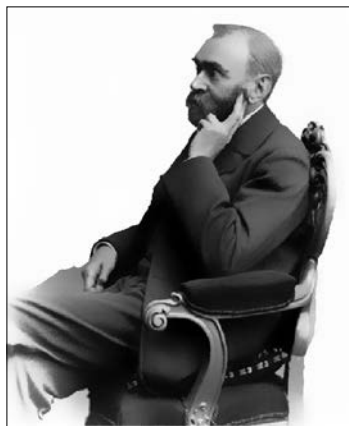
Величезний попит на мінеральну сировину сприяв перетворенню гірничої справи у другій половині XIX ст. у потужну галузь капіталістичного господарювання. Це дало можливість забезпечити середньорічний видобуток кам'яного вугілля в обсязі 187 млн т, залізної руди — 20,5 млн т. Хоча промислова революція кінця XVIII — початку XIX ст. дала поштовх до збільшення видобутку мі-

неральної сировини, однак усі гірничі процеси в цей період велися, в основному, за допомогою ручної праці.

Для гірничої справи первинне значення мало широке впровадження вибухових робіт. Цьому сприяла заміна пороку потужними вибуховими речовинами — піроксиліном, нітрогліцерином, у 1867 р. — динамітом.

У 1863 р. Альфред Нобель винайшов динаміт, або, як його називали, безпечний вибуховий порошок Нобеля. Цей

винахід був найважливішим успіхом дослідника. Динаміт відразу почали широко застосовувати у будівництві і гірничодобувній промисловості. Перший відбій вугілля динамітом був здійснений на шахті Анна-Марія у Вестфалії (Німеччина). У той період крім буріння шпурів ручним способом почали застосовувати пневматичні поршневі перфоратори.



Альфред Нобель (1833–1896)

У 80-х роках XIX ст. був удосконалений привід гірничих машин, парокотельні агрегати замінювали електричними двигунами. Їх використання в шахтах і копальнях було проривом у гірничій справі. Почалося технічне переозброєння гірничого виробництва. Електродвигун стає приводом бурових механізмів, внутрішньошахтового транспорту та водовідливних установок. Суттєво був удосконалений шахтний підйом. У 1894 р. у Німеччині застосували електричний шахтний підйом, бадді замінили одно- і багатопверховими клітками.

Наприкінці XIX — на початку XX ст. у зв'язку з різким збільшенням потреби в корисних копалинах виділилися великі галузі гірничодобувної промисловості: кам'яновугільна, залізорудна, нерудної і гірничо-хімічної сировини. З'являються електричні врубові машини, виникає комбайнова технологія. В 1897 р. було запатентовано перший у світі комбайн для проходки горизонтальних виробок.

У цей період механізують рудниковий транспорт. Відкатку вагонеток, доставку вугілля і руди в 1881 р. у США здійснювали повітревозами, а вже через рік у Німеччині були впроваджені електровози. У вугільних шахтах з'яв-

ляються конвеєри: в 1902 р. у Великій Британії — скребкові, в 1906 р. у Німеччині — коливальні, в 1906 р. у Великій Британії — стрічкові.

У 30-х роках XIX ст. починають застосовувати сталеві канати для рудникового підйому і відкатки. Для кріплення гірничих виробок використовували лісоматеріали і цегельну кладку. Залежно від гірських умов кріплення мали різні конструкції.

Отже, XIX ст. було епохою розробки нових машин і пристосувань у гірничій справі (табл. 3.1).

Початок XX ст. ознаменувався вдосконаленням систем розробок вугільних і рудних родовищ. На вугільних шахтах почали розробку потужних пластів із закладенням відпрацьованого простору. На рудних шахтах розробку руд вели системою з підповерховими штреками та використовуючи поверхове обвалення.

Ефективність гірничої справи підвищувалася переважно внаслідок впровадження відкритого способу розробки родовищ. За період з 1919 по 1970 р. відносна питома вага

Таблиця 3.1. Розробки гірничих машин у XIX ст.

Механізм	Рік	Країна, автор
Одноківшевий паровий екскаватор	1834	США, В. Ожіе
Дискова врубова машина для вугільних шахт	1852	Велика Британія, С. Ворінг
Багатоківшевий екскаватор	1860	Франція, М. Кувре
Пневматичний поршневий перфоратор	1861	Франція
Водомет, прообраз гідромоніторів	1862	Росія
Ланцюгова (барова) врубова машина	1864	Велика Британія
Буровий верстат	1884	Німеччина
Прохідницький комбайн	1897	Росія, А. Колері

видобутку вугілля у загальному світовому балансі збільшилася з 6 до 30 %. В СРСР частка видобутку корисних копалин відкритим способом становила, %: вугілля — 25; залізної руди — 77; руди кольорових металів — 64; гірничо-хімічної сировини — 46,6; неметалевих копалин та будівельних матеріалів — 100.

Великі успіхи були досягнуті у вивченні фізичних властивостей гірських порід, що дало змогу знаходити оптимальні рішення в конструюванні породоруйнівних машин та інструментів. Продовжувалися теоретичні та дослідні роботи в галузі гірничої справи, що відкривали перспективу видобутку копалин без праці людей під землею методами геотехнології, а також видобутку корисних копалин з морського дна.

Продовжує відігравати важливу роль вугілля. У 1995 р. в Росії понад 250 млн т вугілля було використано як паливо для ТЕС і в сталеливарній промисловості.

Загальна вартість продукції гірничого виробництва між окремими видами мінеральної сировини розподілялась так, %: нафта — 62, газ — 14, кам'яне вугілля — 10, уран — 0,6, руди чорних і легованих металів — 2,1, руди кольорових металів — 8. Незважаючи на те що в різних регіонах і країнах гірничої індустрія розвивалася нерівномірно, ХХ ст. — це століття науково-технічного прогресу в гірничому виробництві.

3.2. Нафта і газ. З глибини століть

Нафта — це дарунок природи, і в наш час поки що основне енергетичне багатство. На початку ХХ ст. про нафту говорили, що «той, хто володітиме нафтою, той володітиме світом». Цей вислів не втратив свого змісту й донині.

Історія нафти і газу на Землі почалася від того далекого періоду, коли в надрах нашої планети формувалися родовища вуглеводнів. Відомо, що понад 5000 років тому в одній

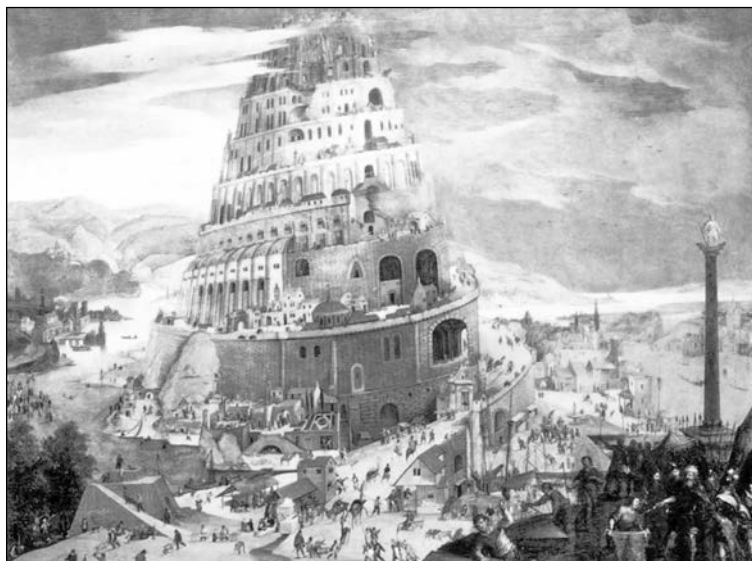


Рис. 3.18. Будівництво Вавилонської вежі (картина П. Брейгеля, 1653 р.)

із давніх держав шумери використовували природний бітум як зв'язувальний матеріал для цегляної кладки та смоління човнів. В Біблії, наприклад, згадується про спорудження Вавилонської вежі (рис. 3.18) у 2-му тис. до н. е. та про смоління Ноем ковчега, за порадою Бога.

Знахідка в долині р. Інд, де цивілізація існувала в 3—2-му тис. до н. е., вказує на те, що бітум застосовували для забезпечення водонепроникності басейнів у селищі Махенджодаро, розташованому в Шумері.

Є всі підстави говорити про те, що бітум добували в районі Мертвого моря. Як свідчить Біблія, смолу добували з ям. Коли царі Содому і Гоморри програли бій і змушені були втікати, ці ями стали їх могилами. Про бітум знали і в Давньому Єгипті — його використовували для смоління човнів (рис. 3.19), застосовували для бальзамування мумій та як лікарський засіб.

Про нафту добре знали і на Близькому Сході. У цих сейсмічних регіонах вона постійно витікала з розломів, тріщин у шарах гірських порід і накопичувалася в природних заглибленнях. Окиснюючись, нафта поступово перетворювалася на густу масу, яку називали гірською смолою, бітумом, асфальтом. У Єгипті підлогу в сховищах для зерна покривали бітумом для захисту від вологи та шурів.

У давні часи асфальтом скріпляли кам'яні стіни в Урарту, Персії, Хорезмі, Вавилоні та в багатьох інших країнах. У Вавилоні та Єгипті асфальтом заливали підлогу, в Персії з нього ліпили посуд та скульптури і навіть скріпляли кошовні камені в прикрасах.

За багато століть до «нафтової лихоманки» країни Давнього Сходу пережили справжній «асфальтовий бум», викликаний великомасштабним будівництвом храмів (рис. 3.20), палаців, доріг та інших споруд. І все тому, що асфальт був буквально під ногами.

У давні часи головне застосування нафти — освітлення і опалювання. Під час розкопок єгипетських храмів були знайдені світильники, заповнені бітумною масою, що нагадує нафту. Інколи контакт з нафтою мав трагічні наслідки. В пам'яті людства збереглися катастрофи, пов'язані з нафтою.

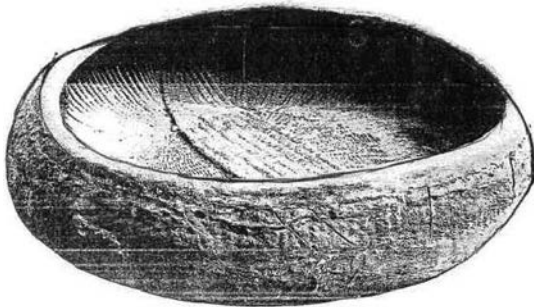


Рис. 3.19. Човен з очерету, обмазаний бітумною смолою



Рис. 3.20. Ворота храму богині Іштар у Вавилоні, споруджені близько 570 р. до н. е. з глазурованої цегли, скріпленої асфальтом

Нафта була відома у Вавилоні (VI ст. до н. е.), де її використовували для опалювання, що не викликало у місцевих жителів священного страху. Плутарх та Діоскорид згадують про нафту як паливо, яке застосовували у Давній Греції. В «Іліаді» Гомера говориться про «грецький вогонь», яким троянці підпалювали кораблі ворога. Вчені вважають, що для виготовлення знаменитого «грецького вогню», що



Рис. 3.21. Використання «грецького вогню» під час воєнних дій

не раз рятував Візантійську імперію від ворогів, до складу суміші входили нафта, смоли, сірка (рис. 3.21).

Іранські й арабські літописи свідчать про те, що ще в III—IV ст. нафту добували на Апшеронському півострові, вивозили до Персії і далі — в інші країни.

На Близькому Сході через дефіцит дерева місцеві жителі були змушені користуватися для освітлення і обігріву приміщень нафтовими світильниками і печами. З давніх-давен нафту використовували як лікарський засіб. Грецькі й візантійські письменники називали її «фармакон», тобто «ліки». У відомого грецького лікаря Гіппократа, засновника античної медицини, було багато рецептів ліків, які виготовляли із суміші нафти із різними речовинами. Лікувалися нафтою і корінні жителі Південної Африки. Європейці також знали про цілющі властивості «кам'яного масла». Нафту, яку добували в Тегернзькому озері в Баварії, називали «маслом святого Квіріна» та застосовували проти багатьох захворювань.

Протягом тисячоліть нафта залишалася для наших предків «кам'яною смолою», «гарячою живою водою», а газ — «вічним» і «священним» вогнем, «духом демонів».

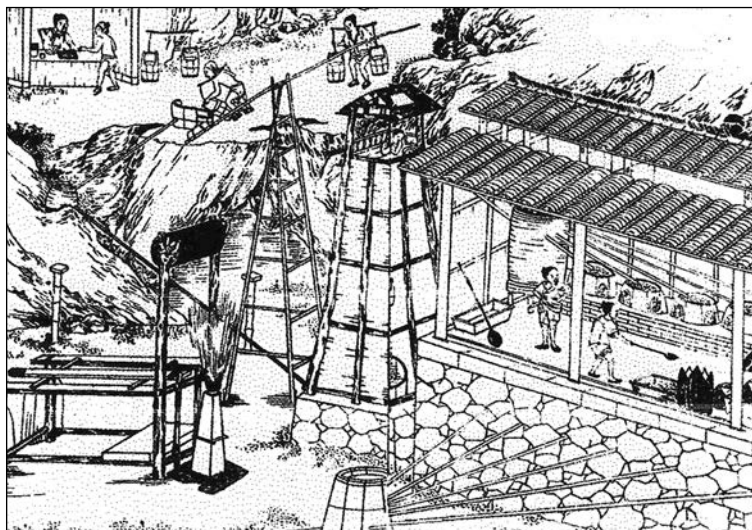


Рис. 3.22. Видобуток газу в Давньому Китаї

Здавня з нафтою був знайомий Китай. В 250 р. до н. е. китайський будівельник Лі Бін винайшов ударно-канатний спосіб буріння свердловин. Цим методом пізніше була пробурена перша в світі свердловина для видобутку природного газу, який китайці використовували як паливо для отримання солі з розсолів (рис. 3.22).

До кінця Середньовіччя людина майже не добувала нафту в сучасному розумінні цього слова, а лише збирала її в місцях природних виходів, частіше на поверхні води, де вона накопичувалася. Примітивний спосіб збору нафти на поверхні в місцях відслонення нафтоносних порід зберігся у деяких народів майже до ХІХ ст.

В середні віки були відомі місця виходів нафти і бітуму в деяких районах Європи — передусім на територіях сучасних Німеччини, Італії, Франції, Румунії, Польщі. Нафтовий промисел був примітивним і кустарним. Селяни копали конусоподібні ями завглибшки до 5 м до нафтового пласта для збору сирої

нафти, з якої методом відстоювання отримували газ для освітлення осель. З боків ям робили уступи для винесення ґрунту.

Вперше про видобуток нафти за допомогою ям вчені дізнались під час розкопок в Криму в 1957 р. на Керченському півострові, коли на метровій глибині археологи знайшли 15-літрову глиняну амфору з нафтою, вік якої дорівнював 2000 років. Ями для видобутку нафти були знайдені й в інших нафтоносних районах Іраку, Ірану, Середньої Азії, Азербайджану. Поступово, у міру використання нафти, ямний спосіб видобутку був замінений на колодезний.

Для вичерпування нафти над колодезем встановлювали ручний коловорот. Стінки неглибоких колодезів обкладали камінням. Форма колодезів була кругла або квадратна. Нафту з колодезів вичерпували бурдюком і піднімали на поверхню за допомогою ручної корби. Ручна корба складалася з дерев'яного вала, закріпленого на підставках. В середині підставок через наскрізні отвори вставляли два перпендикулярні один до одного бруска, до кінців яких прикріплювали жердини. Нафту вичерпували троє людей: двоє обертали корбу, а третій направляє мотузку.

За даними М.І. Воскобойнікова, добовий дебіт нафтових колодезів у Бакинському районі варіював від 0,5 до 140 пудів. Глибина колодезів сягала 15 м. У зв'язку зі збільшенням глибини колодезів та зростанням їх продуктивності були потрібні великі резервуари для вичерпування нафти. Це привело до використання для підйому нафти кінної тяги (рис. 3.23).

Нафтові родовища в Європі в XVII—XVIII ст. також розробляли кустарним методом — збиранням і вичерпуванням нафти з ям і колодезів. Кустарним методом добували нафту в Німеччині у князівствах Брауншвейг і Ганновер, а нафтові поклади у Вітці експлуатували ще з 1670 р.

У XVII ст. нафту почали добувати в Польщі. Кустарним методом добували нафту селяни Прикарпаття і деякі монастирі. У 1885 р. в Галіції експлуатували близько 3500



Рис. 3.23. Піднімання нафти з колодязя за допомогою кінної тяги (1876 р.)

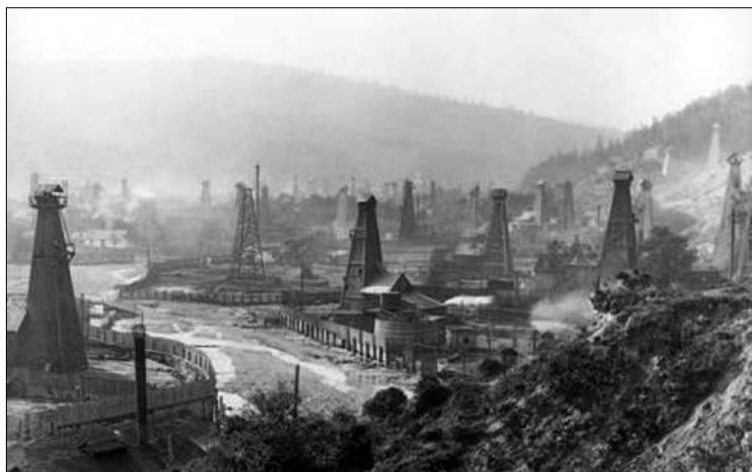


Рис. 3.24. Нафтові промисли в Галіції

нафтових колодязів зі щорічним видобутком нафти 50 тис. т. Ще в 1771 р. на території Надвірнянського району Івано-Франківської області (Україна) був заснований перший нафтовий промисел, але примітивні методи видобутку задовольняли лише скромні потреби селян (рис. 3.24).



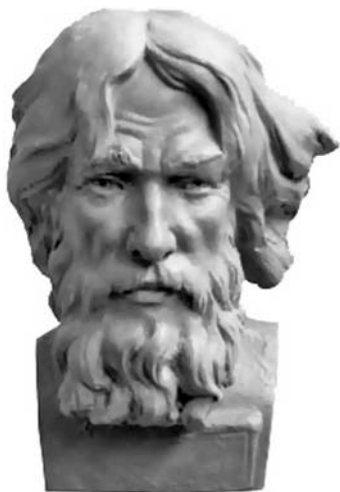
Гнат Лукасевич

Рис. 3.25. Газова лампа
Г. Лукасевича

Становище змінилося лише після 1852 р., коли польський провізор зі Львова Гнат Лукасевич розробив спосіб перегонки нафти і винайшов газову лампу (рис. 3.25). Це значною мірою стимулювало пошуки нафтових родовищ із застосуванням прогресивніших методів буріння в Галиції. У 1886 р. було відкрито велике на той час в Європі Бориславське родовище на Львівщині, з якого в 1909 р. отримали близько 2 млн т нафти, що становило 5 % світового видобутку.

В Росії ще в XVI ст. збирали «горючу густу воду» (так називали нафту) з поверхні р. Ухта і доставляли її до Москви, де переробляли, а потім продавали в аптеках. Через три роки з'явилася перша документальна вказівка на відкриття російського нафтового покладу. У 1721 р. Григорій Черепанов під час пошуків руди на р. Ухта побачив «нафтові ключі». На поверхні річки спливали чорні «масла», які жителі збирали черпаками.

У 1721 р. Г. Черепанов зібрав небагато нафти і відправив до Москви. Петро I зацікавився цією рідиною, але наступного року цар помер, і про чорне ухтинське «масло» забули на 20 років.



Скульптурний портрет
Ф.І. Прядунова (1674–1753)

Лише у 1745 р. архангельський купець Федір Прядунов, добившись від Берг-колегії дозволу налагодити промисел, відправився на Ухту. Тут він виявив нафтовий фонтан, що витікав з дна річки, і почав видобуток нафти (рис. 3.26). Промисловець побудував невеликий нафтовий завод і вже в 1748 р. привіз до Москви 655 кг нафти. На місці нафтового заводу Ф. Прядунов побудував перший в Росії нафтопереробний завод.

Добували нафту і на території нинішнього Азербайджану, особливо на Апшеронському півострові, як колодязним, так і свердловинним методом (рис. 3.27).

У 1859 р. з відкриттям промислового нафтодобування в Пенсильванії (США) почалася справжня епоха нафти. А все починалося так. Пенсильванська нафтова компанія запросила Едвіна Дрейка, який не мав спеціальної освіти, знайти способи підвищення видобутку нафти. Е. Дрейк замість ручного видобутку зробив ставку на буріння, заснував власну компанію і в 1857 р. зі свердловини з глибини 69,5 футів (1 фут \approx 30 см) отримав нафту (рис. 3.28).



Рис. 3.26. Перші нафтові вишки на Ухті



Рис. 3.27. Нафтові промисли Апшерону



Рис. 3.28. Е. Дрейк (праворуч) біля своєї свердловини (картина Б. Кліфа, США, 1864 р.)

Після старту в 1859 р. промисловий видобуток нафти зростав неймовірно швидкими темпами: в 1860 р. в усьому світі було видобуто всього 72 тис. т нафти, 1900 р. — 20,5 млн, 1924 р. — 57 млн т.

У XIX ст. швидко розвивалося буріння ударним методом. Перша свердловина в Західній Європі діаметром 310 мм і завглибшки 11 м була пробурена в 1823 р. у Вестфалії. У Франції перша свердловина з'явилася пізніше — її пробурили в 1842 р. Ударне буріння поступово замінювали ударно-поворотним і роторним. Винахід у Франції в 1844—1849 рр. способу буріння вільно падаючим інструментом сприяв підвищенню обсягів проходки свердловин та збільшенню глибини до 500 м.

Метод буріння для видобутку нафти в Росії вперше був застосований у 1844 р., коли інженер Ф.О. Семенов запропонував бурити свердловини ударним методом.

У XIX ст. поступово розвивалося й обертальне буріння. З'являються верстати обертального буріння з паровим приводом, а також з використанням двигунів внутрішнього згоряння. Швейцарський майстер Георг Лешо запропонував колонкове алмазне буріння. Перший верстат для алмазного буріння розробив його син. З кінця 80-х років XIX ст. впроваджувалося роторне буріння із використанням лопатевих доліт і промиванням глинистим розчином.

Великі успіхи були досягнуті і в техніці видобутку нафти. У 1865 р. в США впроваджується глибинно-насосний видобуток нафти. Для цього були розроблені установки (качалки) з електромотором і газовим двигуном, а також комбінована установка для піднімання нафти із свердловини з глибини понад 2 тис. футів.

В середині 70-років XIX ст. йшла боротьба за бакинську нафту. У цю боротьбу включилась і династія шведських промисловців Нобелів. У 1875 р. до Баку прибув Роберт Нобель. Він купив невеликий нафтопереробний завод. У 1879 р. приїхав ще Людвіг Нобель. Тоді ж була утворена компанія «Товарищество нефтяного производства братьев Нобель».



Роберт Нобель (1820—1896)



Людвіг Нобель (1831—1888)

За короткий період Нобелі стали власниками великих нафтопромислів, нафтопереробних заводів (рис. 3.29), і довгий час їх компанія залишалася найбільшим нафтодобувним підприємством у Бакинському регіоні і провідною у Росії.

Для зберігання нафти і нафтових залишків, які до цього збирали у відкриті ями, видатний російський вчений та винахідник В.Г. Шухов, працюючи головним інженером у компанії Нобелів, сконструював металеві нафтоховища — їх конструкція збереглася і до наших днів (рис. 3.30). Понад 20 тис. таких резервуарів були встановлені на нафтопереробних заводах Росії і численних нобелівських складах. У 1878 р. В.Г. Шуховим був спроектований і побудований перший в Росії нафтопровід Балахани — Чорне місто (район Баку).

До 1898 р. Росія обігнала США і вийшла на перше місце у світі за видобутком нафти. У 1901 р. її частка становила 53 % світового нафтовидобутку.

Значні зміни відбулися у світовому нафтодобуванні і в галузі зберігання й транспортування нафти. Дерев'яні бочки, в яких зберігали нафту, замінили на каністри, а потім на залізні



a



б

Рис. 3.29. Нафтове родовище (а) і нафтопереробний завод братів Нобелів (б) у Баку



В.Г. Шухов
(1853—1939)



Рис. 3.30. Нафтосховище в Баку, побудоване за проектом В.Г. Шухова

цистерни і нафтоналивні танкери. До 1914 р. загальна протяжність нафтопроводів у світі досягла 30 тис. км, майже всі вони знаходилися у двох великих нафтодобувних країнах — США і Росії. Саме у цих країнах було здійснено багато відкриттів у сфері видобутку, переробки і транспортування нафти.

Наприкінці XIX ст. почався промисловий видобуток природного газу, пов'язаний з його використанням в промисловості й побуті. При цьому в Росії природний газ застосовували у промисловості ще з 1860 р., тоді як у країнах Європи для освітлення і опалювання, як і раніше, використовували штучний газ.

У США в той період з'явилися перші нафтові монополії у зв'язку з укрупненням і поглинанням безлічі дрібних нафтодобувних компаній.

У період між Першою і Другою світовими війнами нафта залишалася однією з головних ланок світової економіки. У США добували 67 % світової нафти. Почала розвиватися нафтохімічна промисловість. Розширилася географія видобутку нафти — були відкриті потужні нафтові родовища на Близькому Сході, у Мексиці, Венесуелі, Росії (Волго-Уральський район).

У 1945 р. світовий видобуток нафти досяг 430 млн т.

У цей час відбувалося переозброєння нафтової і газової промисловості СРСР. Були створені і впроваджені нові бурові установки, турбобури, шарошкові долота, заглибні електронасоси, впроваджені нові технології у нафтодобуванні: похило-спрямоване буріння експлуатаційних свердловин, багатовибійне буріння, шахтний видобуток нафти.

Роль нафти, яка стала особливо помітною в роки Другої світової війни, ще більше зросла в післявоєнний період, коли розвинені країни приступили до масштабного відновлення та реконструкції економіки. Спочатку в США, а потім і в Західній Європі почалося промислове піднесення, яке супроводжувалося значним зростанням споживання енергоресурсів. З 1945 по 1960 р. світовий видобуток нафти збільшився з 430 до 1026 млн т, природного газу — з 173 до 478 млрд м³. В усіх регіонах світу інтенсивно велись пошуки родовищ вуглеводнів. Загальні запаси нафти за цей період виросли в 3,5 рази, передусім за рахунок відкриття родовищ на Близькому Сході.

Швидкому зростанню обсягів видобутку нафти після 1945 р. сприяли впровадження турбінного, електричного та інших методів буріння, розробка морських родовищ з платформ.

У США в 1960 р. на морському шельфі добували майже 15 % нафти. В СРСР морське буріння почали здійснювати в 1949 р. на унікальному родовищі Нафтові Камені на Каспії.

З 1950 р. природний газ почали широко використовувати в промисловості і побуті, його частка у світовому енергетичному балансі дорівнювала 9 %, у 1960 р. вона збільшилася до 14 %.

У 1950-х роках були відкриті і здані в експлуатацію родовища нафти в Україні (Полтавська, Сумська, Харківська і Чернігівська обл.). Наприкінці 1950-х років видобуток нафти у східних областях республіки становив 7 % загального видобутку в Україні, на 1965 р. він досяг 72 %.

Період 1960—1990 рр. характеризується невинним підвищенням рівня видобутку нафти в світі. Були відкриті крупні нафтові родовища в СРСР (Західний Сибір, Прикаспій, північ європейської частини). Відкриття нових нафтових і газових родовищ в Україні за цей період дало можливість отримати в 1972 р. максимальний річний видобуток нафти в 14,4 млн т, газу — 68,7 млрд м³.

В 1990-х роках газ із Росії почали експортувати в країни Західної Європи, що дало можливість забезпечити одну третину їхньої потреби. Були відкриті потужні родовища в акваторії Північного моря, в Мексиці, Австралії та інших регіонах. У результаті частка Організації країн-експортерів (ОПЕК) у світовому експорті знизилася з 75 до 45 %.

Останнє десятиліття ХХ ст. світова нафтогазова галузь почала з проблем: перша — виснаження запасів вуглеводнів на існуючих родовищах, друга — залежність розвинених країн від експорту нафти і газу з Близького Сходу та інших політично нестабільних регіонів. Поряд зі збільшенням використання вуглеводнів намітився спад видобутку нафти і газу в СРСР і країнах Східної Європи. Споживання нафти і газу за десятиліття виросло з 3137 до 3510 млн т, газу — з 2007 до 2405 млрд м³. Проте були відкриті нові нафтогазові родовища в Канаді, Венесуелі, Аргентині, Катарі, Анголі.

У пошуках нових родовищ у нафтодобуванні впроваджували новітні комп'ютерні технології, автоматизацію розробки родовищ, особливо з використанням морських платформ. Освоювали акваторії морів і океанів. Морське нафтодобування перемістилося з шельфу в глибоководні райони. 35 країн ведуть видобуток нафти і газу на морських шельфах, при цьому в 1998 р. обсяг світового видобутку нафти становив 37, газу — 28 %.

На початку 3-го тис. н. е. нафтові родовища розробляють у 96 країнах світу, нафта і природний газ залишаються основою енергетики майже всіх країн світу. Спалюючи ву-

гілля, нафту і газ, людство використовує вікові запаси енергії, отриманої від Сонця в надрах Землі у вигляді вугільних, нафтових і газових родовищ. Однак ці запаси не вічні, оскільки темпи їх видобутку і використання постійно зростають.

Світове споживання нафти, згідно з прогнозами, не зменшиться. Найбільшими темпами зростатиме споживання природного газу. До 2025 р. воно майже подвоїться і збільшиться до 4,9 трлн м³. Проте наука не стоїть на місці. В енергетику в ХХІ ст. включатимуться нові технології, нові джерела енергії, що знаходяться в надрах Землі.

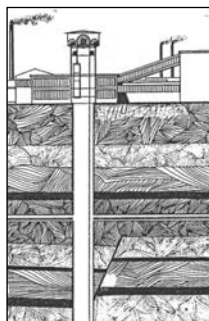
РОЗДІЛ

4



ОСНОВИ ГІРНИЧОЇ СПРАВИ. ЕЛЕМЕНТИ ТА ПОНЯТТЯ





4.1. Гірнича справа та гірничодобувна промисловість

У різних джерелах термін «гірнича справа» викладають з доповненнями і уточненнями, а саме:

- *гірнича справа* — галузь науки і техніки, що охоплює процеси вилучення (видобутку) з надр Землі корисних копалин;

- *гірнича справа* як вид корисної діяльності з вилучення із надр корисних копалин еволюціонувала у своїй тривалій історії під впливом людських потреб: у давні віки з метою самозахисту в боротьбі з дикою і суворою природою; у пізніші століття — з метою отримання необхідних речовин і матеріалів;

- *гірнича справа* як галузь промислового виробництва охоплює розвідку родовищ корисних копалин, їх розробку, первинну переробку мінеральної сировини, що добувається, будівництво гірничих підприємств і підземних споруджень різного призначення;

- *гірнича справа* — галузь науки і техніки, що включає всі види техногенної дії на земну кору, головним чином вилучення (видобуток) корисних копалин, їх первинну обробку, а також наукові дослідження, пов'язані з гірничими технологіями.

До другої половини XIX ст. гірнича справа являла собою галузь лише з видобутку твердих корисних копалин (руди, вугілля, нерудних будівельних матеріалів, гірничо-хімічної сировини та ін.), з другої половини століття — з видобутку нафти, а на початку XX ст. — і природного газу. З тих пір розробку твердих корисних копалин, нафти і газу об'єднує один термін — гірнича справа.

Складовою частиною гірничої справи, яка має на меті видобуток корисних копалин, є гірничодобувна промисловість. Залежно від виду корисних копалин її поділяють на паливодобувну (видобуток нафти, природного газу, вугілля, сланців, торфу), рудодобувну (видобуток залізної, манганової руд, кольорових, благородних і рідкісних металів, радіоактивних елементів), промисловість неметалевих копалин і місцевих будівельних матеріалів (видобуток мармуру, граніту, азбесту, крейди, доломіту, кварциту, каоліну, глини, гіпсу, мергелю, польового шпату, вапняку), гірничо-хімічну (видобуток апатиту, калійних солей, нефеліну, селітри, сірчаного колчедану, борних руд, фосфатної сировини), гідромінеральну (видобуток мінеральних підземних вод, води для водопостачання та інших цілей).

Для гірничодобувної промисловості характерні:

- величезний вплив на навколишнє природне середовище, що створює екологічні проблеми під час освоєння родовищ корисних копалин;
- постійне переміщення робочого місця, що ставить особливі вимоги до засобів механізації та автоматизації виробництва;
- постійне збільшення глибини гірничих робіт, що зумовлює погіршення гірничо-геологічних умов розробки, можливість виникнення газодинамічних явищ, зростання температури рудникової атмосфери, обвалення кривлі, гірські удари, а також вибухи і пожежі у виробках, небезпечних за пилом і газом;
- аварійні ситуації на нафтових і газових свердловинах, пов'язані з відкритими нафтовими фонтанами, що призводить до пожеж, розливання нафти на суші й на морі.

4.2. Першопрохідники гірничої справи

Видобуток корисних копалин — складний технологічний процес, якому передують пошук і розвідка. Саме геологи і геофізики дають гірникам відповідь про наявність родовищ корисних копалин. Геологорозвідувальні роботи необхідні для пошуку покладів, визначення запасів та якості корисних копалин, економічної доцільності експлуатації родовищ, встановлення потужностей гірничих підприємств і способів розробки.

Геологорозвідувальні роботи ведуться за допомогою буріння свердловин.

В арсеналі геологів є різні методи буріння: шнекове, ударно-канатне, обертальне. Для буріння геологічних свердловин на велику глибину (до 5 км і більше) застосовують бурові установки з алмазними буровими долотами, що дає змогу отримувати kern, за яким вивчають геологічну структуру і мають уявлення про наявність корисної копалини.

Оцінка ресурсів родовища в межах площі, регіону включає декілька послідовних етапів: початковий — укладання геологічних, тектонічних карт; проміжний — буріння, геофізичні дослідження, випробування і аналіз проб; завершальний — підрахунок ресурсів і запасів математичними методами, оцінка гірничо-геологічних, гідрологічних і гірничотехнічних умов родовища.

Залежно від ступеня геолого-геофізичної вивченості встановлюють категорії запасів. Існують різні класифікації запасів, розроблені в США, Канаді, Німеччині, а також Міжнародна класифікація ООН.

В Росії і країнах СНД прийнята своя класифікація запасів. У міру вивченості їх підрозділяють на розвідані (категорії А, В, С) і заздалегідь оцінені (категорія С₂) запаси. Виділяють також прогнозні ресурси (категорії Р₁, Р₂ і Р₃).

Після встановлення і затвердження запасів, а також технічної і економічної доцільності складають проект розробки родовища.

4.3. Способи розробки родовищ корисних копалин

Залежно від гірничотехнічних та гірничо-геологічних умов залягання родовищ: властивостей порід, потужностей покладів, наявності тектонічних порушень, водонесних пластів та інших чинників, розрізняють такі способи розробки родовищ:

- *для видобутку твердих корисних копалин* — відкритий, шахтний, підводний, гідромеханізований; свердловинні методи (підземне розчинення солей, підземна виплавка сірки, підземна газифікація вугілля, підземна переробка сланців, гідровидобуток, підземне вилуговування);
- *для видобутку нафти і газу* — фонтанний, газліфтний, насосний і шахтний.

Процес експлуатації нафтових свердловин полягає у підніманні нафти від рівня продуктивних пластів (із вибою) на поверхню. Вибір способу експлуатації нафтових свердловин передусім визначають за пластовим тиском.

4.4. Гірничі роботи

Гірничі роботи — це комплекс технологічних процесів, пов'язаних із видобутком корисних копалин. Розробку корисних копалин ведуть гірничі підприємства. Підприємство, що веде розробку вугілля підземним способом, називають шахтою, а підприємство, що веде розробку руд і гірничо-хімічної сировини, — копальнею.

Підприємство, що веде розробку відкритим способом, називають розрізом або кар'єром.

Шахта (копальня) і кар'єр (розріз) мають й інше тлумачення. Шахта (копальня) — це сукупність виїмок у земній

корі, утворених для видобутку корисних копалин підземним способом.

Кар'єр (розріз) — сукупність виїмок у земній корі, утворених для видобутку корисних копалин відкритим способом.

Виробничий підрозділ з видобутку нафти називають нафтопромислом, з видобутку газу — газопромислом.

Гірничі роботи включають роботи з розкриття і підготовки шахтного (рудникового, кар'єрного) поля для очисного виймання. За використанням спеціальних засобів розрізняють роботи: вибухові (з використанням енергії вибуху) для руйнування порід; машинні (з використанням гірничих машин і механізмів); геотехнологічні (видобуток корисних копалин розчиненням, вилуговуванням); гідравлічні (з використанням води для розмиття і переміщення зруйнованої гірської маси); бурові (застосовують для видобутку нафти і газу).

За виробничим призначенням гірничі роботи підрозділяють на розкриття родовища, підготовчі (проходка виробок для підготовки родовища до очисного виймання і їх поділ на виїмкові ділянки, панелі, блоки) та видобувні (для вилучення корисної копалини).

4.4.1. Елементи гірничих робіт за видобутку корисних копалин відкритим способом

Відкритий видобуток корисних копалин ведеться на кар'єрах (розрізах). За відкритої розробки гірничі роботи поділяють на розкривні (виймання, переміщення і розміщення покрівельних гірських порід) і видобувні (виймання, переміщення і складування або розвантаження корисної копалини).

Розкривні роботи — це видалення гірських порід, що покривають і вміщують корисну копалину (рис. 4.1). Покрівельні породи, які не містять корисних компонентів, називають порожніми породами і видаляють у зовнішні або

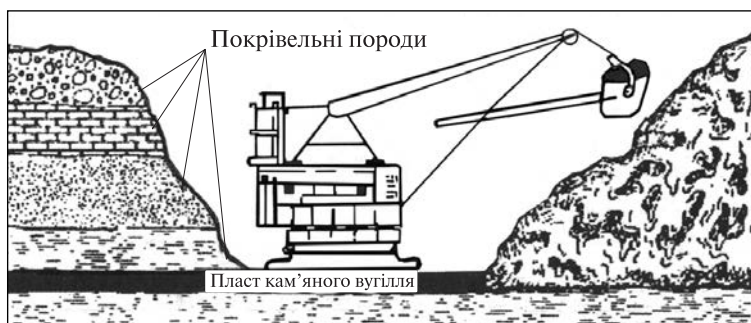


Рис. 4.1. Схема розкриття родовища за відкритого видобутку вугілля

внутрішні відвали. Якщо покровільні породи (наприклад, глини, піски, вапняки, крейда та ін.) придатні як будівельні матеріали, то у подальшому їх переробляють (подрібнюють, сортують тощо), після чого направляють до споживача. Розкривні роботи включають процеси підготовки порід до виймання, виймально-вантажні роботи, транспортування і відвалоутворення.

Після розкриття кар'єрного поля розпочинають розробку. Кар'єри характеризуються своїми елементами і параметрами. Розміри кар'єрних полів можуть бути різними — від малих (площею до 0,4 км²) до дуже великих (площею до 10—40 км²). Глибина кар'єрів варіює від 20 до 120 м. Існують і так звані глибинні кар'єри, глибина яких сягає 800 м.

У більшості випадків шари гірських порід у кар'єрі залягають горизонтально. Інколи похилі поклади розробляють похилими шарами, а круті поклади — крутими.

Уступ — це окрема частина шару гірських порід, що розробляється. Потужні шари гірських порід розбивають на декілька уступів.

Розрізняють робочі і неробочі уступи. На робочих уступах виймають покровільні породи і корисні копалини. Сукупність уступів, що одночасно знаходяться в роботі, називають робочою зоною кар'єру.

Всі виробничі процеси на кар'єрах механізовані. Переважні способи механізації виробничих процесів на сучасних кар'єрах — екскаваторний із застосуванням транспортно-відвальних мостів і гідравлічний. Особливо ефективним є використання потокової технології. На рудних кар'єрах переважає вибухове відбивання руди з механізацією вибухових робіт.

4.4.2. Елементи гірничих робіт за підземного видобутку корисних копалин

Увесь технологічний процес з видобутку корисних копалин підземним способом включає: розкриття родовища, підготовку (проведення підготовчих виробок, їх кріплення), очисні роботи (відбій, доставка, навантаження корисної копалини, транспортування). Цей комплекс робіт здійснюють на шахті, що являє собою гірниче підприємство (рис. 4.2).

Перший етап гірничих робіт на майбутній шахті — розкриття родовища корисних копалин. Це проведення капітальних гірничих виробок, що відкривають доступ з поверхні до всього родовища або його частини і забезпечують можливість проведення підготовчих гірничих виробок, необхідних для обслуговування добувних вибоїв.

Головна мета розкриття родовища — створення транспортних зв'язків між очисними вибоями (місцем видобутку корисної копалини) і пунктом прийому її на поверхні, забезпечення умов для безпечного переміщення людей; подача чистого повітря до робочих ділянок (у шахті).

До капітальних гірничих виробок відносять виробки, що мають безпосередній вихід на поверхню: вертикальні і похилі стовбури та штольні. Цими виробками і розкривають родовище.

Розкриття родовища вертикальними стовбурами є універсальним. Проходять не менше двох стовбурів, один з яких слугує для піднімання вантажу, підйому і спуску робітників

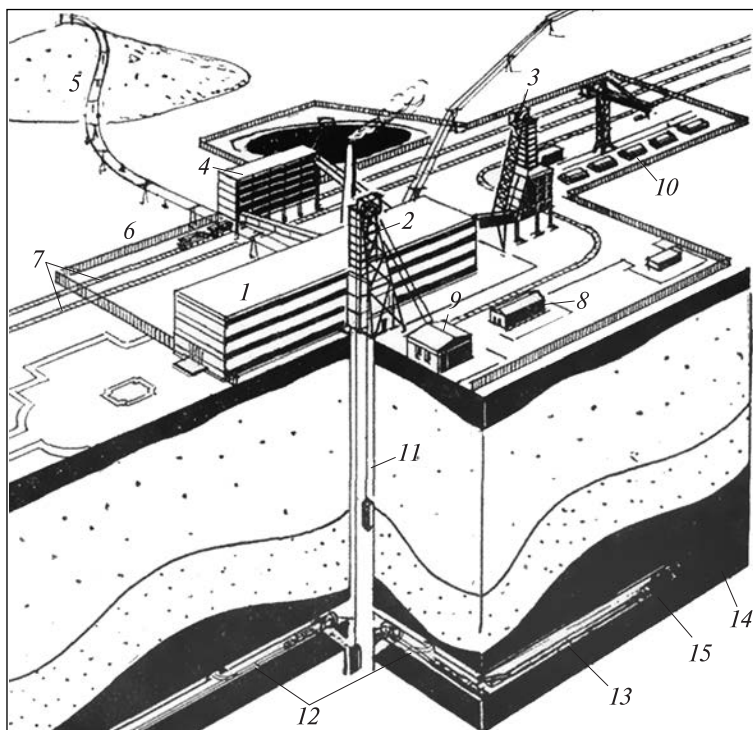


Рис. 4.2. Схема вугільної шахти: 1 — надшахтна споруда; 2 — копер головного стовбура; 3 — копер допоміжного стовбура; 4 — бункер для завантаження вугілля у вагони; 5 — відвал породи (терикон); 6 — підвісна дорога; 7 — залізничні колії; 8 — будівля вентилятора; 9 — будівля підйомної машини; 10 — склад кріпильних матеріалів; 11 — головний стовбур; 12 — відкотні гірничі виробки; 13 — конвеєрний штрек; 14 — пласт вугілля; 15 — вибій

в шахту і подачі свіжого повітря, а другий — для відведення повітря на поверхню (рис. 4.3).

Розкриття родовищ за допомогою штольні проводять у разі дуже розчленованого рельєфу місцевості, коли застосування вертикальних і похилих стовбурів технічно неможливе або економічно недоцільне (рис. 4.4).

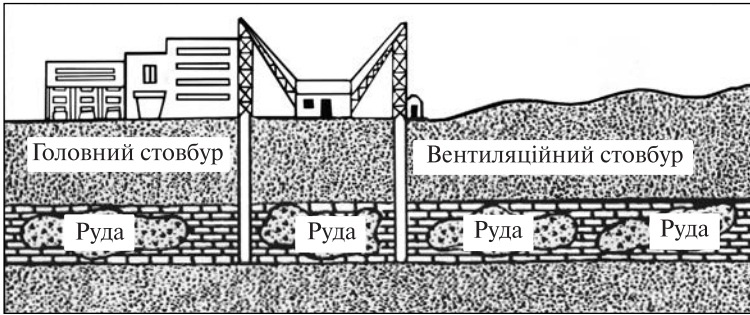


Рис. 4.3. Схема розкриття родовища вертикальними стовбурами

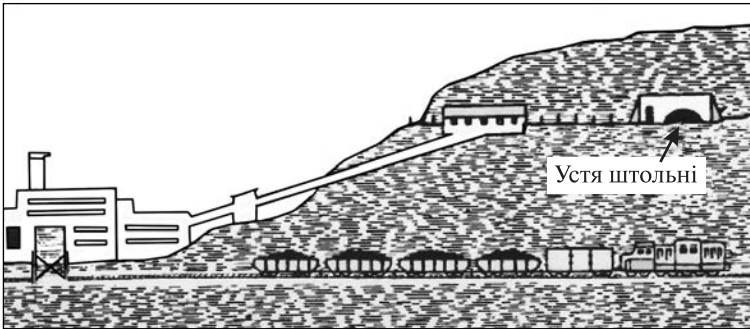


Рис. 4.4. Схема розкриття родовища штольнею

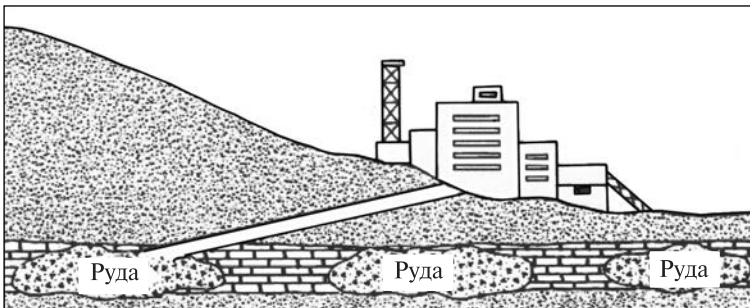


Рис. 4.5. Схема розкриття родовища похилими стовбурами

За сприятливих гірничо-геологічних умов і з огляду на економічну доцільність родовище розкривають похилими стовбурами, обладнаними вагонетковою або конвеєрною доставкою (рис. 4.5).

Шахтні стовбури залежно від основного призначення поділяють на головні і допоміжні. Головний стовбур слугує для підйому на поверхню корисних копалин. Допоміжні стовбури, відповідно до їх функцій, підрозділяють на вантажно-людські — для спуску і підйому людей, матеріалів, устаткування (клітьові стовбури), і вентиляційні — для провітрювання. Вентиляційним називають стовбур, через який подають висхідний струмінь повітря; стовбур для подачі свіжого струменю називають повітроподаючим. Часто клітьовий стовбур одночасно є вентиляційним.

Для підготовки шахтного (рудного) поля проводять підготовчі гірничі виробки, розміщення яких показано на рис. 4.6. Гірничі виробки можуть бути горизонтальними, вертикальними і похилими.

До горизонтальних виробок належать штреки, квершлаги, просіки, орти, штольні.

Штреки (5, 6) — виробки, що не мають безпосереднього виходу на земну поверхню, проводять за простяганням гірських порід у разі похилого залягання і в будь-якому напрямку — в разі горизонтального залягання порід. Залежно від призначення штреки підрозділяють на відкотні й вентиляційні. Відкотні штреки слугують для транспортування корисних копалин, пересування людей, пропуску свіжого повітря і стоку води. Вентиляційними штреками транспортують породу, ліс, пересуваються люди, відводять відпрацьоване повітря.

Квершлаг (7) — виробка, яка так само не має виходу на поверхню і яку проводять поперек простягання гірських порід; має такі самі функції, як і штрек.

Просіка (8) — горизонтальна гірнича виробка, яку проводять паралельно штреку, як правило, без підривання біч-

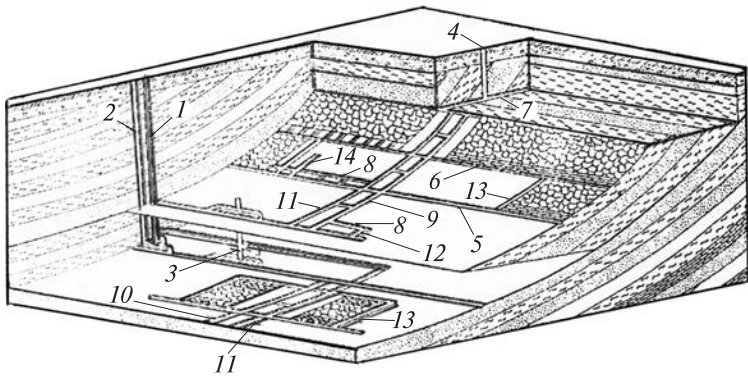


Рис. 4.6. Розташування гірничих виробок: 1, 2 — шахтні стовбури; 3 — гезенк; 4 — шурф; 5 — штрек (вентиляційний); 6 — штрек відкотний; 7 — квершлаг; 8 — просіка; 9 — бремсберг; 10 — уклон; 11 — хідник; 12 — піч; 13 — лава; 14 — очисна камера

них порід. Призначена для здійснення нарізних робіт або провітрювання штреків під час їх прокладання.

Орт — горизонтальна гірнича виробка, яку проводять у потужних пластах або рудних покладах у межах їх горизонтальної потужності.

Штольня — горизонтальна (або похила) виробка, що має вихід на земну поверхню і призначена для обслуговування гірничих робіт.

Похилі виробки — бремсберг, уклон, хідник, скат і піч.

Бремсберг (9) — виробка, що не має виходу на поверхню, пройдена по низхідному або висхідному пласту; слугує для транспортування корисної копалини згори вниз, вентиляції, підведення електроенергії, води, для пересування людей, доставки устаткування.

Уклон (10) — виробка, що не має виходу на поверхню, пройдена по низхідному або висхідному пласту; слугує для транспортування корисної копалини знизу догори, вентиляції, підведення електроенергії, води, пересування людей і доставки устаткування.

Хідник (11) — виробка, що не має виходу на поверхню, пройдена паралельно бремсбергу (нахилу) на відстані 20—40 м; слугує для пересування людей, доставки матеріалів і устаткування, вентиляції та інших цілей.

Скат — виробка, що не має виходу на поверхню, пройдена по низхідному пласту; слугує для спуску корисної копалини згори вниз під дією власної ваги.

Піч (12) — виробка, що не має виходу на поверхню, проведена по пласту, призначена для монтажу очисного устаткування, провітрювання, пересування людей і вантажів, підведення електро- і пневмоенергії. Піч, що призначена для монтажу очисного устаткування, називають розрізною.

Вертикальні виробки — це стовбури (див. вище), шурфи, гезенки, сліпі стовбури, свердловини.

Шурф (4) — виробка, що має вихід на поверхню, слугує для вентиляції та інших допоміжних цілей; використовують як запасні виходи.

Гезенк (3) — виробка, що не має виходу на поверхню, призначена для спуску вугілля з розташованих вище виробок під дією власної ваги, пересування людей, вентиляції, підведення електроенергії та ін.

Сліпий стовбур — виробка, що не має виходу на поверхню, призначена для піднімання вугілля, вентиляції, спуску-підйому людей, устаткування, підведення електроенергії, води та ін.

Свердловина — вертикальна виробка діаметром до 2 м, пройдена способом вибурювання гірських порід. Свердловини бувають вентиляційними, лісоспускними, доставними та ін. Такі свердловини бурять як з поверхні, так і з гірничих виробок.

Після проходки шахтних стовбурів для обслуговування всього підземного гірничого господарства організують білястовбурний двір — сукупність гірничих виробок, які знаходяться поблизу шахтних стовбурів, сполучених з ними і призначених для транспортних та інших операцій, що забез-

печують безперебійну роботу шахти. У білястовбурні двори з поверхні стовбурами надходять порожні вагонетки, матеріали для кріплення гірничих виробок і устаткування, а по горизонтальних гірничих виробках прибувають вагонетки з вугіллям і породою для видачі їх на поверхню. У білястовбурному дворі розташовують камери: електропідстанції, насосної, електровозного депо, протипожежних матеріалів (аварійний склад), медпункту, диспетчера, очікування та ін.

Виробки, в яких безпосередньо добувають корисні копалини, називають очисними. Це лави і камери.

На вугільній шахті очисною виробкою є лава, на копальні — камера.

Лава (13) — підземна очисна гірнича виробка значної протяжності (від кількох десятків до кількох сотень метрів), один бік якої утворений масивом вугілля (вибоєм лави), а інший — закладним матеріалом або обваленою породою виробленого простору. Виробка має виходи на транспортний і вентиляційний виїмкові штреки або на просіки.

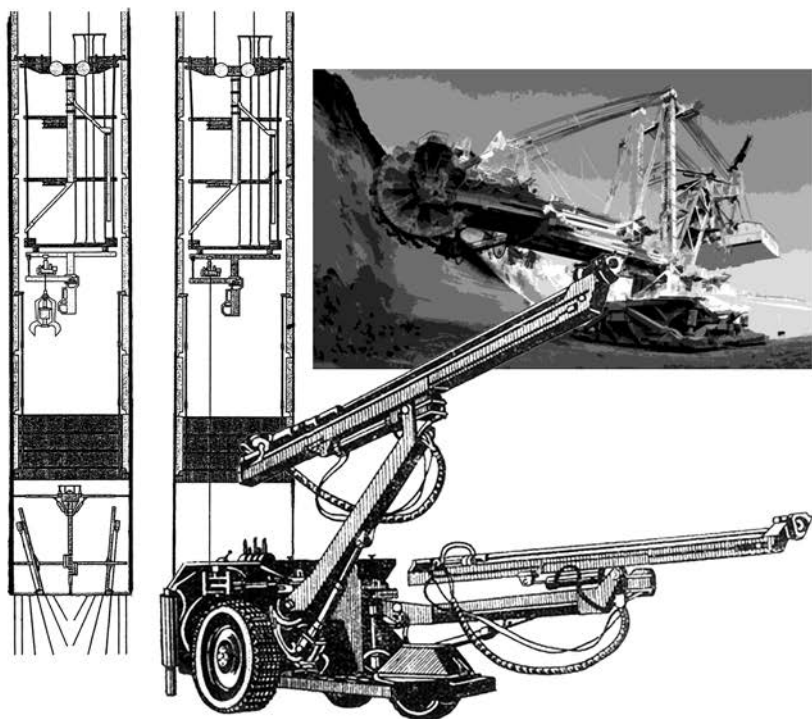
Камера (14) — очисна гірнича виробка, що має значні розміри поперечного перерізу. Як правило, камери створюють за камерно-стовпових систем розробки на копальнях для видобутку руд, калійних і кам'яних солей, гіпсу, ангідритів.

Після розкриття родовища і проведення підготовчих виробок починають очисне виймання (очисні роботи). Очисне виймання — це комплекс робіт з вилучення (видобутку) корисної копалини з очисного вибою (лави, камери). Очисне виймання є головним у підземній розробці і включає комплекс процесів: відбій, навантаження, перевезення корисної копалини підземним транспортом і піднімання його на поверхню.

Сукупність робіт з розкриття, підготовки і виймання корисної копалини називають розробкою корисних копалин.

РОЗДІЛ
5

ВИДОБУТОК ТВЕРДИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН





5.1. Фізико-механічні властивості гірських порід, що визначають їх руйнування під час видобутку

Проектування технології гірничих робіт, методів і способів розробки родовищ тісно пов'язано з фізико-механічними властивостями порід. Як фізичне тіло гірська порода характеризується групою базисних властивостей, до яких входять щільність, міцність, теплові, електричні та магнітні властивості.

До гірничо-технологічних властивостей гірських порід відносять: будову та склад порід, шаруватість, пористість, в'язкість, пружність, твердість, абразивність, пластичність, крихкість, буримість, розпушуваність та ін. Будова і фізичні властивості гірських порід зумовлюють безпечне і ефективне проведення гірничо-прохідницьких і очисних робіт. За станом і властивостями гірських порід визначають спосіб проведення виробок, тип і міцність кріплення підготовчих виробок. Стійкість виробок щодо прояву гірського тиску значною мірою залежить від густини, водно-фізичних, міцнісних і деформаційних властивостей порід. Густинні властивості порід — питома (H/m^3) і об'ємна (H/m^3) вага, питома (kg/m^3) і об'ємна (kg/m^3) маса та пористість. У свою

Таблиця 5.1. Базові механічні властивості гірських порід

Властивості	Основний параметр	Позначення	Одиниця вимірювання	Визначення
Густинні	Об'ємна маса	ρ	кг/м ³	Маса одиниці об'єму сухої гірської породи у її природному стані (з порами, тріщинами і т. ін.)
	Пористість	P	—	Відносний об'єм усіх пор, що містяться в одиниці об'єму породи
Механічні	Межа міцності за стискування	$\sigma_{ст}$	Па	Критичне значення одноосного стискального напруження, за якого руйнуються породи
	Межа міцності за розтягування	σ_p	Па	Критичне значення одноосного розтягувального напруження, за якого порода руйнується
	Модуль поздовжньої пружності (модуль Юнга)	E	Па	Коефіцієнт пропорційності між діючим нормальним напруженням і відповідною йому відносною поздовжньою пружною деформацією
	Коефіцієнт відносних поперечних деформацій (коефіцієнт Пуассона)	ν	—	Коефіцієнт пропорційності між пружними поздовжніми і поперечними деформаціями за одноосного нормального навантаження (відношення відносних поперечних деформацій до поздовжніх)

чергу, пористість визначає водопоглинання, водопроникність і газопроникність. Водно-фізичні властивості гірських порід — природна вологість, водопоглинання, розмокання, розм'яккання, розбухання.

Існує понад 100 параметрів властивостей порід. Для кількісної порівняльної оцінки, за пропозицією Московського гірничого інституту, виділено 12 базових характеристик, з яких до механічних відносять шість (табл. 5.1).

Під час видобутку корисних копалин гірські породи часто руйнують за допомогою енергії вибуху. Стосовно умов проведення вибухових робіт на кар'єрах, шахтах і копальнях для вибору способів підривання, типів вибухових речовин і визначення їх кількості найбільше значення мають густина, твердість, пластичність (в'язкість), стійкість, характеристики міцності, пористість, крихкість, розпушуваність, тріщинуватість. Визначальне значення також мають абразивність, буримість, руйнівність.

На спрацювання інструменту під час буріння і вибір величини осевого зусилля, частоти обертання бурового інструменту головним чином впливають твердість і абразивність гірських порід (табл. 5.2).

Таблиця 5.2. Деякі показники гірських порід

Порода	Твердість за відскоком	Абразивність	В'язкість, Па · с
Граніт	116—114	58—72	1,4
Базальт	88	25	2,2
Пісковик	52	30	1,1
Сланець	52	2	1,1
Доломіт	50	1	1,0
Вапняк мармурований	50	1	1,0
Вапняк	40	1	1,0
Мармур	40	1	0,7

У табл. 5.3 наведено показники тимчасових опорів стисканню, розтягуванню і зсуву деяких гірських порід.

Пластичні властивості значною мірою визначають подрібнюваність гірських порід. Із збільшенням пластичності порід ефективність процесів буріння і підривання знижується (табл. 5.4).

Таблиця 5.3. Показники міцності гірських порід

Порода	Межа міцності, МПа		
	на стискання	на розтягування	на зсув
Глина	6,5—10,5	0,1—0,2	0,4
Вапняк	45—120	11—12	7—18
Мармур	60—190	6—16	24—30
Пісковик	35—150	3—10	23
Діабаз	158	13,4	11
Доломіт	78,4	11	—
Ангідрит	101,6	18	10
Гіпс	20,2	5	0,9
Базальт	30—40	15	17,5—46

Таблиця 5.4. Значення коефіцієнта пластичності гірських порід

Порода	Коефіцієнт пластичності	Порода	Коефіцієнт пластичності
Глини сланцеві	1,7—2,0	Алевроліти	1,5—2,4
Аргіліти і глинисті сланці	1,3—3,3	Вапняки пористі	7,0
Пісковики дрібнозерністі	1,7—3,0	Вапняки щільні	2,5—4,5
Кварцит	1,0	Гіпси	1,8—3,7
		Ангідрити	2,1—4,3
		Кам'яна сіль	3,4—3,8

З метою вибору раціональних методів і механізмів руйнування гірських порід використовують різні класифікації гірських порід за технологічними властивостями. В практиці гірничої справи широко застосовують класифікацію гірських порід за міцністю, яку запропонував проф. М.М. Протод'яконов. В основу класифікації покладений коефіцієнт міцності, значення якого визначається поділом межі міцності гірських порід на одноосне стискання (в МПа) на 10. Ця класифікація у зіставленні з інструкцією «Єдині норми і розцінки» (ЄНіР) представлена в табл. 5.5.

Для проектування вибухових робіт розроблено і застосовують інші класифікації, в основу яких покладено буримість та руйнування вибухом гірських порід.

Як показник буримості, за яким породи поділено в Будівельних нормах і правилах (БНіП) на 11 груп, прийнято час буріння 1,0 м шпура за стандартних умов буріння: тип бурильного молотка ПР-19; тиск стисненого повітря 0,45 МПа; характеристика бурового інструменту: діаметр головки бура — 42 мм; форма леза бура — хрестова; кут загострення леза — 90°; довжина штанги — 1,0 м; глибина буріння — до 1,0 м. Показники, що характеризують буримість різних порід, і класифікація їх за БНіП наведені в табл. 5.6.

Класифікація порід за здатністю до руйнування вибухом ґрунтується на величині питомої витрати певної вибухової речовини (ВР) за стандартних умов підривання. При цьому числовим показником є маса стандартної вибухової речовини в кілограмах, що потрібна для утворення воронки вибуху радіусом $r = 1,0$ м за глибини закладання заряду 1,0 м (табл. 5.7).

Від основних властивостей гірських порід залежить правильний вибір гірничо-технологічних параметрів, що визначають руйнування гірських порід під час їх видобутку. Ці властивості взаємопов'язані, і кожна з них впливає на гірську породу, її склад і структуру.

Так, зчеплення часточок порід між собою зумовлює їх міцність і створює стійке середовище, в якому діють гравітаційне, магнітне, тектонічне і температурне поля. У верхній частині земної кори, де ведуться підземні гірничі роботи,

Таблиця 5.5. Класифікація гірських порід, за проф. М.М. Протод'яконовим

Категорія міцності за шкалою проф. М.М. Протод'яконова	Ступінь міцності	Типові гірські породи	Коефіцієнт міцності f	Група міцності порід, за ЄНІР *
I	Висока міра міцності породи	Найміцніші, щільні та в'язкі кварцити та базальти. Виняткові за міцністю інші породи	20	XI
II	Дуже міцні породи	Дуже міцні гранітні породи. Кварцовий порфір, дуже міцний граніт, кременистий сланець. Менш міцні, ніж вказані вище, кварцити. Найміцніші пісковики і вапняки	15	X
III	Міцні породи	Граніт (щільний) та гранітні породи. Дуже міцні пісковики і вапняки. Кварцові рудні жили. Міцний конгломерат. Дуже міцні залізні руди	10	IX—VIII
IIIa		Вапняки (міцні). Неміцний граніт. Міцні пісковики. Міцний мармур	10	
IV	Досить міцні породи	Звичайний пісковик. Залізні руди	6	VI
IVa		Піскуваті сланці. Сланцеві пісковики	5	VI

Закінчення табл. 5.5

Категорія міцності за шкалою проф. М.М. Проход'яконова	Ступінь міцності	Типові гірські породи	Коефіцієнт міцності f	Група міцності порід, за ЄНІР *
V	Породи середньої міцності	Міцний глинистий сланець. Неміцний пісковик, м'який конгломерат	4	V
Va		Різноманітні сланці (неміцні), щільний мергель	3	IV
VI	Досить м'які породи	М'який сланець. Дуже м'який вапняк, крейда, кам'яна сіль, гіпс, мерзлий ґрунт, антрацит. Звичайний мергель. Зруйнований пісковик, зцементована галька, кам'янистий ґрунт	2	IV
VIa		Щебенистий ґрунт. Зруйнований сланець, галька і щебінь, що злежалися, міцне кам'яне вугілля. Стверділа глина	1,5	III
VII		М'які породи	Глина (щільна). М'яке кам'яне вугілля. Міцні наноси, глинистий ґрунт	1,0
VIIa	Землисті породи	Легка піскувата глина, лес, гравій	0,8	II
VIII		Рослинна земля. Торф. Легкий суглинок, сирий пісок	0,6	II
IX		Сипкі породи	Пісок, осипи, дрібний гравій, насипна земля, видобуте вугілля	0,5
X	Плиवучі породи	Пливуни, болотистий ґрунт, розріджений лес та інші розріджені ґрунти	0,3	I

* ЄНІР — інструкція «Єдині норми і розцінки» (1969).

Таблиця 5.6. Класифікація гірських порід за буримістю

Порода	Густина, кг/м ³	Час буріння 1,0 м шпура легким ручним бурильним молотком, хв	Група порід, за БНІП
Вапняк м'який пористий, вивітрений пісковик, сланці глинисті	1500—2600	4,2—5,6	V
Ангідрит, доломіт м'який пористий, вапняк і пісковик слабкі, сланці міцні, вивітрені глибинні породи середньозернисті	2200—2800	5,6—6,4	VI
Вапняк, доломіт і пісковик щільні, сланці окварцовані, вивітрені вивержені породи дрібнозернисті	2400—2800	7,6—10,2	VII
Вапняк міцний, доломіт щільний, пісковик кремений або на кварцовому цементі, кварцит сланцевий, невивітрені глибинні великозернисті слабовивітрені вивержені породи	2600—2900	10,2—12,9	VIII
Вапняк щільний окварцований, доломіт міцний, глибинні середньозернисті породи зі слідами вивітрювання	2600—3000	13,9—19,0	IX
Сланці кременисті, кварцит без сланцюватості, невивітрені глибинні дрібнозернисті породи, вивержені породи без слідів вивітрювання	2600—3000	19,0—25,3	X
Сланці кременисті, кремій, кварцит дрібнозернистий, вивержені дрібнозернисті породи, не зачеплені вивітрюванням	2600—3200	25,3 і більше	XI

Таблиця 5.7. Класифікація порід за здатністю до руйнування вибухом

Порода	Група порід, за БНІП-IV—13	Питома розрахункова витрата ВР для зарядів розпушування, кг/м ³	Розрахункова витрата амоніту № 6ЖВ для зарядів нормального викиду, кг/м ³
Пісок	—	—	1,5—1,7
Пісок щільний або вологий	—	—	1,2—1,3
Суглинок важкий	II	0,35—0,4	1,0—1,15
Глини міцні	III	0,35—0,4	1,0—1,15
Лес	III—IV	0,3—0,45	0,9—1,3
Крейда	IV	0,25—0,3	0,8—0,95
Гіпс	IV	0,35—0,45	1,0—1,3
Опоки, мергель	IV—V	0,35—0,45	1,0—1,3
Туфи тріщинуваті, пемза щільна важка	V	0,45—0,5	1,3—1,5
Конгломерат і брекчії на вапняковому цементі	V—VI	0,4—0,5	1,4—1,5
Вапняк-черепашник	V—VI	0,5—0,6	1,5—1,75
Пісковик на глинистому цементі, сланець глинистий, мергель	VI—VII	0,4—0,5	1,15—1,4
Доломіт, вапняк, магнезит, пісковик на вапняковому цементі	VII—VIII	0,45—0,6	1,3—1,7
Вапняк, пісковик	VII—IX	0,45—0,7	1,3—2,1
Граніт, гранодіорит	VII—X	0,5—0,7	1,5—2,15
Базальт, андезит	IX—XI	0,6—0,75	1,75—2,3
Кварцит	X	0,5—0,6	1,5—1,75
Порфірит	X	0,7—0,75	2,10—2,15

найсильніше проявляються гравітаційне і тектонічне поля. Вони призводять до обвалювання гірських порід і недостатньої стійкості підземних гірничих виробок, ускладнюють проведення гірничих робіт через раптові викиди вугілля, газу і порід, гірські удари, прориви води, зрушення гірських порід і провали земної поверхні.

Міцність гірських порід забезпечує стійкість підземних гірничих виробок і можливість здійснення в них різних виробничих процесів, пов'язаних з видобутком корисних копалин. Якщо гірські породи достатньо міцні і стійкі, можна обійтися без кріплення виробок.

Властивості гірських порід розчиняються у водних розчинах або за допомогою яких-небудь домішок використовують для застосування геотехнологічних способів видобутку корисних копалин. Властивість передавати тепло використовують у геотермальній технології для вилучення тепла Землі. Властивість раптово руйнуватися за досягнення певного рівня напружень у гірських породах проявляється у гірських ударах, раптових викидах порід, вугілля і газу, що ускладнюють проведення гірничих робіт. Слід зазначити, що цю властивість надр використовують під час проходки підземних гірничих виробок, коли від масиву гірських порід відділяють його частини за допомогою вибухових речовин або механічно різцями робочого органу гірничо-прохідницьких комбайнів.

Твердість гірських порід, їх здатність до стирання і опору роздавлюванню визначають міцність гірських порід і зумовлюють витрати різального інструменту та вибухових матеріалів під час проведення гірничих робіт. Такі властивості гірських порід, як анізотропія, шаруватість і сланцюватість, однорідність, пористість, наявність тріщин, значною мірою впливають на вихід сировини за розробки кам'яних будівельних матеріалів.

5.2. Мирні вибухи — помічники гірників

5.2.1. Основні поняття

При видобутку корисних копалин для відокремлення гірської маси від масиву та її подрібнення повсюди застосовують вибухові роботи. Ця технологія тісно пов'язана з вибухом. Вибух — це процес вивільнення великої кількості енергії в обмеженому об'ємі за короткий проміжок часу. В результаті вибуху речовина, що заповнює об'єм, в якому вивільнюється енергія, перетворюється на сильно нагрітий газ з дуже високим тиском. Цей газ з великою силою діє на навколишнє середовище, викликаючи його рух. Вибух у твердому середовищі супроводжується його руйнуванням і подрібненням.

Породжений вибухом рух, за якого різко підвищуються тиск, густина і температура середовища, називають вибуховою хвилею. Фронт вибухової хвилі поширюється у середовищі з великою швидкістю, внаслідок чого зона, яка охоплена рухом, швидко розширюється. Виникнення вибухової хвилі є характерним наслідком вибуху в різних середовищах.

Вибух викликає механічну дію на об'єкти, що розташовані на різних відстанях від місця вибуху. В міру віддалення від місця вибуху механічна дія вибухової хвилі слабшає.

Вибухова хвиля характеризується зміненням швидкості її поширення, тиску, густини середовища з часом у різних точках простору або розподілом цих величин у просторі у фіксовані моменти часу.

Одним із важливих параметрів, що визначають механічну дію вибухової хвилі, є максимальний тиск, що створюється хвилею, який з віддаленням від місця вибуху зменшується, а час дії збільшується.

Під час поширення вибухової хвилі в твердих середовищах ударний фронт зникає порівняно швидко, вибу-

хова хвиля перетворюється на ряд послідовних швидко затухаючих коливань, що поширюються зі швидкістю пружних хвиль.

Вибухові роботи в гірничій промисловості виконують з метою контрольованого руйнування гірських порід і переміщення або зміни їх структури і форми. Вибухові роботи здійснюють за допомогою вибухових речовин і засобів підривання (ЗП), що створюють початковий імпульс для збудження вибуху ВР. До засобів підривання належать капсулі-детонатори (КД) з вогнепровідним шнуром (ВПШ), електродетонатори (ЕД), а також детонувальний шнур (ДШ), що передає детонацію на потрібну відстань.

Для розміщення ВР всередині гірської породи або корисної копалини заздалегідь створюють шпур, свердловину або камеру. Шпур — циліндричне заглиблення в гірській породі діаметром до 50 мм і завглибшки до 6,0 м. Свердловина — циліндричне заглиблення в гірській породі діаметром понад 50 мм і завглибшки понад 6,0 м. Камера — гірнича виробка невеликого поперечного перерізу для розміщення ВР значних об'ємів.

5.2.2. Історія вибухової справи

Вибухова справа, як і гірнична справа, має давню історію. Вибухові роботи відомі з часів, коли були винайдені вибухові речовини.

Першою вибуховою речовиною, яку винайшла людина, був чорний (димний) порох. Імена його відкривачів і час так і залишилися невідомими. У давні часи про порох знали в Китаї та Індії. Чорний порох у Європі почали використовувати в X ст. під час проведення свят, так званих вечорів вогню. Як «метальний засіб» порох був відомий з XIII ст., і протягом кількох століть його застосовували для військових цілей. Наприклад, у XV ст. порох використовували у мінно-підіривній справі для руйну-

вання укріплень противника: під час облоги Будапешта (Угорщина) в 1489 р. і Казані (Росія) у 1552 р.

На Русі чорний порох з'явився у XIV ст. Перші порохові заводи, або порохові млини, як їх у той час називали, були збудовані у XV ст.

Уперше порох як вибухова речовина у мирних цілях був застосований в 1548 р., коли вибухом порохових зарядів розчищали від каменів і порогів русло р. Неман.

Історія застосування ВР у гірничій справі почалась у Словаччині на копальні Банська-Штявниця під час проходки штольні в 1627 р. До кінця XVII ст. вибухові роботи в гірничій промисловості застосовували у багатьох країнах Європи: Чехії — в 1629 р., Саксонії — 1645 р., Англії — 1670 р., Франції — 1679 р. Перші відомості про використання пороху в гірничій справі в Росії наведені в праці М.В. Ломоносова «О рождении и природе селитры», виданої у 1749 р. В цій роботі він дав наукове тлумачення вибухового перетворення пороху та його дії на середовище. У 1835 р. були проведені випробування, спрямовані на посилення дії пороху, що є зачатками використання кумулятивного ефекту.

Перший період розвитку вибухової справи характеризується примітивною технікою бурових робіт, яка, за описом М. Ломоносова і його сучасника І. Шлаттера, зводилася до ручного буріння шпурів діаметром 28, 37 і 50 мм і завглибшки близько 1,0 м. Заряджали шпури розсипним порохом, а за наявності в них води — патронованим у паперовій оболонці. Для забивання шпурів застосовували глину. До цього часу були розроблені деякі правила безпеки, що рекомендували, наприклад, підришникові не входити до вибою одразу, якщо не відбувся вибух заряду пороху.

Перша половина XIX ст. ознаменувалася подальшим розвитком техніки вибухових робіт: появою хрестових та інших форм головки бурів, уточненням вимог до пороху, збільшенням глибини шпурів до 1,5 м. Почали застосовувати вибуховий вруб.

Широкому розвитку вибухових робіт сприяло створення потужніших вибухових речовин унаслідок бурхливого розвитку хімії. Наприкінці XVIII і на початку XIX ст. були отримані нові ефективніші ВР: у 1837 р. — нітробензол, 1836 р. — нітронафталін, 1846 р. — піроксилін.

Великою подією у сфері створення ВР було отримання в 1846 р. професором А. Собреро (м. Турін, Італія) азотно-кислого ефіру гліцерину (нітрогліцерину) в результаті обробки гліцерину азотною кислотою за наявності сірчаної кислоти. Це було, по суті, кінцем епохи пороху і початком ери потужних ВР.

У 1853 р. російський академік М.М. Зінін і полковник артилерії В.Ф. Петрушевський розробили технологію виготовлення нітрогліцерину у великих кількостях. Для зручності застосування вони провели експерименти з просочення різних невибухових речовин нітрогліцерином і в цьому самому році запропонували декілька видів нових ВР, подібних за складом до майбутнього динаміту.

Пізніше в 1863 р. Альфред Бернард Нібець (Швеція) отримав динаміт. У 1867 р. шведські хіміки І. Ольсен та І. Норбіт винайшли і запатентували ВР на основі аміачної селітри — амоніти. У 1886 р. І.М. Чельцов винайшов аміачно-селітрову ВР під назвою «Громобоев».

Винахід динаміту та інших ВР потребував створення відповідних потужних ініціаторів. Ще в 1812 р. російський вчений П.Л. Шилінг запропонував електричний спосіб підривання і вперше застосував електричний запальник з вугільним запалом, а в 1839 р. — запальник з електричним містком розжарювання.

У 1839 р. російський вчений Б.С. Якобі довів електричний спосіб спалахнення зарядів до практичного використання і в 1848 р. розробив першу електричну вибухову машинку.

У 1831 р. інженер У. Бікфорд запропонував вогнепровідний шнур, що поклало початок так званому вогневому способу ініціювання зарядів ВР. У 1879 р. фран-

цузький вчений Мессен запропонував як засіб ініціювання ВР детонувальний шнур.

М.М. Зінін і В.Ф. Петрушевський встановили, що деякі види динаміту не вибухають від полум'я. Тому для посилення дії на ВР ці дослідники вперше застосували як ініціатор невеликий заряд чорного пороху, від якого вибухали всі види динаміту. Заряд-детонатор удосконалив капітан Д.М. Андрієвський (Росія). У 1865 р. для повноти підривання ВР він застосував спеціальний запал — наповнену порохом паперову гільзу у вигляді зрізаного конуса із закріпленим в ній електрозапальником. На торці було заглиблення, заповнене залізними ошурками. Це був перший у світовій практиці електродетонатор і перше, хоча і неусвідомлене практичне використання ефекту кумуляції.

В 1868 р. А. Нобель (Швеція) сконструював капсуль-детонатор у вигляді мідної гільзи з начинкою (замість пороху) із гримучої ртуті, відкритої в 1799 р. хіміком Е. Говардом (у 1815 р. її застосували в капсулях для зброї). У 1868 р. А. Нобель отримав патент на «Запал Нобеля».

Це був справжній переворот у гірничій справі. Водночас у той період створювали і бурову техніку. В 1861 р. були розроблені пересувні бурильні машини та перфоратори — обертальні бурильні механізми.

Створення ефективних вибухових речовин і засобів підривання на початку ХХ ст. дало можливість значно розширити масштаби гірничого виробництва, розробити методи проведення вибухових робіт.

З розвитком відкритого способу розробки корисних копалин збільшували глибину закладання і величину зарядів ВР. Для цього донну частину глибоких (5—6 м) шпурів вибухами невеликих зарядів розширювали до надання їй форми котла місткістю кілька десятків кілограмів ВР (так звані котлові заряди). З 1926 р. на кар'єрах СРСР застосовували метод камерних зарядів (масою до декількох тисяч тонн

ВР), які розміщували у підземній гірничій виробці (камері). Завдяки збільшенню кількості ВР на одиницю об'єму підірваної гірської породи (за котлових і камерних зарядів) стало можливим не лише дробіння порід, а й викидання їх з утворенням готових виїмок — траншей, каналів, котлованів. Пріоритет у розвитку методу підривання камерних зарядів на викидання належав СРСР.

Камерні заряди набули великого поширення і за підземної розробки потужних покладів міцних руд системами з мінним відбоєм у Криворіжжі (заряди від 100 до 5000 кг розміщують по можливості рівномірно у площині відбою). Крім того, камерні заряди застосовують під час розробки ціликів та ліквідації підземних порожнин. Різноманітному застосуванню методу камерних зарядів і його вдосконаленню сприяли методи розрахунку величини таких зарядів, розроблені М.М. Фроловим і М.М. Боресковим на основі досвіду мінної війни під час захисту Севастополя (Кримська кампанія 1853—1856 рр.) і розвинені в 1950-ті роки у роботах Г.І. Покровського.

З удосконаленням бурової техніки збільшували діаметр і глибину свердловин на кар'єрах, з'явилася доцільність відмови від зосереджених камерних зарядів і переходу до свердловинних зарядів.

Упровадження відбою гірських порід свердловинними зарядами стало першим кроком до інтенсифікації вибухового дробіння зменшенням кількості негабаритних шматків у підірваній гірській масі, що дає змогу перейти на потокову технологію видобувних робіт.

Великим проривом у цьому питанні став розвиток засобів електричного підривання. У другій половині ХХ ст. були розроблені електродетонатори звичайної і підвищеної ініціувальної здатності, незапобіжні і запобіжні, за часом спрацьовування — миттєвої, короткоуповільненої і уповільненої дії з порівняно невеликим часом розкиданості за спрацьовування і високим рівнем безвідмовності.

Настав новий етап у забезпеченні інтенсифікації вибухового дробіння гірської маси в результаті застосування короткоуповільненого підривання; переходу до багаторядного короткоуповільненого підривання з масштабом вибуху, що досягає декількох мільйонів тонн; удосконалення схем короткоуповільненого підривання; розосередження свердловинних зарядів осьовими повітряними проміжками, що знижує піковий тиск вибуху і збільшує тривалість вибухового імпульсу; використання способу підривання на частково неприбрану від попереднього вибуху гірську масу, а також на висоту 2—3 уступів; розчленування заряду свердловини на частини, що підриваються з внутрішньосвердловинним уповільненням; застосування похилих зарядів, паралельних бічній поверхні уступу; вдосконалення розрахунку параметрів свердловинних зарядів.

У 1950-ті роки спочатку в Швеції, а потім у США, Канаді і СРСР був розроблений і впроваджений метод контурного підривання, що забезпечило досягнення рівної поверхні відриву породи за заданим профілем.

За підземної розробки вугільних родовищ особливе значення мали питання так званого безполуменевого підривання, яке забезпечує безпечне проведення вибухових робіт у шахтах, небезпечних за вмістом газу і пилу.

Друга половина ХХ ст. для вибухової справи характеризується розробкою безпечних вибухових речовин, передусім простих у вигляді сумішей аміачної селітри (АС) з горючими добавками. В СРСР це були динамони, в США з додаванням парафіну — нітрамони. Надалі перехід на гранульовану АС і рідку горючу добавку — дизельне паливо (ДП), зумовив створення нового класу найменш небезпечних, сипких, придатних для механізованого заряджання вибухових речовин — ігданітів. Із застосуванням ігданіту було вирішено завдання механізації заряджання ВР на відкритих і підземних роботах.

Використання стисненого повітря спричинило розробку пневмопристроїв для змішування АС і ДП, їх транспортування та заряджання.

Слідом за ігданітом (АС–ДП) були створені різні сипкі гранульовані ВР заводського виготовлення, придатні для механізованого заряджання. Підвищення щільності заряджання і концентрації енергії ВР в одиниці об'єму досягається застосуванням водонаповнених вибухових речовин.

У 1960-х роках завдяки зусиллям учених СРСР були розроблені високозапобіжні ВР — вугленіти.

При видобутку корисних копалин вибухові роботи є основним процесом. Ефективність руйнування порід під час підривання великою мірою визначає продуктивність подальших технологічних процесів — навантаження, транспортування тощо. У зв'язку з розширенням обсягів робіт у гірничодобувній промисловості вдосконалюють техніку і технологію вибухових робіт. Широко впроваджують досконаліші та ефективніші бурові верстати і машини, засоби механізації заряджання ВР, безпечні ВР, способи керування дією вибуху.

Вибухова справа зробила великий крок у своєму розвитку, її застосовують у багатьох галузях промисловості, там, де машинам і механізмам не під силу виконати роботу.

5.2.3. Методи і технологія вибухових робіт

Вибухові роботи в гірничій справі забезпечуються наявністю вибухових речовин, засобів підривання, контрольно-вимірювальної апаратури, а також порожнини для розміщення заряду. Нижче розглянуто основні елементи технології вибухових робіт.

Вибухові речовини. Вибухові речовини є висококонцентрованим хімічним джерелом енергії. Один кілограм вибухової речовини середньої потужності вивільняє під

час вибуху за 10^{-5} секунд близько $4 \cdot 10^3$ кДж теплової енергії. Вибуховими речовинами є такі речовини або суміші, які здатні за певних видів зовнішньої дії до дуже швидкого самопоширюваного хімічного перетворення з виділенням тепла.

Вибухові речовини можуть бути твердими, рідкими і газоподібними. В гірничодобувній промисловості найчастіше застосовують тверді і рідкі, так звані конденсовані вибухові речовини.

На сьогодні вибухова справа має у своєму арсеналі широкий асортимент вибухових речовин, які використовують для відкритих і підземних робіт, для шахт, небезпечних за вмістом вугільного пилу і газу.

За хімічним складом найбільш поширені ВР об'єднують у такі групи:

- нітросполуки та їх суміші, включаючи суміші з металами: тротил (гранулотол), алюмотол, суміші ТГ (тротилгексоген) та ін.;

- аміачно-селітрові ВР, що містять як окиснювач аміачну селітру (нітрат амонію), в тому числі: динамони, прості ВР, що містять як пальне невибухові органічні матеріали — деревне борошно, рідкі нафтопродукти та ін. (гранульовані сорти цих ВР називають гранулітами); амонали, що містять як пальне порошок алюмінію або інших металів; амоніти — суміші аміачної селітри з нітросполуками (двокомпонентні суміші з гранульованої аміачної селітри, лускоподібного або гранульованого тротилу називають грамонітами);

- водовмісні аміачно-селітрові ВР — суміші, що містять водний гель калієвої, аміачної або натрієвої селітри;

- нітроєфірові ВР — порошкоподібні ВР, що містять нітрогліцерин або нітрогліколі не більше 15 %.

У підземних умовах для обводнених шпурів і свердловин рекомендується застосовувати лише патроновані ВР.

На відкритих і підземних гірничих роботах у шахтах і копальнях застосовують як гранульовані, так і порошко-

подібні ВР. Для шахт і копалень, небезпечних за вмістом газу і пилу, використовують запобіжні ВР (ЗВР).

Запобіжні ВР характеризуються пониженою здатністю спалахування суміші горючих рудникових газів (метану, водню) або пилу (вугільного, сірчаного та ін.) з повітрям у шахтних виробках під час вибухових робіт. Ця властивість досягається тим, що до складу ЗВР вводять спеціальні добавки солі — полум'ягасники (хлориди натрію, калію, амонію та ін.), які як невибухові матеріали знижують температуру продуктів вибуху.

Нижче наведено перелік основних вибухових речовин.

Для відкритих і підземних робіт в шахтах і копальнях, незагрозливих за вмістом газу і пилу:

- гранульовані ВР — зерногрануліт, грануліт, грамонал, ігданіт;
- порошкоподібні ВР — амоніт, амонал, детоніт, динафталіт.

Для шахт і копалень, небезпечних за вмістом газу і пилу:

- запобіжні ВР — амоніт АП-5ЖВ, амоніт ПЖВ-20, вугленіт Е-6, іоніт.

Вибухові речовини поставляють як у патронуваному, так і в розсипному вигляді.

Засоби підривання. Для збудження детонації зарядів ВР застосовують вибух невеликого за величиною заряду ініціуювальної ВР, розміщеної в капсулі-детонаторі (КД) або електродетонаторі. Як первинні ініціуювальні ВР використовують гримучу ртуть, азид свинцю і тетрил, як вторинні — тетрил, гексоген і тен.

Залежно від способу збудження вибуху ВР у капсулі-детонаторі і електродетонаторі розрізняють вогневе, електровогневе і електричне ініціювання.

Крім капсулів-детонаторів і електродетонаторів до засобів підривання належать вогнепровідний шнур, електрозапалювальні патрони, детонувальний шнур, електрозапалювальні трубки.

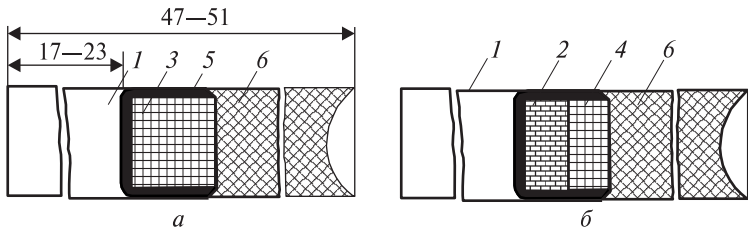


Рис. 5.1. Капсуль-детонатор: *a* — гримучертутно-тетриловий; *б* — азидотетриловий

Капсуль-детонатор (рис. 5.1) є циліндричною гільзою *1* діаметром 6,9—7,7 мм, яка споряджена зарядами первинної *2—4* і вторинної *6* ініціювальної ВР. Первинна ініціювальна речовина знаходиться у металевій чашці *5* з отвором у центрі діаметром 2—2,5 мм.

Гримучертутно-тетрилові КД виготовляють у мідних, паперових або біметалевих гільзах. Вони містять заряд гримучої ртуті *3* і тетрилу *6* (рис. 5.1, *a*). Азидотетрилові КД виготовляють в алюмінієвих або паперових гільзах. Вони містять заряд ТНРС *2*, азиду свинцю *4* і тетрилу *6* (рис. 5.1, *б*).

Вогнепровідний шнур (ВШ) застосовують для подачі вогню на деяку відстань протягом проміжку часу, необхідного для збудження вибуху ініціювальної ВР у КД. ВШ складається з пресованої з димного порошу серцевини і центральної напрямної нитки, загорнутої в нитяні обплетення з гідроізоляційними прошарками. Зовнішній діаметр 5—6 мм. Для групового запалювання 10—38 відрізків ВШ використовують запальні патрони (рис. 5.2).

Вогневе ініціювання застосовують під час вибухових робіт на кар'єрах, копальнях і шахтах, безпечних за вмістом газу і пилу.

В разі проведення вибухових робіт у складних і небезпечних умовах (під час поглиблення стовбурів шахт або шурфів, проходки виробок, що мають кут нахилу понад 30°, та ін.) використовують електровогневе ініціювання — елект-

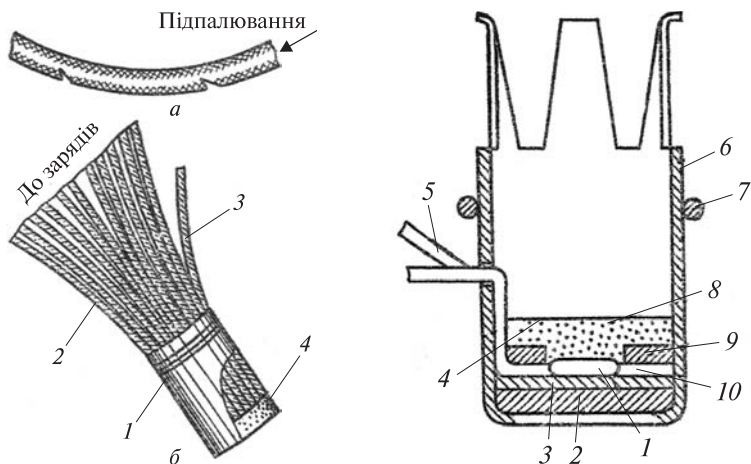


Рис. 5.2. Відрізок вогнепровідного шнура (а) та запалювальний патрон (б): 1 — корпус патрона; 2 — відрізки шнурів від зарядів ВР; 3 — запалювальний відрізок; 4 — запалювальна суміш

Рис. 5.3. Електрозапалювальний патрон ЕЗП-Б: 1 — електрозапалювач; 2 — дно гільзи; 3 — нижній вкладиш; 4 — шар лаку; 5 — вивідні проводи; 6 — гільза; 7 — гумове кільце; 8 — запалювальна суміш; 9 — верхній вкладиш; 10 — вкладиш

ричне підпалювання відрізків ВШ за допомогою електрозапалювачів з безпечного місця.

Для групового запалювання застосовують електрозапалювальні патрони (рис. 5.3), для запалювання одного відрізка — електрозапалювальні трубки (рис. 5.4, а) і електрозапалювачі вогнепровідного шнура (рис. 5.4, б).

Найбільш прогресивний і безпечний метод, який застосовують у гірничій справі для ініціювання зарядів, — електричний. Засобами електричного підривання є електродетонатори, вибухові і контрольно-вимірювальні прилади, магістральні проводи.

Залежно від часу сповільнення розрізняють електродетонатори миттєвої, короткоуповільненої і уповільненої дії.

Рис. 5.4. Запалювання одного відрізка: *a* — електрозапальвальна трубка ЕЗТ-2: 1 — біметалева гільза; 2 — електрозапальвач; 3 — запальвальна суміш; 4 — відрізок ВШ; *б* — електрозапальвач вогнепровідного шнура ЕЗ-ВШ-Б: 1, 3 — сталеві втулки; 2 — товстостінна гільза з міцного паперу; 4 — паперова втулка; 5 — електрозапальвач

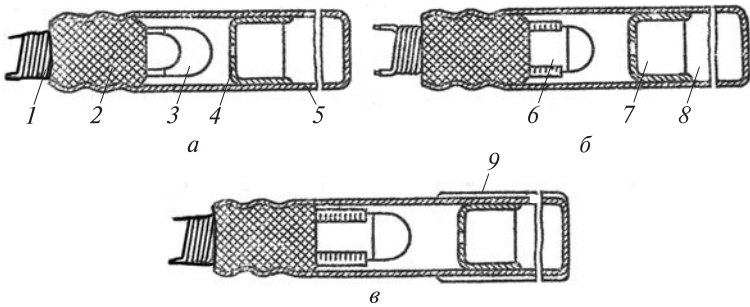
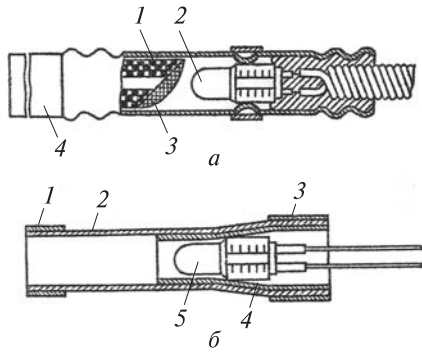


Рис. 5.5. Електродетонатори миттєвої дії: *a*, *б* — незапобіжні; *в* — запобіжні: 1 — кінцеві проводи; 2 — пластикова пробка; 3 — еластичний місток; 4 — ковпачок; 5 — гільза; 6 — жорсткий місток; 7 — ініціувальна ВР; 8 — бризантна ВР; 9 — запобіжне покриття

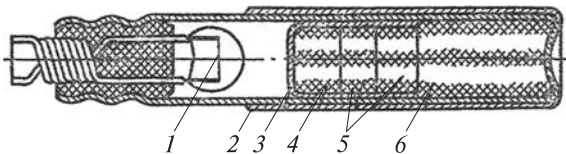


Рис. 5.6. Електродетонатор короткоуповільненої дії (ЕД-КЗ-ПМ-25): 1 — еластичний електрозапальвач; 2 — запобіжне покриття; 3 — ковпачок; 4 — уповільнювальна суміш; 5 — ініціувальна ВР; 6 — бризантна ВР

Електродетонатори миттєвої (рис. 5.5) і короткоуповільненої дії (рис. 5.6) являють собою металеві гільзи, всередині яких розташовані бризантна та ініціювальна речовини і електрозапальник.

Ініціювальна речовина електродетонатора вибухає в результаті нагрівання містка розжарювання і згорання запальнового складу довкола нього. Уповільнення в електродетонаторі досягають за допомогою стовпчика уповільнювальної суміші, яку розміщують між електрозапальником та ініціювальною ВР.

Електродетонатори уповільненої дії (ЕД-УД) мають інтервали уповільнення від 0,5 до 10 с, короткоуповільненої (ЕД-КД) — 25, 50, 75, 100, 125 мс.

Із застосуванням ЕД-КД здійснюють короткоуповільнене підривання, за якого один заряд відносно іншого вибухає з уповільненням, що забезпечує високий ступінь подрібнення, підвищує продуктивність вантажних машин на відкритих розробках, у шахтах і копальнях, а також створює добре оконтурювання під час проходки гірничих виробок.

Як джерело для ініціювання зарядів застосовують вибухові машинки і вибухові прилади (рис. 5.7).

За використання освітлювальної або силової електролінії застосовують вибухові станції (рис. 5.8).

Методи вибухових робіт. Особливості розробки родовищ корисних копалин з урахуванням залягання пластів і покладів, їх потужностей, наявності різних порушень потребують застосування різних методів проведення вибухових робіт.

Існують методи шпурових, свердловинних, камерних, котлових (малокамерних) і зовнішніх зарядів.

Метод шпурових зарядів характеризується подовженими зарядами в шпурах. Його застосовують: на підземних розробках під час проведення гірничих виробок і частково в разі відбою корисних копалин в очисних виробках; на відкритих розробках за потужності пласта корисної копалини до 6 м; за селективного видобутку, коли потужність окремих пластів



Рис. 5.7. Вибуховий прилад KBП-1/100 M

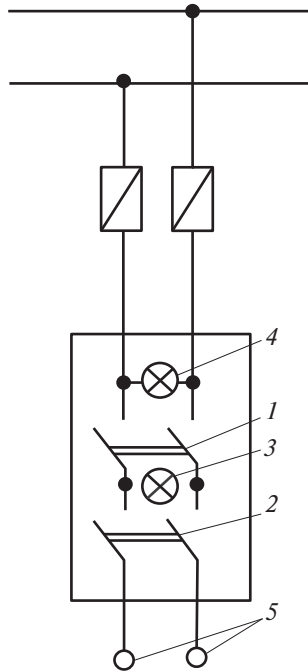


Рис. 5.8. Схема вибухової станції: ►
1 — допоміжний рубильник; 2 — основний рубильник; 3, 4 — сигнальні лампи; 5 — затиски

невелика; під час розробки цінних корисних копалин, якщо необхідно зберегти їх структуру або уникнути подрібнення.

Метод свердловинних зарядів характеризується подовженими зарядами, які розміщують у свердловинах діаметром 75—300 мм. Застосовують на відкритих розробках за висоти уступу понад 6 м, а також на підземних розробках для відбивання руди.

За методом камерних зарядів використовують зосереджені заряди величиною від декількох до декількох тисяч тонн, які розміщують у спеціально пройдених виробках — камерах. Застосовують: на підземних розробках у рудній промисловості для відбою корисних копалин, у разі підривання міжкамерних ціликів і ліквідації порожнеч після відпрацювання камер; на відкритих розробках для

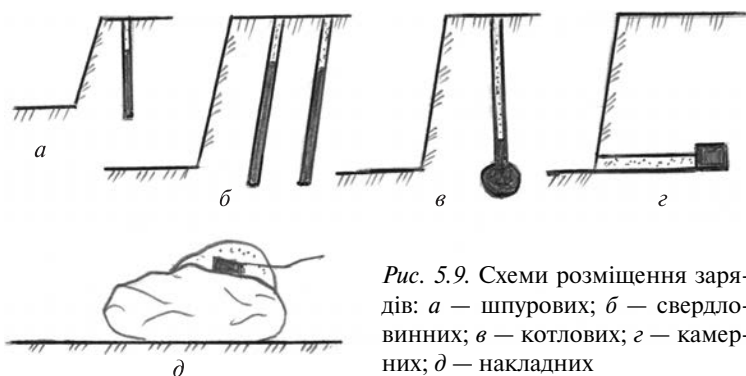


Рис. 5.9. Схеми розміщення зарядів: а — шпурових; б — свердловинних; в — котлових; г — камерних; д — накладних

розпушування великих мас породи; на кар'єрах будівельних матеріалів і під час будівельних робіт.

Метод котлових (малокамерних) зарядів полягає у застосуванні невеликих зарядів ВР, розміщених у котлі, утвореному в нижній частині свердловини. Застосовують на відкритих розробках за висоти уступу не більше 6 м; глибина розміщення котла має не перевищувати 5 м.

Метод зовнішніх (накладних) зарядів характеризується застосуванням зарядів, що накладаються на об'єкт руйнування. Застосовують: для дробіння негабаритного каміння на відкритих розробках, а також для ліквідації заторів під час підземних розробок.

На рис. 5.9 показано схеми розміщення зарядів за різними методами проведення вибухових робіт.

Бурові роботи. Для розміщення вибухової речовини потрібно пробурити шпури і свердловини. Залежно від фізико-механічних властивостей гірських порід буріння шпурів і свердловин в умовах відкритих та підземних робіт виконують різними способами: обертальне, ударне та ударно-обертальне буріння.

Обертальне буріння використовують у породах порівняно невеликої міцності (коефіцієнт міцності, за Протод'яковим, $f = 6-8$). У процесі буріння буровий інструмент без-

перервно обертається довкола своєї осі, що збігається з віссю свердловини (шпура), і одночасно подається вздовж неї на вибій свердловини. Породу руйнують переважно сколюванням з поверхні вибою.

Ударне буріння використовують у породах з коефіцієнтом міцності 6 і вище, що потребує значних зусиль на одиницю леза бурового інструменту.

За ударно-обертального буріння відбувається безперервне руйнування породи без відриву бурового інструменту від вибою шпура або свердловини.

Буріння шпурів і свердловин здійснюють різними бурильними машинами обертальної, ударно-поворотної, ударно-обертальної і термомеханічної дії.

Для буріння шпурів завглибшки до 2,5 м у скельних породах застосовують ручні бурильні молотки, а для буріння шпурів завглибшки понад 2,5 м у середніх і міцних породах — важкі колонкові бурильні молотки.

Для буріння порід середньої міцності з невеликою кількістю включень твердих порід використовують коронки з різальними елементами, армованими пластинками твердого сплаву (рис. 5.10, *а*). Коронки спіралеподібної форми (рис. 5.10, *б*) сприяють ефективній подачі бурового дрібняка від вибою свердловини до шнеків.

Для буріння свердловин у породах з міцністю, вищою за середню, використовують шарошкові долота (рис. 5.10, *в*) діаметром 76 мм.

Для буріння шпурів і свердловин широко застосовують самохідні бурильні машини БТС-60, БТС-150, БМ-276, БМ-253 (рис. 5.11).

Буровим інструментом для самохідних бурових машин є тришарошкове долото. У 1960-х роках в СРСР було розроблено типовий ряд шарошкових станків типу СБШ для буріння свердловин діаметром 200—300 мм і завглибшки до 30 м. Цими станками забезпечували продуктивність буріння 20—70 м за зміну.

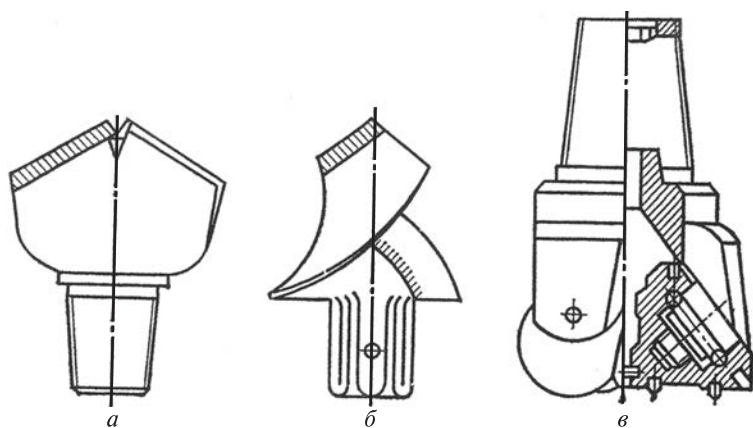


Рис. 5.10. Бурові коронки для обертального буріння



Рис. 5.11. Бурильна машина БМ-253

У наш час для буріння шпурів і свердловин на відкритих гірничих роботах застосовують різні типи машин.

За підземної розробки найбільше поширено буріння бурильними молотками і електросвердлами — для розробки вугільних родовищ; бурильними молотками, заглиб-

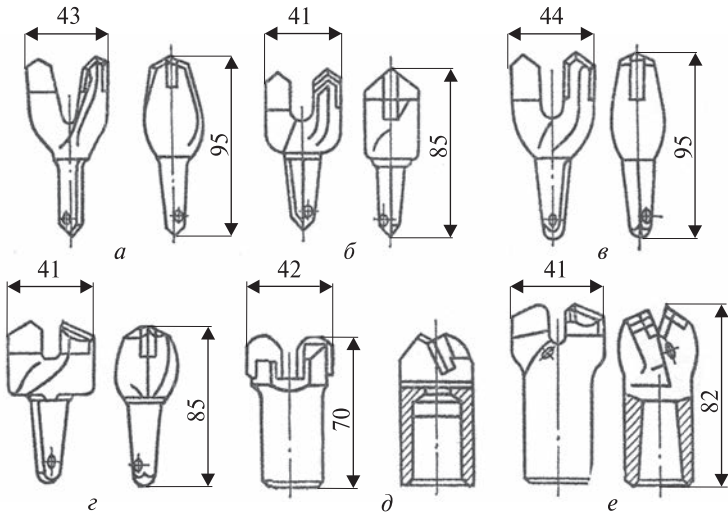


Рис. 5.12. Конструкції різців для обертального буріння: а–в — для слабких порід; г–е — для міцних порід

лювальними пневмоударниками, шарошковими верстатами — для розробки рудних родовищ.

Вибір бурильних машин для проходки горизонтальних виробок здійснюють, виходячи з фізико-механічних властивостей гірських порід, параметрів виробки і методу вибухових робіт. У разі проходки виробок по породах з коефіцієнтом міцності $f = 4-6$ застосовують обертальне буріння. Для буріння шпурів у породах із $f = 3-4$ використовують ручні електросвердла, при $f = 5-6$ — колонкові. За обертального буріння шпурів застосовують різці з лезами, армованими пластинками твердого сплаву типу ВК (рис. 5.12).

Для буріння шпурів у міцних гірських породах із $f = 8-10$ використовують ручні бурильні молотки, обладнані пристосуванням для їх установа на пневмопідтримках, та колонкові бурильні машини, що встановлюють на бурових візках і маніпуляторах.

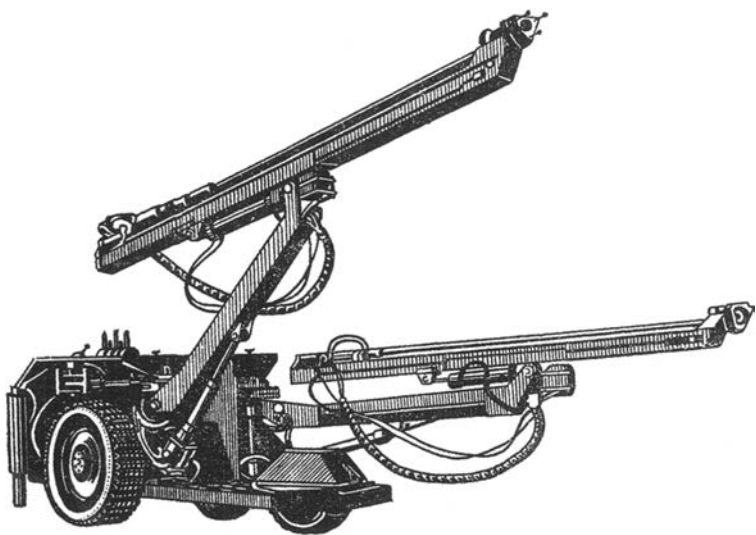


Рис. 5.13. Бурильна установка обертально-ударної дії СБКН

У гірничій практиці широко застосовують установки, що повністю механізують процес буріння і оснащені бурильними машинами обертально-ударної дії (рис. 5.13).

Принципова особливість обертально-ударного способу буріння шпурів полягає в одночасному використанні для руйнування породи удару, крутного моменту і осьового зусилля на бурильний інструмент. Цей спосіб дає змогу бурити шпури з високою швидкістю в породах з $f = 12-14$ за нормальної стійкості бурильного інструменту.

Зарядження шпурів і свердловин. Після буріння шпурів і свердловин їх заряджають вибуховими речовинами. Ці роботи ведуться за допомогою різних типів пневмозарядників, зарядних машин і установок, що забезпечують механізацію та безпеку робіт.

Механізоване зарядження шпурів і свердловин має низку достоїнств. Важливим достоїнством механізованого зарядження є збільшення щільності заряду в шпурах

і свердловинах з 800—900 до 1000—1150 кг/м³. Це забезпечує розміщення більшого заряду ВР в одному шпурі або свердловині і, як наслідок, зниження витрат на бурові роботи (за сталості коефіцієнта заряджання і питомої витрати ВР), а також поліпшення ефекту вибуху, особливо в разі застосування ВР середньої потужності в міцних породах. Поліпшення якості заряджання дає змогу застосовувати в зарядах невеликого діаметра дешевші гранульовані ВР.

Для заряджання шпурів і свердловин у підземних копальнях зарядні машини і пристрої розділені на п'ять груп:

I — зарядники для шпурів діаметром 32—46 мм, завдовжки до 2 м і витратою ВР на вибух до 50 кг у виробках з висотою вибою 2 м за максимальної місткості шпура 5 кг;

II — зарядники для шпурів і свердловин діаметром 32—65 мм, завдовжки 5 м, з витратою ВР на один вибух до 800 кг і місткістю шпура або свердловини не більше 40 кг;

III — зарядні пристрої і машини для свердловин діаметром 56—125 мм, завглибшки до 50 м із змінною продуктивністю до 4000 кг за місткості свердловин до 120—150 кг;

IV — зарядні пристрої і машини для свердловин діаметром до 200 мм з метою масових вибухів із змінною продуктивністю понад 4000 кг за місткості свердловин до 400 кг;

V — зарядно-доставні самохідні машини, призначені для доставляння ВР у вибій і заряджання шпурів у виробках площею перерізу понад 16 м² за висоти вибою 3,5 м і більше та продуктивності заряджання шпурів до 1000—1200 кг/зміну, а також свердловин діаметром 56—200 мм.

Конструкція зарядника першої групи «Курама» показана на рис. 5.14.

Процес заряджання такий: після підключення повітряного шланга і продування зарядника в корпус засипають ВР. Зарядну трубку вводять у шпур і після упору в патрон-бойовик або вибій відводять назад на 10—15 см. Натисненням

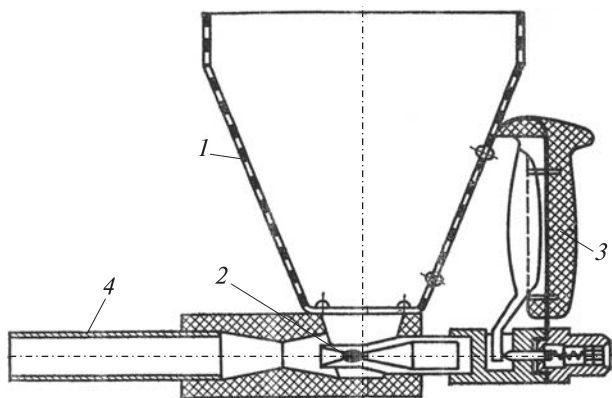


Рис. 5.14. Схема зарядника «Курама»: 1 — бункер; 2 — ежектор, 3 — клапанний пристрій з ручним керуванням; 4 — зарядна трубка

важеля ручного керування відкривають повітряний клапан. Зарядником керує одна людина.

Для транспортування і зарядження свердловин гранульованими ВР (ігданітом, гранулітом) застосовують зарядно-доставні машини типу ЗДУ (рис. 5.15).

Установку, як правило, розташовують у горизонтальній виробці, і від неї до місця зарядження прокладають магістралі зарядних шлангів і дистанційного керування. Зарядний шланг пропускають через корок, що слугує для герметизації устя свердловин і пиловловлювання під час зарядження.

У міру заповнення свердловини зарядний шланг вручну або автоматично виводять із свердловини з тим, щоб відстань між зарядженою частиною свердловини і соплом зарядної головки становила 0,5–1,0 м залежно від відношення діаметра свердловини до діаметра сопла. За таких умов щільність зарядження буде максимальною, а винесення часточок ВР — мінімальним. Продуктивність установки 44–55 кг/хв.

Нині на кар'єрах для зарядження вибухових свердловин, що мають велику одиничну потужність, застосовують само-

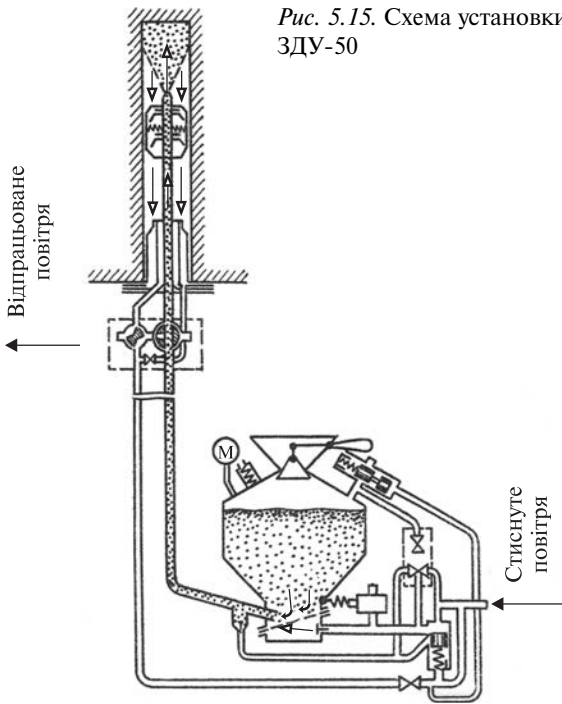
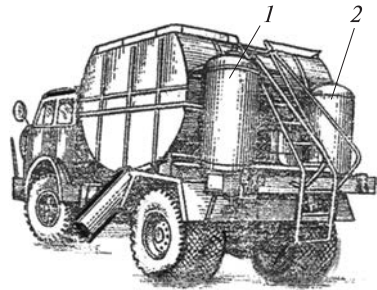


Рис. 5.15. Схема установки ЗДУ-50

Рис. 5.16. Зарядна машина МЗ-8 з приставками для приготування ігданіту: 1, 2 — резервуари для рідкої пальної і порошкоподібної добавки відповідно



хідні комплекси машин: зарядні, змішувально-зарядні для гранульованих і водовмісних ВР (рис. 5.16).

Машина МЗ-8 є бункером, змонтованим на автомобілі, з розміщеними усередині нього пневматичними діафраг-

мами для переміщення ВР. Вибухова речовина з бункера самопливом надходить у свердловину. На машині змонтована приставка для виготовлення ігданіту. Вантажність машини МЗ-8 – 7 т, продуктивність – 650 кг/хв.

5.3. Видобуток корисних копалин відкритим способом

5.3.1. Загальні відомості

Якщо корисні копалини виходять на поверхню або залягають під невеликим (до 80—120 м) шаром порожніх порід, їх розробляють відкритим методом. Цей метод широко застосовують для видобутку вугілля, руд чорних і кольорових металів, гірничо-хімічної сировини і будівельних матеріалів.

Відкритий видобуток корисних копалин відомий людству з давніх часів і датується 6 тис. до н. е. Поліметалеві руди для виплавки бронзи вилучали відкритим способом в 4-му тис. до н. е. в Індії, на Синайському півострові, в районі Кавказу, в Північній Ефіопії та ін. У 2-му тис. до н. е. в Індії і на Близькому Сході відкритим способом видобували залізну руду.

В середні віки в значних масштабах здійснювали відкриту розробку родовищ руд кольорових металів в Іспанії, мрамору в Італії, мідних і залізних руд на території Росії (Урал).

Починаючи з ХХ ст. у зв'язку з розвитком машинної техніки відкритим способом розробляють родовища у багатьох країнах, передусім у США, Німеччині, Росії, Канаді та ін.

Відкрита розробка родовищ забезпечує 60—65 % світового споживання рудної і нерудної сировини і 30—35 % твердого палива. Це пояснюється економічною ефективністю відкритої розробки. Вартість відкритого видобутку вугілля в 2,5—3, руди в 1,5—2 рази нижча, ніж за підземної



Рис. 5.17. Загальний вид кар'єру

розробки родовищ, а продуктивність праці удвічі-втричі вища. Використання потужного гірничого і транспортного устаткування, засобів автоматизації та обчислювальної техніки дає змогу освоювати відкритими роботами крупні родовища з низьким вмістом металу в руді і тим самим збільшувати запаси дефіцитних сировинних ресурсів. Порівняно з підземною розробкою втрати корисної копалини знижуються в 4–5 разів. У зв'язку з цим генеральний напрям розвитку гірничодобувної промисловості багатьох країн полягає у зростанні видобутку відкритим способом.

На основі відкритої розробки родовищ створюють великі комплекси з видобутку, переробки і споживання сировини, що характеризуються високою концентрацією виробництва, розвиненою мережею транспортних комунікацій, мінімальною відстанню перевезень сировини і низькими витратами на виробництво.

У країнах СНД відкриту розробку корисних копалин застосовують для видобутку вугілля (Кузнецький та Кансько-

Ачинський басейни, Росія), залізної руди (Криворізький басейн, Україна; Курська магнітна аномалія, Росія; Соколовсько-Сарбайське і Кагарське родовища, Казахстан), кольорових металів (Сибір і Урал, Росія).

У світі відкритим способом добувають приблизно 30 % вугілля, близько 75 % залізної руди, до 80 % руд кольорових металів, понад 90 % неметалевих корисних копалин (азбест, графіт, каолін, слюда, тальк), майже 100 % нерудних будівельних матеріалів. Найбільша кількість відкритих розробок є в США. Відкритим способом видобувають корисні копалини в Австралії, країнах Південної Америки (Бразилії, Венесуелі та ін.), Канаді, Китаї, країнах Європи (Німеччині, Польщі, Чехії та ін.).

Видобуток корисних копалин відкритим способом ведеться на кар'єрах (рис. 5.17). Глибина окремих кар'єрів сягає кількох сотень метрів. Так, в СРСР проектували кар'єри завглибшки 500—700 м. Наприклад, глибина Корнинського кар'єру (Україна) становить 300 м.

Кар'єри — це великі комплекси з річною продуктивністю 40—50 млн т корисних копалин і понад 100 млн т покрівельних порід.

5.3.2. Технологія відкритих гірничих робіт

Відкрита розробка родовищ корисних копалин складається з таких етапів: підготовка поверхні, осушення родовища, розкривні та видобувні роботи, відновлення земель, порушених гірничими роботами (рекультивация).

Розкривні роботи забезпечують доступ до корисної копалини і полягають у видаленні порожніх порід, що покривають корисну копалину. Для цього проводять капітальні й розрізні траншеї (рис. 5.18).

Капітальні траншеї — це відкриті виробки з поперечним перерізом ступінчастої, трапецієподібної або трикут-

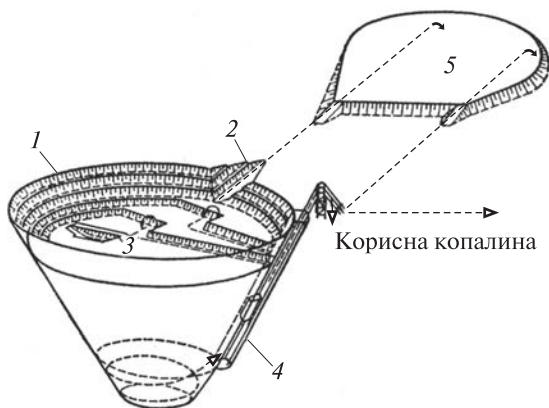


Рис. 5.18. Розкриття родовища за відкритої розробки: 1 — кар'єр; 2 — капітальна траншея; 3 — розрізна траншея; 4 — похила виробка для транспортування корисної копалини; 5 — відвал пустих порід

ної форм, які проводять з поверхні або від частини кар'єру, що розробляється, до заново створюваних робочих горизонтів. Безпосереднім продовженням капітальної траншеї є горизонтальна виробка з трапецієподібним (трикутним) поперечним перерізом, так звана розрізна траншея, яку проводять для створення первинного фронту гірничих робіт.

Розробку покрівельних порід і корисних копалин ведуть уступами. На уступах розміщуються всі механізми і устаткування — драглайни, екскаватори, бурові станки.

Верхні уступи випереджають нижні. За розробки горизонтальних покладів глибина кар'єру є постійною, а посування уступів веде до збільшення у плані відпрацьованого простору кар'єру, в якому зазвичай розміщуються покрівельні породи. Гірничі роботи на похилих і крутопадаючих покладах пов'язані з поглибленням кар'єру і створенням (нарізкою) нових уступів проходкою розрізних траншей; при цьому необхідним є випереджальне відпрацювання вищерозміщених уступів. Для забезпечення транспортного зв'яз-

ку між поверхнею і вибоями в кар'єрі проводять похилі капітальні траншеї. Будівництво кар'єрів передбачає розкриття і нарізку уступів по покладу за випереджального відпрацювання уступів у покривельних породах та спорудження під'їзних транспортних комунікацій.

Розкривні та видобувні роботи є основними технологічними процесами. Виймання і навантаження гірських порід та корисної копалини залежно від залягання і потужності пласта або покладу і їх фізико-механічних властивостей здійснюють за допомогою вибухових робіт або екскаваторами і драглайнами, скреперами і навантажувачами.

Гірську масу переміщують із вибою засобами кар'єрного транспорту. Масив, складений неміцними гірськими породами, не потребує попереднього розпушування. Відбивання і вантаження складають єдиний процес, що здійснюється екскаваторами, скреперами, навантажувачами, бульдозерами чи іншими механічними засобами або за допомогою гідромеханізації.

Корисну копалину транспортують на склади або місця її переробки, порожню породу — у відвали покривельних порід. Об'єм порожніх порід за розробки відкритим способом зазвичай значно перевищує об'єм корисної копалини, яку добувають. Відношення цих об'ємів характеризується коефіцієнтом розкриття, який інколи сягає 25, тобто на 1 т корисної копалини припадає 25 т покривельних порід.

Технологія відкритої розробки корисних копалин має три види: циклічний, циклічно-потоківий і потоківий. За циклічної технології процеси виймання і транспортування є переривними.

За циклічно-потоківій технології виймання здійснюють машинами циклічної дії — однокерованими екскаваторами або навантажувачами, а переміщення — стрічковими конвеєрами або поєднанням конвеєрного транспорту з автомобільним (інколи із застосуванням самохідних дробильних агрегатів або напівстаціонарних і стаціонарних дро-

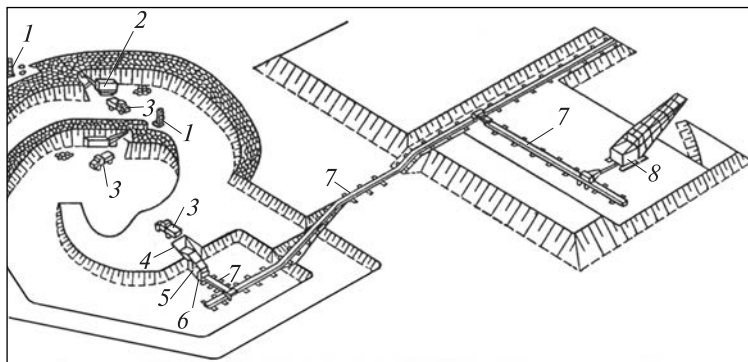


Рис. 5.19. Циклічно-потокова технологія відкритої розробки родовищ: 1 — буровий верстат; 2 — екскаватор; 3 — автосамосвал; 4 — бункер; 5 — сортувальне решето; 6 — дробилка; 7 — стрічковий конвеєр; 8 — перевантажувач

більних, дробильно-сортувальних або сортувальних установок) чи залізничним транспортом (рис. 5.19).

За потокової технології процеси відбою, виймання, транспортування, розвантаження виконують механізмами безперервної дії: роторними, багаточерпаковими екскаваторами, стрічковими конвеєрами або гідромеханізацією.

Техніку безперервної дії за потокової технології створюють на базі комплексу устаткування з роторними екскаваторами продуктивністю 630, 1250, 2500, 5000, 10 000 і 12 500 м³/год. На вугільних кар'єрах працюють потужні роторні екскаватори для виймання вугілля і покрівельних порід (рис. 5.20).

Рациональні параметри відкритої розробки родовищ і устаткування визначають з урахуванням кліматичних особливостей району розробки, властивостей гірських порід, запасів корисної копалини, форми родовища та ін., а також вимог до якості готової продукції.

Порядок відкритих гірських робіт, що забезпечують економічну і безпечну експлуатацію родовища, називають систе-



Рис. 5.20. Роторний екскаватор великої потужності



Рис. 5.21. Транспортно-відвальний комплекс (Німеччина)

мою розробки. Найбільш поширеною є класифікація систем розробки, створена академіком АН СРСР М.В. Мельниковим.

Класифікація ґрунтується на способі переміщення порожніх покрівельних порід у відвали і типу устаткування й складається із 5 груп:

- безтранспортні системи — за їх допомогою покрівельні породи переміщують із вибою у вироблений простір розкривним екскаватором;

- транспортно-відвальні системи — характеризуються переміщенням розкривних порід у відвали транспортно-відвальними мостами або відвалоутворювачами; породу навантажують на стрічкові конвеєри транспортно-відвальних мостів і консольних відвалоутворювачів багаточерпаковими, а інколи одноковшовими екскаваторами;

- транспортні системи — за допомогою яких породу переміщують у внутрішні (розташовані у відпрацьованому просторі) або зовнішні (розташовані за межами кар'єру) відвали залізничним, автомобільним, конвеєрним, скіповим і комбінованим транспортом;

- спеціальні системи — покрівельні породи видаляють екскаваторами, бульдозерами, колісними скреперами або засобами гідромеханізації;

- комбіновані системи — покрівельні породи верхньої зони родовища вивозять засобами транспорту на зовнішній або внутрішній відвали; породи нижньої зони переміщують у внутрішні відвали екскаваторами, транспортно-відвальними мостами або відвалоутворювачами.

Для видобутку руд найчастіше використовують транспортну систему, що застосовує транспортні засоби великої вантажності (наприклад, автосамоскиди з ємністю кузова понад 100 м³) і екскаватори з великими параметрами (ємність ковша механічної лопати до 20 м³). Для видобутку вугілля в США і ФРН поширена безтранспортна система розробки екскаваторами великих параметрів (ємність ковша до 150 м³), драглайнми (до 160 м³) і потужними транспортно-відвальними комплексами (рис. 5.21).

У разі видобутку міцних корисних копалин застосовують вибухові роботи.

На кар'єрах гірську масу відбивають за допомогою вертикальних і похилих свердловинних зарядів діаметром 100—

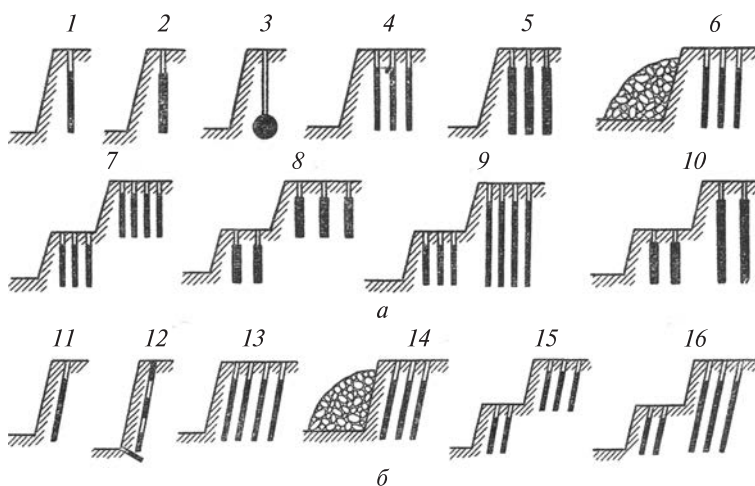


Рис. 5.22. Схеми розташування вертикальних (а) і похилих (б) свердловин (1—16)

320 мм, шпурових зарядів діаметром до 70 мм і рідко — камерних. Свердловини проходять буровими верстатами різних конструкцій.

Для відбиття гірської маси свердловинними зарядами застосовують різні конструкції зарядів та схеми їх розташування (рис. 5.22). Залежно від об'єму підірваної маси розташування свердловин може бути однорядним (1, 2, 11, 12) і багаторядним (4—10, 13—16). В умовах важкопідричних корисних копалин застосовують котлові заряди (3) з розміщенням котла в нижній частині уступу і заряди з повітряними проміжками (12).

Продуктивність вантажних машин і механізмів безпосередньо залежить від якості дробіння гірської маси, що досягається широким застосуванням короткоуповільненого підривання зарядів. На відкритих розробках використовують різні схеми такого підривання (рис. 5.23).

Одним із основних виробничих процесів у технології відкритих розробок є переміщення кар'єрних вантажів кар'єрним транспортом.

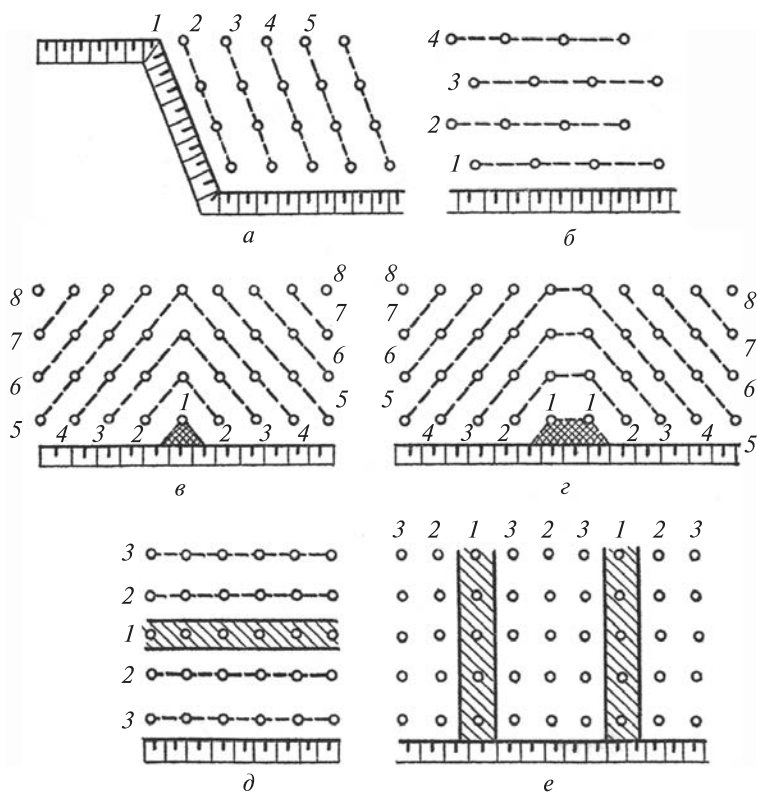


Рис. 5.23. Схеми короткоуповільненого підривання зарядів (цифрами вказано послідовність підривання): а, б — порядні схеми; вруб: в — клиновий, г — трапецієподібний, д — поздовжній, е — поперечний

Основний кар'єрний вантаж — гірська маса (корисні копалини або порожні породи). Початковий пункт — вибій, кінцевий — місце розвантаження (відвали для порожніх порід, некондиційних руд і приймальні бункери вантажних станцій, дробильні, збагачувальні, брикетні фабрики, тимчасові або постійні склади — для корисної копалини).

Особливостями кар'єрного транспортування є великі обсяги перевезень (наприклад, за відстані до 15—20 км на



Рис. 5.24. Вантаження гірської маси у вибої кар'єру на автотранспорт



Рис. 5.25. Переміщення покрівельних порід конвеєрним транспортом

кар'єрах переміщують від декількох десятків тисяч до десятків мільйонів тонн вантажів за рік), а також однобічна спрямованість переміщення від вибоїв до пунктів прийому вантажів, великі уклони на трасі, нестационарність пунктів вантаження гірської маси і пунктів прийому порожніх порід.

Кар'єрний транспорт — це зв'язувальна ланка всіх технологічних процесів розробки гірських порід у кар'єрі;



Рис. 5.26. Підвісна канатна дорога для транспортування руди в гірських умовах

на нього припадає близько половини всіх трудових і вартісних витрат на видобуток корисної копалини.

Всі види кар'єрного транспорту поділяють на дві групи: переривної дії — залізничний, автомобільний (рис. 5.24); безперервний — конвеєрний (рис. 5.25), канатні дороги (рис. 5.26) і транспортно-відвальні мости.

5.4. Підземний видобуток корисних копалин

Підземним (шахтним) називають спосіб видобутку корисних копалин за допомогою підземних гірничих виробок. Підземний спосіб застосовують для видобутку вугілля, сланців, рудних і нерудних копалин, гірничо-хімічної сировини, солей, розсіпів.

У процесі розробки родовищ підземним способом виділяють три стадії гірничих робіт: розкриття, підготовку і очисне виймання.

Під розкриттям розуміють проходку комплексу підземних гірничих виробок, що відкривають доступ з поверхні землі і створюють можливість проведення підготовчих виробок для підготовки і видобутку корисної копалини.

Способами розкриття визначають структуру шахти або копальні, просторове розташування основних розкривних виробок, транспортний зв'язок вибоїв з поверхнею, порядок і напрямок відпрацювання родовища.

Увесь технологічний процес з видобутку корисних копалин підземним способом включає: проведення гірничих виробок, їх кріплення, підготовку корисної копалини до виймання, власне виймання (відбій, доставка, вантаження, перевезення гірської маси підземним транспортом і підйом на поверхню), організацію водовідливу і провітрювання шахти.

5.4.1. Проходка гірничих виробок

Проходка гірничих виробок — це процес штучного утворення в земній корі порожнин унаслідок виймання гірських порід для розкриття родовища, проведення видобувних робіт, транспортування, вентиляції, водовідливу. Для цього слугують шахтні стовбури, штольні, квершлаги, горизонтальні і похилі виробки (штреки, бремсберги, уклони) та ін.

Проходка стовбурів. Шахтні стовбури — головні гірничі виробки. Їх споруджують на першому етапі будівництва шахти або копальні. Від них і розгортаються основні гірничі роботи. Глибина вертикальних стовбурів сягає 1200 м і більше. Форма поперечного перерізу стовбурів прямокутна або кругла діаметром до 8 м.

Залежно від фізико-механічних властивостей порід і гірничотехнічних умов у світовій практиці застосовують звичайні й спеціальні методи проходки. Звичайні способи використовують за стійких порід і невеликого припливу води. До них відносять два основні методи проходки: а) за допомогою вибухових робіт; б) буріння стовбурів буровими установками (агрегатами). Спеціальні способи: заморожування порід або їх тампонаж різними сумішами.

За вибухового способу у вибої стовбура бурять шпури або свердловини, здійснюють їх зарядку і підривання.

У стовбурах круглого поперечного перерізу шпури розташовують декількома концентричними колами (рис. 5.27, а). Вруб складається з 6—12 шпурів, глибина їх на 15—20 см більша за глибину інших. Найширше застосовують вруби з паралельними шпурами, що забезпечує менший викид породи вгору.

Для посилення дії врубових шпурів по центру стовбура бурять свердловину діаметром 200 мм. Цю свердловину не заряджають, а використовують як додаткову відкриту поверхню (рис. 5.27, б).

Шпури або свердловини бурять перфораторами і бурильними машинами. Кожне кільце зарядів підривають з інтервалом уповільнення 50, 75, 100 мс.

Після руйнування гірської породи вибухом її виймають і транспортують у спеціальних посудинах — баддях. Навантажують породу в бадді за допомогою грейферних навантажувачів.

Якісно новий етап у розвитку техніки спорудження шахтних стовбурів — розробка і впровадження механізованих стовбуропрохідницьких агрегатів.

Їх застосування дало змогу усунути важку фізичну працю шахтобудівників і забезпечити підвищення продуктивності праці вп'ятеро та безпеку проведення гірничих робіт. Цими установками було пройдено багато стовбурів у Росії, Україні і Казахстані. В установках поєднано процеси механічного

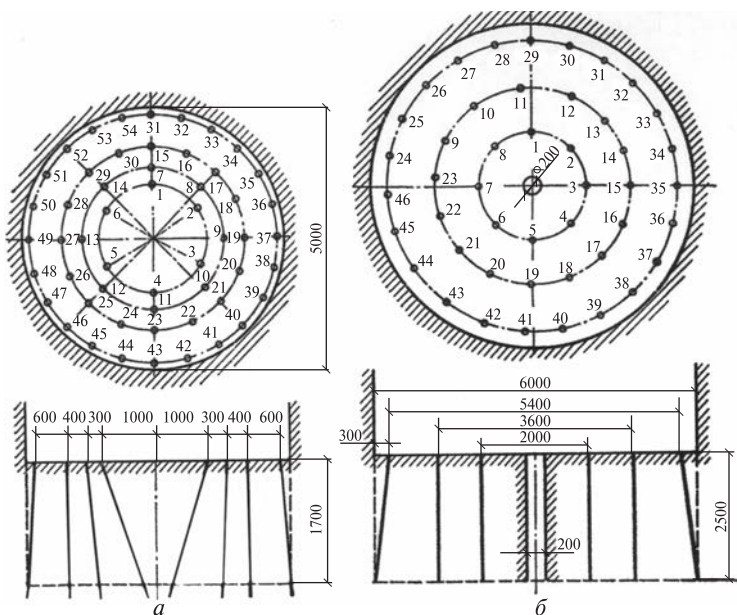


Рис. 5.27. Схема розташування шпурів при проходженні стовбурів круглого перерізу: *а* — з врубом із шести шпурів; *б* — з випереджувальною свердловиною діаметром 200 мм

руйнування порід, навантаження гірської маси і зведення постійного кріплення стовбура. Застосовують у породах середньої міцності.

До складу комплексу входять: бурильна установка — її підвішують замість грейфера на тельфер породонавантажувальної машини, якою здійснюють групове буріння шпурів; саморозвантажувальні бадді для видачі навантаженої породи на поверхню; металева пересувна опалубка. За найбільш поширеною суміщеною технологічною схемою проходки стовбурів опалубку встановлюють на вибій.

Для швидкісного проходження стовбурів у стійких породах застосовують швидкісний комплекс типу КС-1м/6,2

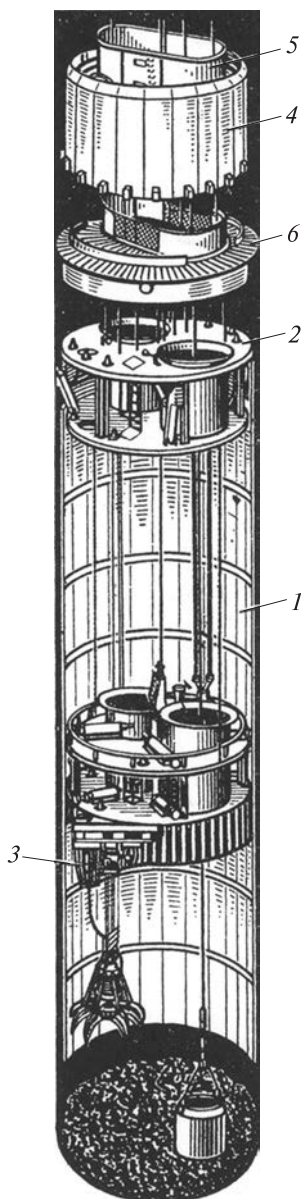
Рис. 5.28. Стовбуропрохідницький комплекс КС-1м/6,2: 1 — металевий щит; 2 — натягнений поміст; 3 — каретка з породо-навантажувальною машиною КС-1м; 4 — опалубка; 5 — балкон опалубки; 6 — опускне пікетажне кільце

(рис. 5.28), розрахований на паралельно-одночасне виконання робіт з виймання породи і спорудження кріплення. За використання цього комплексу швидкість проходки стовбура сягає 401,3 м/міс.

Під час спорудження шахтних стовбурів застосовують також механізовані прохідницькі комплекси. Їх споряджують підйомним пристроєм із застосуванням баддів, які саморозвантажуються на поверхні, що забезпечує транспортний зв'язок вибою з поверхнею (рис. 5.29).

У світовій практиці великим досягненням було створення бурових агрегатів на принципах роторного колонкового реактивно-турбінного буріння. Представником такого агрегату може бути установка УЗТМ-8,75 (рис. 5.30).

Цією установкою бурять стовбури діаметром 7,5 і 8,5 м на глибину до 600 м. Робочим інструментом є шарошкове пілот-долото і розширювач. За допомогою



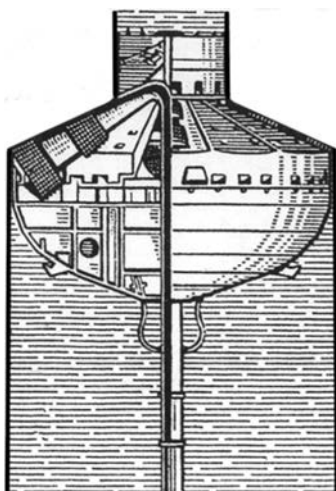
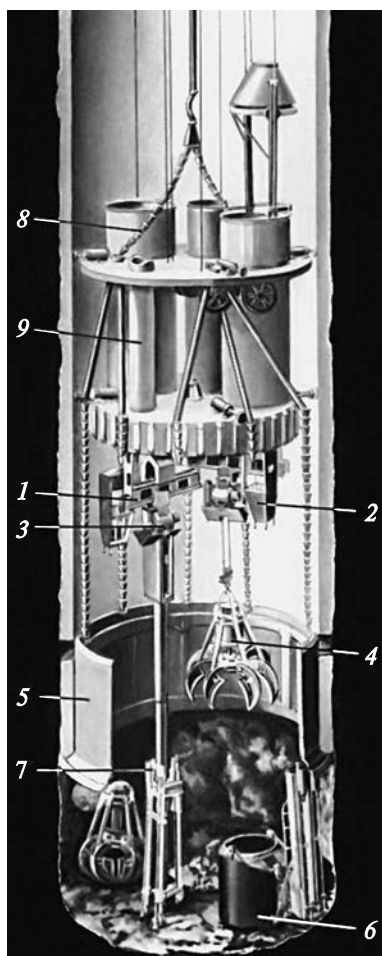


Рис. 5.30. Буріння стовбура установкою УЗТМ-8,75

◀ Рис. 5.29. Схема проходки стовбура механізованим комплексом: 1 — навантажувальна машина; 2 — кабіна машиніста; 3 — спарований пневмотельфер; 4 — грейфер; 5 — пересувна опалубка; 6 — саморозвантажувальна баддя; 7 — бурильна установка; 8 — бетонорозподільник; 9 — двоховерховий підвісний поміст

установки роботи ведуть у два етапи: спочатку бурять пілотну свердловину, а потім розширювальною головкою розбурюють стовбур до проектного діаметра.

У конструкціях бурового агрегату (Німеччина) різальна головка (ротор) має різальні коронки, діаметр пілотної свердловини 1,4 м.

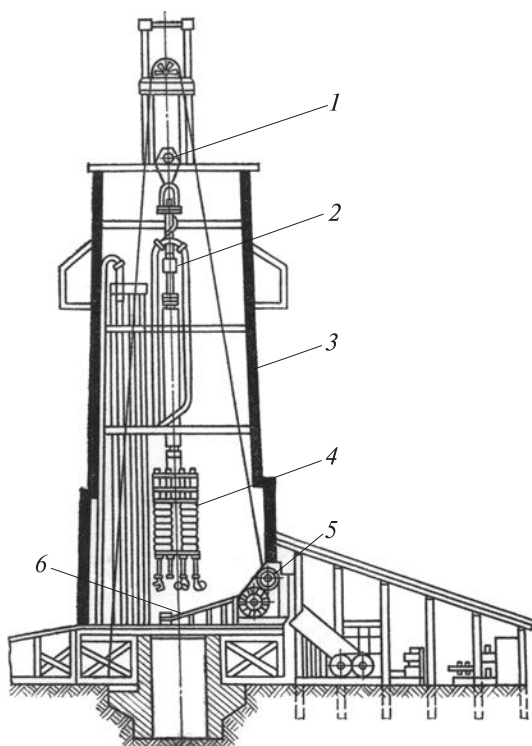


Рис. 5.31. Схема бурової установки РТБ-2080: 1 — талева система; 2 — вертлюг; 3 — вежа; 4 — реактивний турбінний блок; 5 — бурова лебідка; 6 — ротор

Для буріння стовбурів діаметром до 5,0 м застосовують реактивно-турбінну установку РТБ, що має у комплекті два і більше турбобури (рис. 5.31).

Турбобури обертаються під дією глинистого розчину, що проходить через них і нагнітається з поверхні. В разі буріння свердловини діаметром 2,08 м одночасно працюють три турбобури, з яких один (головний) розбудує центральну частину вибою діаметром 1,02 м, а два інші — периферійну.

Впровадження установки РТБ зумовлене істотними достоїнствами цього виду бурової техніки, головні з яких: застосування в агрегаті турбобурів, бурових веж, бурильних труб, доліт та ін., що випускають серійно для буріння на нафту і газ; планетарний принцип розробки вибою, що не потребує великих осьових зусиль; відносно невеликі викривлення виробки в процесі її буріння; простота конструкції і надійність в експлуатації, що дають змогу простими змінами компоновання турбобурів оснащувати їх долотами різних конструкцій.

В Україні розроблені методи інтенсифікації проходки і поглиблення стовбурів. Заслуговує на увагу технологія, розроблена Донецьким національним технічним університетом, що передбачає комбіновану схему: бурову і вибухову. За такої схеми роботи ведуть у два етапи: спочатку бурінням проходять передову виробку, а потім бурінням шпурів і їх підриванням розширюють стовбур до проектних розмірів (рис. 5.32).

Відбій породи за розширення передового висхідного стовбура згори вниз здійснюють за допомогою низхідних поздовжніх шпурів (рис. 5.32, *а*). Застосовують також горизонтальні (4) (рис. 5.32, *б*) або похилі (5) торцеві шпури (рис. 5.32, *в*), які вибурають із висхідного передового стовбура 2 зі спеціальних бурових помостів.

Цю технологічну схему заглиблення спочатку широко застосовували на копальнях. Надалі її успішно впровадили й на вугільних шахтах, де були досягнуті рекордні темпи заглиблення стовбурів. Технологія заглиблення стовбурів з розширенням висхідного згори вниз за допомогою поздовжніх шпурів є досить універсальною, її можна використовувати у скельних і напівскельних породах. При цьому забезпечується задовільна якість оконтурювання стовбурів, коефіцієнт використання шпурів високий.

У промислово розвинених країнах створені високо-ефективні бурові установки для підземного буріння вертикальних виробок діаметром до 2,4 м і більше. Цими

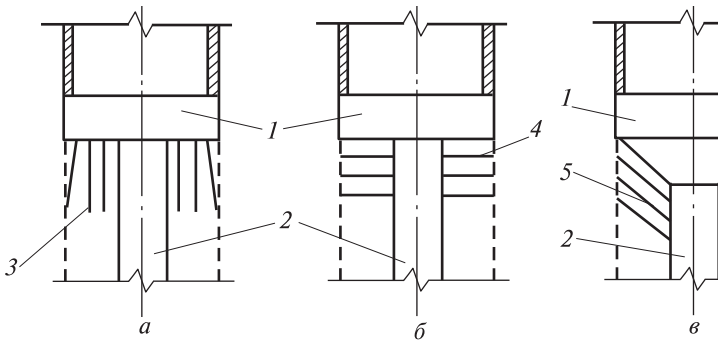


Рис. 5.32. Схеми відбивання породи при заглибленні стовбурів з розширенням згори вниз: 1 — стовбур, що заглиблюється; 2 — передовий висхідний стовбур; 3 — низхідні поздовжні шпури; 4 — горизонтальні шпури; 5 — похилі торцеві шпури

установками успішно проходять передові виробки із заглибленням стовбурів у скельних породах будь-якої міцності. Із збільшенням діаметра передової виробки, яку проходять буровим способом, зменшується питома вага робіт з розширення передової виробки вибуховим методом.

У Західній Європі для проходки стовбурів діаметром до 8,5 м на глибину до 750 м у складних гідрогеологічних умовах застосовують роторну бурову установку, що працює за принципом послідовного розширення стовбура з вилученням породи ерліфтом через бурильні труби. В США набули поширення роторні установки, якими проходять стовбури діаметром від 1,5 до 4,0 м. В установках використовують важке нафтобурове і спеціальне наземне устаткування, труби, багатшаршкові долота, розширювачі. Крім зворотного промивання застосовують систему зворотного продування повітрям.

У міру заглиблення стовбура його стінки закріплюють бетоном або тюбінгами. Сучасна технологія проходки стовбурів стовбуропрохідницькими агрегатами і комплексами дає змогу одночасно здійснювати кріплення стовбура.



Рис. 5.33. Надшахтний копер

Якщо стовбур пройдений і досяг проектної глибини, від нього проходять комплекс виробок білястовбурового двору для обслуговування підземного господарства. Над стовбуром розміщують копер (рис. 5.33), поблизу якого у спеціальному приміщенні встановлюють підйомну машину.

Сукупність машин і механізмів, призначених для підйому (спуску) людей і вантажів по шахтному стовбуру, називають шахтним підйомом (рис. 5.34).

Шахтний підйом включає підйомну машину, підйомні канати, резервуари і напрямні шківни, змонтовані на копрі. Для наповнення корисною копалиною скіпів слугує завантажувальний пристрій, розвантаження здійснюють у бункер.

Підйомна машина складається з органу намотування, гальмівної системи, редуктора, електродвигуна, пульта керування (рис. 5.35).

За призначенням розрізняють шахтні підйоми: головні (для підйому корисної копалини, а також породи на поверхню); допоміжні (для підйому і спуску людей та різних вантажів); прохідницькі (проходка і поглиблення стовбурів

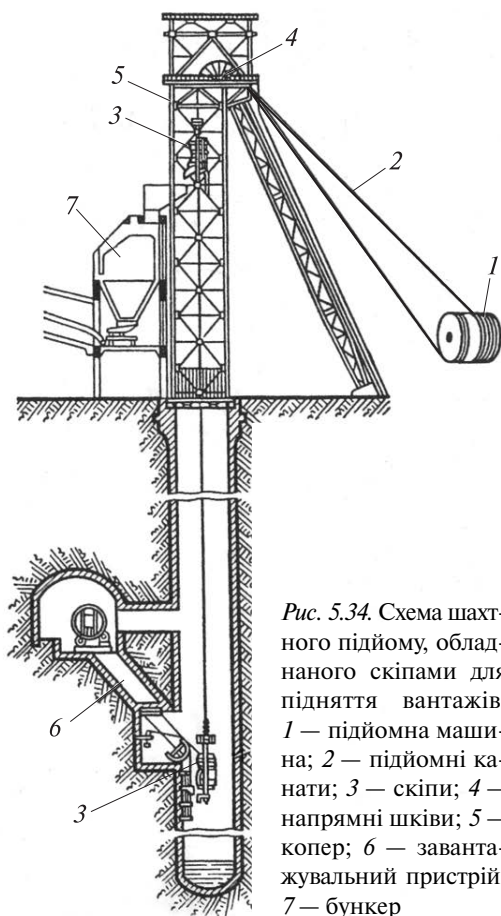


Рис. 5.34. Схема шахтного підйому, обладнаного скіпами для підняття вантажів: 1 — підйомна машина; 2 — підйомні канати; 3 — скіпи; 4 — напрямні шкві; 5 — копер; 6 — завантажувальний пристрій; 7 — бункер

шахти) та інспекторські або аварійні (для ревізії стовбура і підйому людей в аварійних ситуаціях). Типи підйомних посудин — клітьові (рис. 5.36), скіпові й бадді.

Проходка горизонтальних виробок. Для видобутку корисних копалин доводиться створювати цілу систему гірничих виробок, що є основою гірничих робіт. Згідно з конкретними гірничо-геологічними умовами, форма поперечного

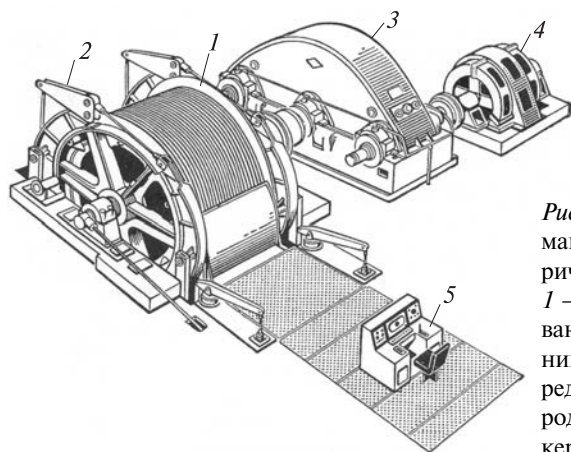


Рис. 5.35. Підйомна машина з циліндричним барабаном: 1 — апарат намотування; 2 — гальмівний пристрій; 3 — редуктор; 4 — електродвигун; 5 — пульт керування

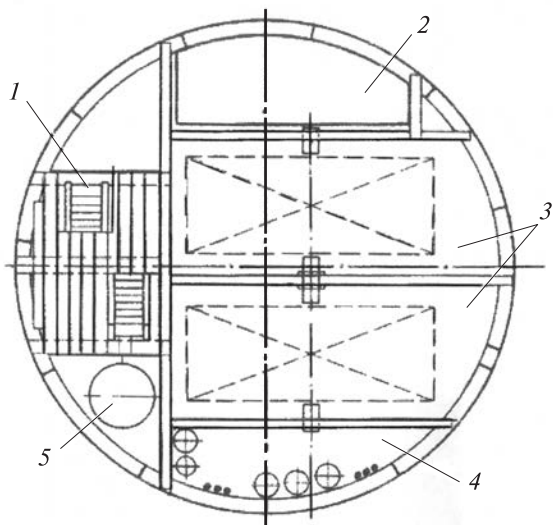


Рис. 5.36. Переріз шахтного стовбура за клітьового підйому: 1 — сходове відділення; 2 — лісопуск; 3 — клітьове відділення (на дві кліті); 4 — відділення для трубопроводів і кабелів; 5 — вентиляційна труба

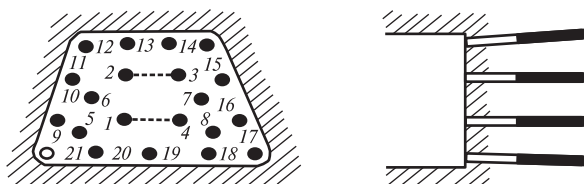


Рис. 5.37. Схема розташування шпурових зарядів під час проведення горизонтальних виробок

перерізу горизонтальних виробок може бути прямокутною, квадратною, трапецієподібною, арочною, склепінною і круглою. Залежно від міцності порід і умов проходки гірничі виробки проходять вибуховими роботами і комбайнами.

За проведення виробок вибуховим способом виконують такі операції: буріння шпурів (свердловин), заряджання і підривання, провітрювання, прибирання породи і кріплення виробки. Під час проведення виробок є, як правило, одна відкрита поверхня — вибій, до якого бурять шпури (від 10 до 60). Для досягнення ефективності вибуху шпури розташовують за певною схемою (рис. 5.37).

В центрі бурять врубові шпури (1—4) для створення додаткової (другої) відкритої поверхні у вибої і поліпшення умов дії решти шпурів. Наступні шпури (5—8) називають відбійними, заряди в яких підривають після врубових. Відбійні шпури призначені для розширення порожнини, утвореної врубом. Оконтурювальні шпури (9—21), які призначені для надання виробці проектного перерізу, підривають останніми.

Залежно від форми і площі поперечного перерізу виробки і міцності порід існують різні типи врубів.

Для проходки виробок врубом зі свердловиною, що підвищує ефективність вибуху, в центрі вибою буровою машиною пробурюють свердловину діаметром до 0,2 м.

Після підривання шпурів зруйновану гірську масу навантажують машинами у вагонетки.



Рис. 5.38. Загальний вигляд комбайна КПД

Великим досягненням у гірничій справі було широке застосування комбайнів під час прохідницьких робіт. У багатьох країнах світу комбайновий спосіб проведення виробок становить 60—80 % їх загального обсягу.

У гірничодобувній промисловості України обсяги проведення виробок прохідницькими комбайнами зросли з 31 % у 1995 р. до 45 % у 2003 р. У 2005 р. комбайнами було пройдено 350 км, тобто 55 % загального обсягу виробок. Застосування комбайнів дало змогу підвищити темпи проходки виробок до 110 м/міс.

В Україні намітилися певні зрушення у сфері створення прохідницьких комбайнів, випуск яких освоєний Новокраматорським і Ясинуватським машинобудівними заводами.

Фахівцями інституту «Донгіпровуглемаш» розроблені базові моделі комбайнів: середнього класу — КПД, важкого класу — КПУ; прохідницький комплекс для проведення виробок з анкерним кріпленням — КПА, який забезпечує темпи проходки до 600—800 м/міс.



Рис. 5.39. Прохідницький комбайн КПУ

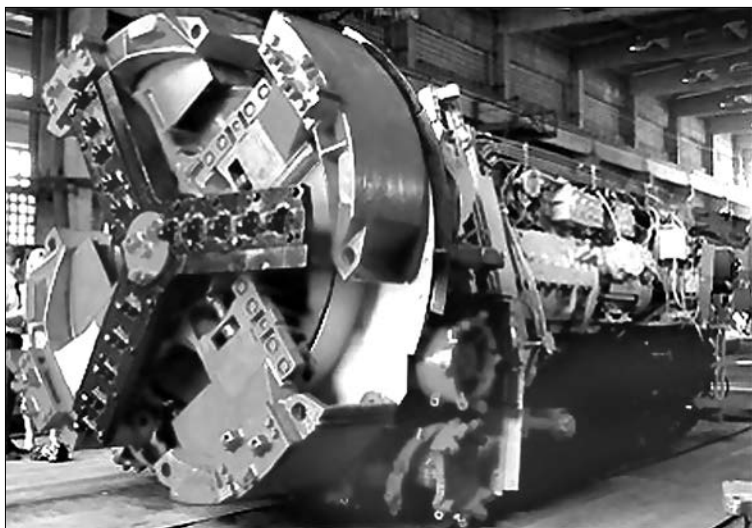


Рис. 5.40. Загальний вид комбайна ПКС-8М

Прохідницький комбайн КПД (рис. 5.38) призначений для механізації відбою і вантаження гірської маси за проведення виробок арочної, трапецієподібної і прямокутної форм перерізом від 7,0 до 20 м² по вугіллю і змішаній породі. Одним із представників комбайнів важкого класу є комбайн КПУ (рис. 5.39). Він проходить виробки перерізом від 9 до 30 м² як по вугіллю, так і по змішаній породі з міцністю f до 8.

Комбайни КПД і КПУ оснащені бурильними установками для зведення анкерного кріплення.

Кращі закордонні аналоги поступаються комбайнам КПД і КПУ за енергоємністю в 1,3—1,5 раза і сферою застосування (за міцності порід) — в 1,2—1,3 раза.

Для проведення гірничих виробок арочної форми на калійних і кам'яно-соляних копальнях застосовують комбайни бурового типу ПК. Одним із представників цієї серії є комбайн ПКС-8М (рис. 5.40). Комбайн являє собою самохідний комплекс, агрегати і вузли якого змонтовані на гусеничному ході. Руйнування вибою здійснюють обертанням ротора, на якому розміщені різці. Комбайном проходять виробки діаметром 8 м. Ці типи комбайнів застосовують і для видобувних робіт. Продуктивність проходки становить 0,28 м/хв, видобуток — 4,5 т/хв.

Для проведення виробок великого поперечного перерізу на калійних копальнях України і Росії застосовують комбіновані схеми:

- проходка штреків двома ходами комбайна і підривання шпурів;
- проходка штреків одним ходом комбайна і підривання шпурів;
- віялоподібна схема підривання шпурів з виробки, пройденої комбайном.

Комбайном ПК-6 проходять паралельно дві виробки перерізом 4,32 м². Цілик, який знаходиться між виробками, руйнують вибуховим методом.

5.4.2. Кріплення гірничих виробок

У міру проведення гірничих виробок здійснюється їх кріплення. Гірниче кріплення — це штучна спору, що зводиться в підземних виробках для запобігання обваленню і спучуванню оточуючих гірських порід, збереження необхідних розмірів перерізу виробок, а також для сприймання і керування гірським тиском. Гірниче кріплення має забезпечувати безпечну роботу у виробці, бути економічним, транспортабельним і зручним для обслуговування, не ускладнювати виконання виробничих процесів. Власне процес зведення кріплення має назву укріплення гірничих виробок.

За характером робіт кріплення гірничих виробок піділяють на жорстке, податливе, шарнірне; за терміном служби — на постійне і тимчасове; за формою перерізу виробки — на трапецієподібне, арочне, еліптичне.

У капітальних гірничих виробках (стовбури, білястовбурові виробки, квершлаги, камери та ін.), що мають великий термін служби, застосовують монолітні бетонні і залізобетонні кріплення, а також збірні металеві і залізобетонні.

Бетонне кругле кріплення (рис. 5.41, *а, з*) є монолітним циліндром, що щільно примикає своєю зовнішньою поверхнею до навколишніх гірських порід, товщина стінки 0,2—0,25 м, залежить від гірського тиску і діаметра виробки. Бетонне склепінне кріплення (рис. 5.41, *б, в*) застосовують у горизонтальних і похилих (до 30—35°) виробках у породах середньої та високої міцності.

За наявності бічного тиску стінки склепінного кріплення виготовляють криволінійними. Залізобетонне монолітне кріплення відрізняється від монолітного бетонного наявністю арматури (гнучкої зі сталевих стрижнів або жорсткої з металевих балок) — конструкція витримує значне зусилля, зумовлене дією гірського тиску.

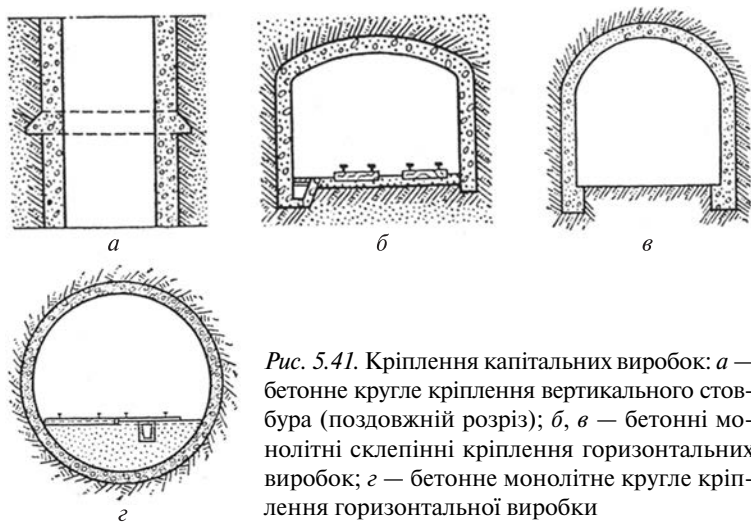


Рис. 5.41. Кріплення капітальних виробок: а — бетонне кругле кріплення вертикального стовбура (поздовжній розріз); б, в — бетонні монолітні склепінні кріплення горизонтальних виробок; г — бетонне монолітне кругле кріплення горизонтальної виробки

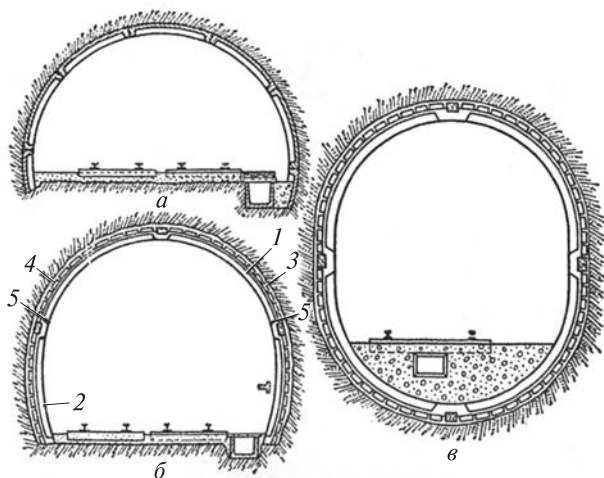


Рис. 5.42. Збірні залізобетонні кріплення: а — тубінгове; б — арочне шарнірне; в — еліптичне замкнуте; 1 — верхній сегмент; 2 — стійка; 3 — затяжка; 4 — забутовування; 5 — з'єднувальні болти

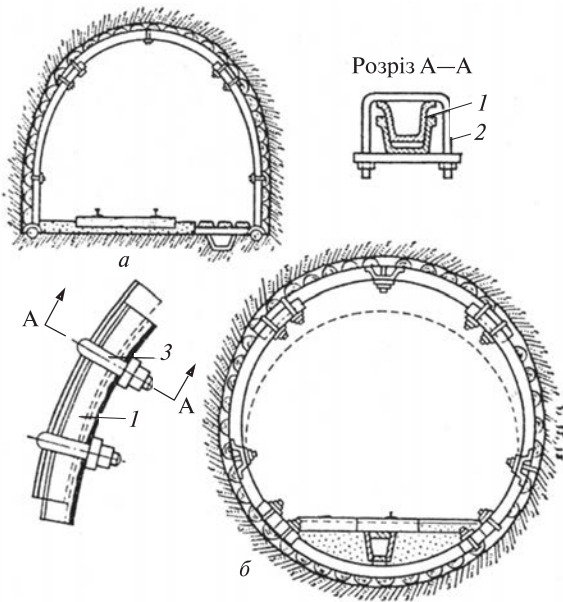


Рис. 5.43. Металеві кріплення зі спецпрофілю: *а* — арочне податливе; *б* — кільцеве податливе; 1 — верхняк; 2 — з'єднувальний хомут; 3 — болт

В горизонтальних капітальних виробках поряд з монолітним бетонним кріпленням застосовують також збірні залізобетонні кріплення: суцільні тубінгові (рис. 5.42, *а*), арочні (рис. 5.42, *б*), кільцеві або еліптичні (рис. 5.42, *в*).

Для кріплення підготовчих виробок найбільш поширені металеві арочні і кільцеві податливі рамні кріплення (рис. 5.43).

Податливі кріплення здатні під дією тиску гірських порід скорочувати свої розміри, а отже, і поперечний переріз виробок унаслідок зсуву елементів або їх деформації за збереження носійної здатності і працездатності конструкції. Елементи металевих податливих рам виконують із спецпрофілю, сполучаючи їх між собою за допомогою хомутів і

болтів; податливість кріплення досягається ковзанням елементів кріплення в місцях їх з'єднання.

Виробки із незначним терміном служби і стійкими бічними породами закріплюють дерев'яними кріпленнями.

Слід зазначити, що в гірничодобувній промисловості намітилась тенденція широкого застосування анкерного кріплення гірничих виробок. Промислове застосування анкерного кріплення на шахтах країн з розвиненою гірничодобувною промисловістю дало змогу зменшити у 5—10 разів витрати металу, бетону, лісу і вдвічі-втричі підвищити темпи проходки виробок.

Анкерне кріплення являє собою ряд пробурених у стінці свердловин завглибшки 1,5—1,8 м, в яких установлюють спеціальні стрижні діаметром 25—45 мм. Кінець стрижня у свердловині обладнаний закріплювальною розпірною муфтою. На частину стрижня, що виступає, надівають важку опорну плиту, на кріпильний пристрій нагвинчують натяжну гайку. Анкерне кріплення найчастіше встановлюють рядами з інтервалом 1,5—3,0 м або за квадратною сіткою з кроком 1—2 м. На багатьох шахтах замість анкерів з механічними замками застосовують системи із закріпленням анкерів полімерами.

5.4.3. Видобуток вугілля

Розкриття родовища забезпечує доступ з поверхні до корисної копалини — вугілля. Наступний етап — підготовчі роботи. Системою підготовчих виробок шахтне поле розділяють на поверхи, панелі, блоки, що забезпечує умови для проведення очисних робіт — видобутку вугілля в очисному вибої. На вугільних шахтах до очисних виробок належать лави.

Лава — це виробка, що має вибій значної протяжності (до 200 м). Під вибоєм розуміють поверхню корисної копалини, яка обмежує лаву і переміщується в результаті проведення гірничих робіт.

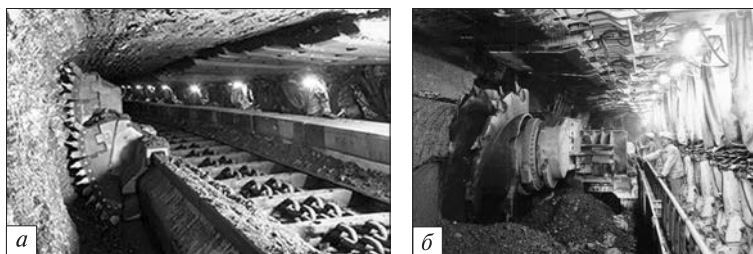


Рис. 5.44. Розробка вугільного пласта: *а* — стругом; *б* — комбайном

Роботи з виймання вугілля в лаві можна розділити на окремі операції: відбій і вантаження; доставка з очисного простору; кріплення і керування гірським тиском. У разі застосування вибухових робіт до загального процесу додається ще одна операція — підрубання пласта врубовою машиною, а потім буріння шпурів і їх підривання.

За розробки пластів вугілля тонкої і середньої потужності (від 0,5 до 3,5 м) його виймають відразу на всю товщину, а за більшої потужності (понад 3,5 м) розробку пласта ведуть попластово.

Існують різні способи виймання вугілля: застосування комбайнів, стругів, відбійних молотків або вибухових речовин.

Найширше у світовій практиці вугілля виймають комбайнами і стругами (сталевими різцями) у поєднанні з механізованими комплексами (рис. 5.44).

Принцип роботи струга полягає у такому: струг, закріплений на ланцюгах, притискають до вугільного пласта, і з великою швидкістю він рухається уздовж лави, наче «вистругуючи» вугілля. Вугілля при цьому руйнується і падає на стрічковий конвеєр, що транспортує вугілля у виробку — штрек.

Комбайн — комбінована машина для одночасного виконання операцій з відокремлення від масиву вугілля або породи і навантаження їх на транспортні засоби.

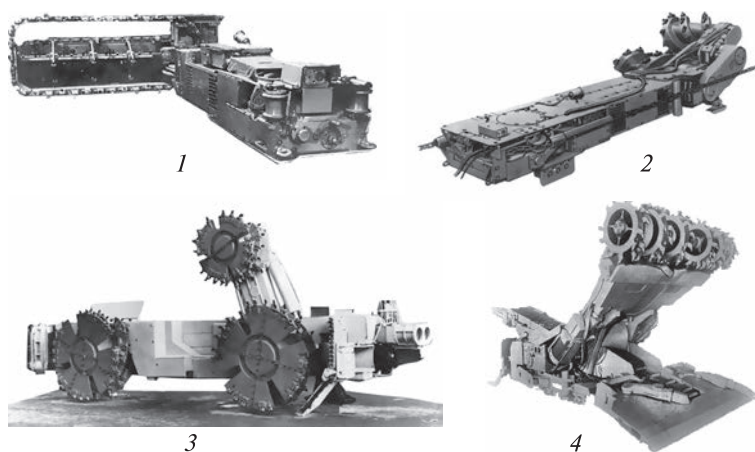


Рис. 5.45. Комбайни для очисних робіт: 1 — «Донбас»; 2 — 2К-52; 3 — МК-67; 4 — 6К-52

За конструкцією і способом відокремлення гірської маси розрізняють кілька типів виконавчих органів гірничих комбайнів: барабанні, шнекові і бурові. Деякі типи комбайнів показано на рис. 5.45.

У багатьох країнах розроблені і впроваджені різні конструкції гірничих комбайнів. Так, широко застосовують барові видобувні комбайни. Їх, як правило, встановлюють на гусеничному шасі і оснащують рядом різців, укріплених на декількох паралельних ланцюгах, що формують різальну головку завширшки не менше 60 см. Ці ланцюги обертаються довкола головних зірочок на різальній головці, що вкорінюється вглиб вибою. Просування виконавчого органа вперед досягають за допомогою гідравлічної системи або переміщенням всієї машини. Видобута гірська маса прямує по різцях і ланцюгах на конвеєр, що подає її у вагонетки, які відкочують до головної конвеєрної системи.

У вугільних шахтах США широко застосовують дискові видобувні комбайни, дія яких аналогічна дії барових ком-

байнів, але вони оснащені різальними дисками. Їх виконавчий орган рухається у вертикальній площині, зрізаючи вугілля по всій висоті пласта і формуючи камери завширшки 4,5—6 м. Часто після того як вугілля відбито по всьому простяганню пласта, витягають цілики, залишені для підтримки кривлі (на етапі зворотного ходу кривлю підтримують дерев'яним кріпленням до завершення виймання пласта, після чого обвалюють).

В міру просування комбайна або струга здійснюють кріплення простору, що утворюється від виймання вугілля. Це кріплення також просувається (переставляється). Частину вибою, що звільняється від вугілля і кріплення, заповнюють порожньою породою, яку обвалюють або закладають.

Кріплення очисних виробок призначено для підтримки привибійної частини очисної виробки, де розміщують устаткування і видобувають корисну копалину. Це кріплення, так зване індивідуальне, виконують у вигляді рам, що складаються з металевих або дерев'яних стійок і верхняків. Рами розташовують правильними рядами уздовж лінії очисного вибою і переносять в міру просування вибою. Схеми установки кріплення різні для пологих (рис. 5.46, *а*) і крутопадаючих (рис. 5.46, *б*) вугільних пластів.

У сучасних умовах в очисних вибоях (лавах) вугільних шахт набув поширення прогресивніший вид кріплення — пересувне механізоване кріплення. Вугільну лаву обладнують комбайном, конвеєром і механізованим кріпленням. Ділянку шахти можна розбивати на блоки. Ширина блока, як правило, 180 м, довжина сягає 900—1800 м.

Для керування положенням покрівлі, а також для захисту людей і устаткування після підготовки блока вздовж його меншого боку встановлюють гідравлічне кріплення. Видобувна машина являє собою два різальні обертові барабани, закріплені на гідравлічних консолях на кожному з кінців корпусу машини так, що один з барабанів зрізає верхню частину пласта, інший — нижню частину. Визначивши

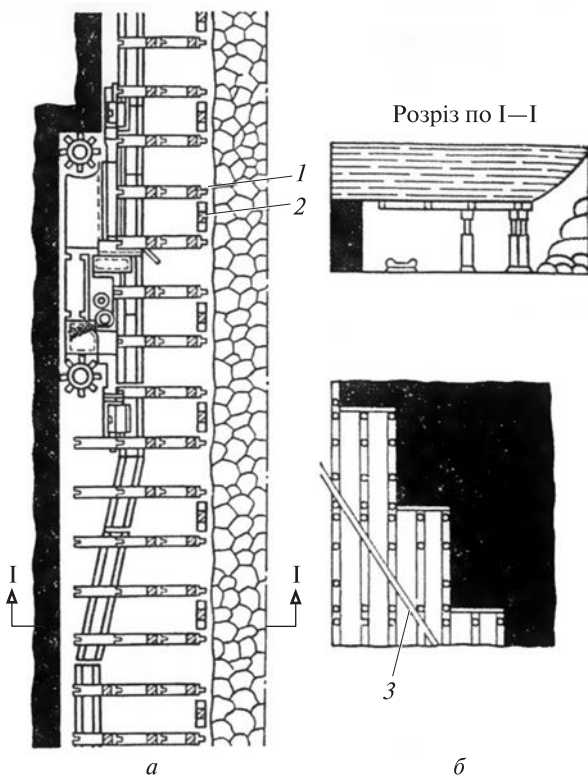


Рис. 5.46. Індивідуальне кріплення очисного вибою (лави): *а* — на пологому пласті; *б* — на крутопадаючому пласті; 1 — металева стійка; 2 — металева посадкова стійка (тумба); 3 — вуглеспускний риштак

діаметр барабанів і висунувши гідравлічні консолі, можна проводити виймання пластів із змінною потужністю. Видобувна машина зв'язана із скребковим конвеєром, що просувається по всій ширині блока. Цей конвеєр приєднують до кріплення за допомогою гідравлічних циліндрів, які після кожного заходу уздовж блока або вибою проштовхують всю систему до вибою. Врубові барабани зрізають смугу завширшки близько 1 м на вибої, після чого за допомогою гідравлічних

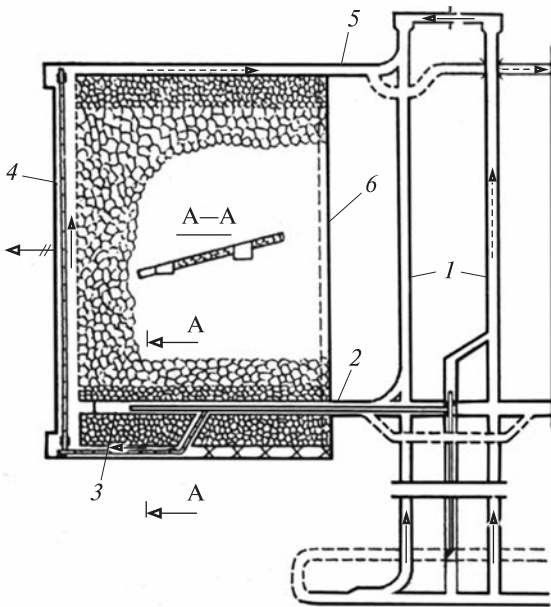


Рис. 5.47. Суцільна система розробки лава — поверх: 1 — похилі виробки; 2 — поверховий конвеєрний штрек; 3 — просіка; 4 — очисний вибій (лава); 5 — поверховий вентиляційний штрек; 6 — розрізна піч

плунжерів, установлених на кріпленні, конвеєр проштовхують уперед. Потім кріплення вибою опускають і пересувають уперед для подальшого проходу комбайна. Покрівлю виробки за кріпленням обвалюють. У такий спосіб з надр видобувають до 90 % вугілля. В середньому за зміну кожною такою системою видобувають близько 3000 т, рекордна продуктивність за добу становить 20 тис. т з одного вибою.

Видобуток вугілля в часі і просторі визначає система розробки. Варіантів систем розробки вугільних родовищ багато. Розрізняють системи розробки з довгими і короткими вибоями. У свою чергу, система з довгими вибоями може бути суцільною, стовповою і комбінованою, з короткими вибоями — камерною і камерно-стовповою (рис. 5.47, 5.48).

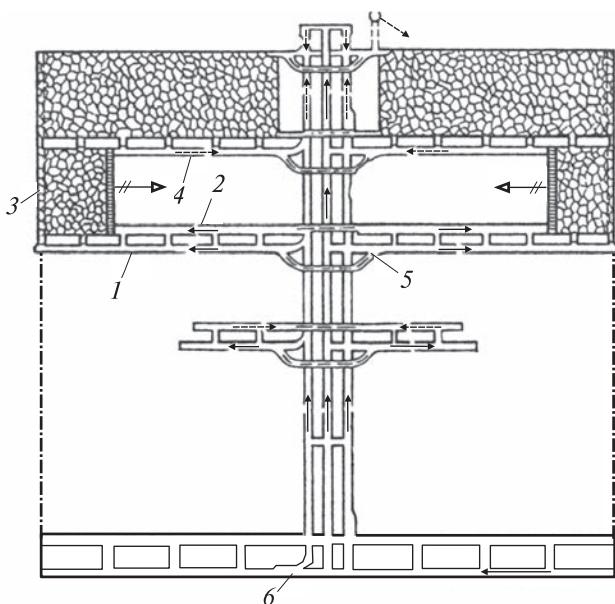


Рис. 5.48. Система розробки довгими стовпами за простяганням: 1 – відкотний штрек; 2 – конвеєрний ярусний штрек; 3 – розрізна піч; 4 – вентиляційний ярусний штрек; 5 – проміжна приймально-відправна площадка; 6 – нижня приймально-відправна площадка

Характерною для суцільної системи розробки є одночасність проведення підготовчих виробок і очисного виймання вугілля у поверсі (панелі). Очисний вибій підготовлюють на відстані не менше 25–50 м від похилих (бремсберга, уступу, стовбура з хідниками) або горизонтальних виробок, проводячи транспортну і вентиляційну виробку та розрізну піч між ними. У розрізній печі монтують засоби механізації і приступають до очисного виймання вугілля; очисний вибій переміщується від похилої (горизонтальної) виробки до межі поверху (панелі).

Для стовпової системи розробки характерним є проведення підготовчих виробок до початку очисних робіт. Ці ви-

робки оконтурюють запаси вугілля в межах поверху, ярусу, виїмкового стовпа. Біля головного відкотного штреку в похилих виробках споруджують майданчик, що забезпечує прийом і відправлення вантажів від білястовбурового двору до очисних вибоїв і назад. Від майданчика до верхньої (або нижньої) межі панелі проводять похилі виробки: бремсберг (нахил) і хідники, які використовують для подачі повітря, допоміжного транспортування і спускання-піднімання людей.

Підземне транспортування вугілля здійснюють двома видами транспорту: у вагонетках електровозом або стрічковими конвеєрами.

5.4.4. Видобуток рудних і нерудних корисних копалин

Родовища цієї групи характеризуються різною формою рудних тіл: пласти, пластоподібні поклади, лінзи, жили тощо. Потужність рудних тіл варіює від декількох сантиметрів (родовища рідкісних металів і золота) до десятків і сотень метрів (залізорудні родовища Курської магнітної аномалії, апатитові родовища Кольського півострова (Росія), Солотвинське соляне родовище (Україна)).

Кут падіння покладів — від горизонтального і пологого (0—25°) до крутого (45—90°). Протяжність покладів сягає десятків кілометрів (фосфоритові родовища Каратау, Казахстан); глибина поширення рудних тіл інколи перевищує декілька кілометрів. Різноманітність геологічних умов, а також фізико-механічних властивостей гірських порід потребує різних технологій розробки, зокрема, техніки відбою (відокремлення корисної копалини від масиву з подрібненням на шматки заданої величини), доставки, випуску, кріплення і підтримки відпрацьованого простору. Відбій порід середньої і високої міцності проводять вибуховим способом, у слабких породах — механічним (за допомогою прохідницьких і видобувних комбайнів).

Відбиту в очисному просторі корисну копалину випускають з виробок, пройдених у дні блоків або торців горизонтальних виробок. Застосовують самопливну і механізовану доставку. Механізовану доставку здійснюють скреперами, конвеєрами, самохідними машинами і комплексами, що складаються з вантажних машин і самохідних вагонів, а за великої потужності рудних покладів застосовують екскаватори. Самопливна доставка (під дією власної ваги) відбувається безпосередньо по очисному простору спеціальними гірничими виробками (рудоспусками).

Під час розробки рудних родовищ відпрацьований простір підтримують ціликами або кріпленнями.

Технологія очисного виймання передбачає керування гірським тиском способом обвалення вмісних порід.

Розробка залізорудних родовищ

Для розробки залізорудних родовищ, потужність покладів яких сягає 100 м і більше, застосовують системи розробки і технології видобутку, які відрізняються від видобутку вугілля. Шахтне поле розділяють на поверхи, висота яких змінюється від 25 до 100 м. Враховуючи, що залізна руда має високу міцність, її видобувають переважно за допомогою вибухових робіт.

Для подрібнення руди пробурюють вертикальні або похилі глибокі свердловини. Роздроблена вибухом руда потрапляє через бункери на відкотний горизонт, де її навантажують у вагонетки. Відбиття руди від масиву здійснюють також горизонтальними свердловинами. Відбиту руду самохідними вагонами транспортують до рудоспусків, якими вона потрапляє на відкотний штрек, і транспортують далі до головного стовбура у вагонетках або конвеєрами.

Зважаючи на різноманітність гірничотехнічних і гірничо-геологічних умов залягання рудних родовищ, існує понад 200 різновидів систем їх розробки. Розглянемо деякі з них.

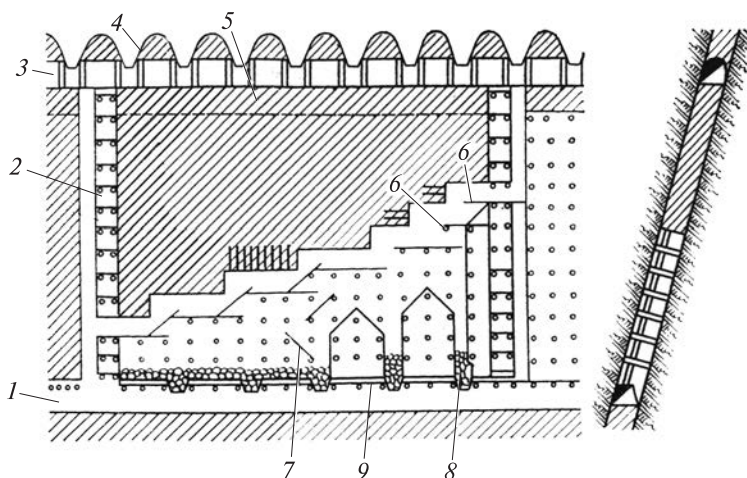


Рис. 5.49. Система розробки з відкритим очисним простором (варіант із стелеуступним вийманням): 1 — відкотний штрек; 2 — блокові висхідні штреки; 3 — вентиляційний штрек; 4 — надштрекові цілики; 5 — стелина; 6 — полиці; 7 — похилі настили-риштаки; 8 — рудоспуски; 9 — настил над відкотним штреком

Для розробки родовищ зі стійкою рудою і вмісними породами застосовують системи з відкритим очисним простором, який під час виймання не заповнюють закладним матеріалом, відбитою рудою або обваленими породами; для підтримки кривлі і боків відкритого очисного простору залишають постійні або тимчасові цілики.

Крутопадаючі жили і пластоподібні поклади потужністю до 3 м розробляють уступним вийманням. Для підготовки блоків проходять висхідні та відкотні штреки (рис. 5.49). За стелеуступного виймання для збереження відкотного штреку на період розробки блока залишають тимчасові надштрекові цілики або облаштовують міцний настил на кріпленні. Відбиту руду опускають через люки.

Для розробки горизонтальних і пологопадаючих покладів середньої та великої потужності (до 30 м) застосовують

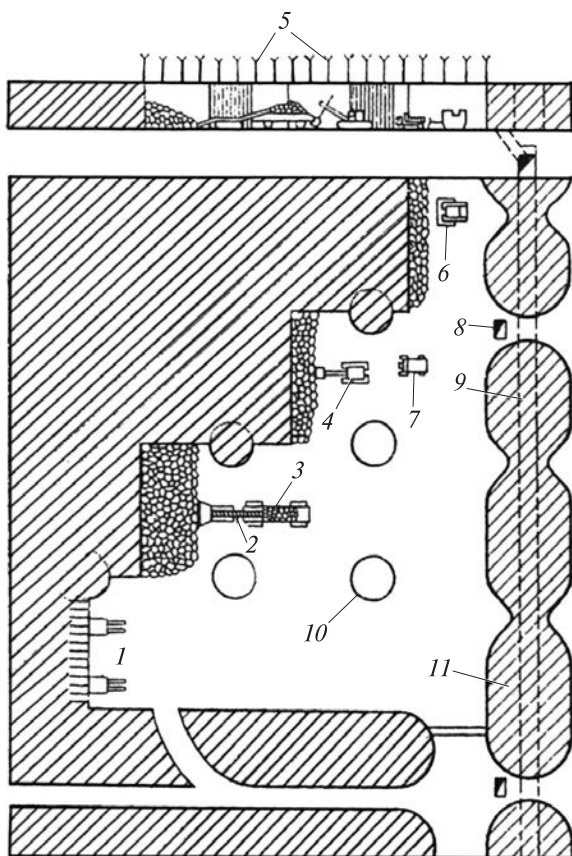


Рис. 5.50. Камерно-стовпова система розробки (варіант із самохідним устаткуванням): 1 — самохідні бурові каретки; 2 — навантажувальна машина; 3 — самохідний вагон; 4 — підземний екскаватор; 5 — штангове кріплення; 6 — електричний бульдозер; 7 — автосамоскид; 8 — рудо-спуск; 9 — відкотний штрек; 10 — цілики; 11 — міжпанельний цілик

камерно-стовпову систему розробки з регулярним розташуванням постійних підтримувальних рудних ціликів (рис. 5.50). Корисну копалину відбивають уступами або суцільним вибоєм на всю висоту камери. За потужності по-

кладу до 15 м здійснюють верхній вируб, що дає можливість ретельно оформляти покрівлю очисного простору і спрощує штангове кріплення. Залежно від прийнятої системи розробки і потужності рудного покладу застосовують різні схеми розташування вибухових свердловин.

Підземна розробка залізорудних родовищ розвинена в багатьох країнах, особливо в країнах СНД, Канаді, США, Мексиці, Чилі, ПАР, Австралії, Швеції, Франції, Німеччині, Філіппінах. Найчастіше розробку ведуть системами поверхового, підповерхового самообвалення, камерно-стовповими, з кріпленням і закладенням очисного простору. Застосовують комплексну механізацію основних і допоміжних процесів, широко використовують самохідне устаткування. Діаметр вибухових свердловин, як правило, не перевищує 56 мм, що забезпечує добре подрібнення руди і високу продуктивність вантажно-транспортного устаткування.

Розробка калійних і кам'яно-соляних родовищ

На калійних і кам'яно-соляних копальнях переважно застосовують камерно-стовпову систему розробки. За цією системою видобувають сіль в Україні, Росії, Білорусі, США, Канаді та інших країнах.

Кам'яна сіль, як правило, залягає у вигляді штоків значних розмірів або потужних пластів. Такі родовища розробляють за камерною системою. Ширина камер 15—30 м, довжина — 25—50 м і більше. Висота камер може сягати 25—30 м і більше. Між камерами для підтримки товщі порід у покрівлі, залишають цілики солі, ширина яких приблизно дорівнює ширині камери. Сіль від масиву відбивають за допомогою вибухових робіт і комбайнами.

Вибухове відбивання кам'яної солі застосовували на Солотвинському солеруднику (Україна). Камери розробляли уступно вертикальними рядами. Зруйновану гірську



Рис. 5.51. Камера, пройдена комбайном (Артемівськ, Україна)

масу скреперами подавали у гезенк, звідки через бункер вона надходила на відкотний горизонт у вагонетки.

На Артемівському родовищі солі (Україна) камери проходять комбайном, що значно підвищує продуктивність праці і стійкість виробок (рис. 5.51).

На Ілєцькому солеруднику (Росія) камери розробляють комбайном пошарово. Ширина камери 30 м, довжина 500 м. Сіль, що руйнується в камерах, надходить до головного стовбура транспортерами. У камерах заввишки 2,5 м випилюють каменерізними машинами блоки солі розміром $0,2 \times 0,2 \times 0,4$ м.

За потреби застосування анкерного кріплення використовують камерно-стовпову систему з механізацією робіт з буріння, видобутку, навантаження, транспортування і зведення анкерного кріплення (рис. 5.52). Камерно-стовпову систему застосовують і для розробки калійних родовищ.

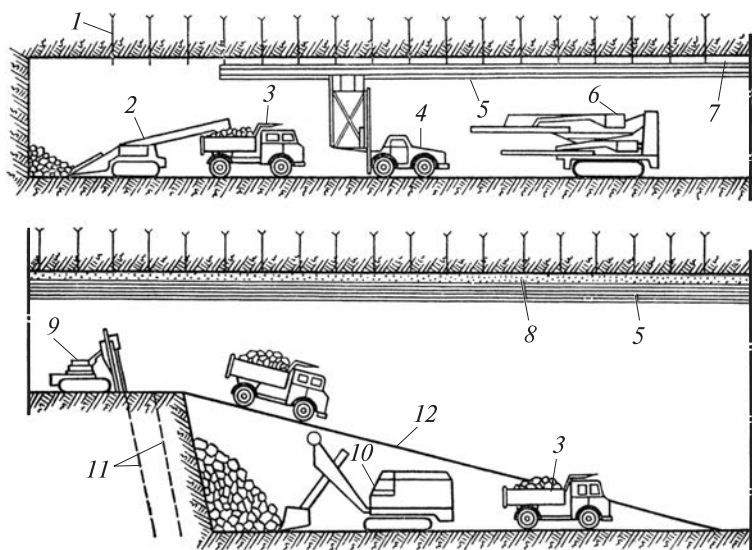


Рис. 5.52. Схеми спорудження камер уступним вибоєм: 1 — анкерне кріплення; 2 — породонавантажувальна машина; 3 — автомобіль-самоскид; 4 — автотранспортувач з рамою; 5 — вентиляційний трубопровід; 6 — самохідна бурова установка; 7 — запобіжна металева сітка; 8 — бетонне кріплення; 9 — буровий верстат; 10 — підземний екскаватор; 11 — вибухові свердловини; 12 — пандус

В Україні калійні руди представлені родовищами Прикарпаття: Калуш-Голинським та Стебницьким. На Калуш-Голинській копальні руду видобувають за допомогою вибухових робіт з розташуванням свердловин паралельно або віяло-пучково.

Відбиту від масиву руду відвантажують з камери скреперними лебідками. Камеру проходять в одну стадію, якщо товщина пласта не перевищує 3—4 м, або в дві стадії за більшої потужності пласта. При цьому спочатку виймають нижній шар камери заввишки 3 м, а потім — верхній.

На Стебницькому калійному родовищі руди мають значну товщину. Тут застосовують камерну систему розробки з

обваленням руди глибокими свердловинами. Камери розміщують поперек заляганню покладів. Основні параметри системи: ширина камери 8—15 м, ширина ціликів 6—12 м, довжина камери 30 м. Руду відбивають за системою віяло-подібних свердловин.

На калійних копальнях Росії за товщини пласта до 4 м застосовують так званий штрековий варіант камерної системи розробки. Камери проходять комбайнами «Урал 20 КС» і «Урал 10 КС». Руду з камер доставляють на транспортний штрек, а потім через рудоспускні свердловини подають на панельний штрек. За товщини пласта понад 4 м застосовують двошарову систему відпрацювання камер комбайнами. При цьому варіанті камери розробляють двома двошаровими виробками. Ширина камер 12,4 м, міжкамерних ціликів — 10,6 м. Кожну виробку розробляють двома ходами комбайна «Урал 20 КС». Від комбайна руду транспортують самохідними вагонами.

Поряд з розробкою калійних руд комбайнами широко застосовують вибухові роботи. Наприклад, на калійних копальнях верхньої Ками (Росія) камери завдовжки 150—200 м розробляють за допомогою свердловин, розташованих віялом. Спочатку одним ходом комбайна ПК-8 проходять по центру камери нарізну виробку, а потім за допомогою бурових агрегатів розбурюють камеру.

На калійних копальнях Німеччини камеру розбивають на дві частини: верхню і нижню. Верхню частину, висота якої 3—4 м, проходять на всю її довжину вузьким вибоєм, а потім нижню частину заввишки 5—6 м відбивають паралельними свердловинними зарядами. Буріння ведеться самохідними буровими агрегатами.

Після відбивання руду навантажують самохідним навантажувачем і транспортують самохідними вагонами.

На копальнях США за камерної системи розробки родовище розбивають на панелі, розмір яких залежно від місцевих умов змінюється від 150 до 200 м. Ширина камер

9—11 м, ширина ціликів 10—14,6 м, довжина 18—25 м. За такої системи розробки досягають високого відсотку вилучення руди. Після основних видобувних робіт у камерах виймають і цілики.

Камерна система розробки має позитивні і негативні сторони. Позитивні — невеликий обсяг підготовлювальних робіт, висока продуктивність підземних робіт, добрі умови вентиляції; негативні — високі втрати руди через те, що потрібно залишати стовпи руди (цілики) між камерами. Ці втрати сягають 50 %.

Для підвищення коефіцієнта вилучення руди і зменшення втрат у ціликах на багатьох калійних копальнях розробку камер ведуть із закладенням відпрацьованого простору порожніми породами або відходами калійного виробництва. Це дає змогу зменшити розміри міжкамерних ціликів і підвищити обсяг виймання руди.

Підземний видобуток будівельних матеріалів

Підземним методом добувають і будівельні матеріали: ангідрити, гіпс, пісковики, черепашники та ін. На шахтах, в основному, застосовують камерні системи розробки з вийманням корисних копалин уступами, а також пошарову розробку пластів на всю їх товщину.

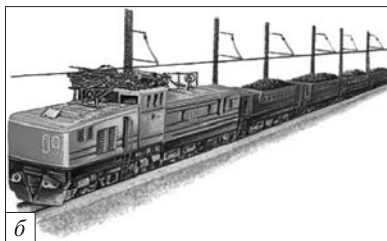
Шахтне поле розбивають на стовпи. Довжина стовпа дорівнює довжині шахтного поля, ширина становить 180—250 м. Видобувні роботи ведуть за допомогою каменерізних машин, якими випилюють камені заданої форми. Камені укладають на піддони. За допомогою тельферної балки піддони з каменем доставляють на вантажний пункт і завантажують у транспортні засоби. Відходи від випилювання каменів укладають у контейнери і за допомогою тельферної балки перевантажують у транспортні засоби. Таку технологію розробки камер застосовують для різних гір-



Рис. 5.53. Поверхневий комплекс сучасної шахти



а



б

Рис. 5.54. Транспортування корисних копалин: а — водним шляхом; б — залізницею

ничо-геологічних умов, але найбільшої ефективності досягають за потужності пласта понад 4 м.

Поверхневий комплекс сучасної шахти є комплексом споруд для переробки (збагачення) корисних копалин, обслуговування гірників і технічного забезпечення підземних виробничих процесів (рис. 5.53).

Корисні копалини, видобуті з надр Землі, прямують на переробні заводи і комбінати, теплові електростанції та підприємства. Залізницями і водними артеріями

транспортують вугілля, руди, будівельні матеріали, гірничо-хімічну сировину (рис. 5.54).

Видобуток корисних копалин підземним методом — складний технологічний процес, що відбувається в умовах, які різко відрізняються від поверхневих.

По-перше, в підземних виробках накопичується вода. Вона збирається у водозбірниках, а потім її піднімають на поверхню насосами, встановленими в камерах. Щороку з підземних виробок відкачують до 600 м³ води.

По-друге, для нормальної і безпечної роботи під землею всі підземні виробки мають бути забезпечені свіжим повітрям. Це досягається застосуванням спеціальних вентиляційних установок, що нагнітають повітря у підземний простір. Відпрацьоване повітря, насичене газом і продуктами вибухових робіт, через вентиляційні стовбури видаляють на поверхню. Технологічний процес видобутку потребує подачі свіжого повітря в об'ємі 20–30 м³/хв.

По-третє, гірський тиск, що супроводжує весь технологічний процес, висуває проблеми щодо запобігання руйнуванню гірничих виробок. Для цього застосовують кріплення виробок. Крім того, стійкість очисних виробок забезпечують, залишаючи цілики корисних копалин або закладаючи відпрацьований простір порожніми породами.

І головне, підземні роботи пов'язані з певною небезпекою і не звільняють людей від важкої праці. Забезпечення безпечних умов праці гірників — важливе завдання. Недаремно у світі праця шахтарів є почесною професією.

5.5. Свердловинні методи видобутку твердих корисних копалин

Крім шахтного методу людство навчилося добувати корисні копалини з надр Землі іншими, безшахтними, методами: підземним розчиненням солей, вилуговуванням руд деяких металів (уран), підземною виправкою сірки,

підземною газифікацією вугілля. Методи, які дають змогу видобувати корисні копалини безпосередньо на місці залягання, називають геотехнологічними. Геотехнологічний спосіб розробки родовищ ґрунтується на переведенні корисних копалин за допомогою теплових, гідродинамічних і хімічних процесів з твердого стану в рідкий прямо в надрах Землі, внаслідок чого вони стають придатними для транспортування у вигляді розчинів або пульпи на поверхню через свердловини.

Геотехнологія видобутку корисних копалин зумовлює застосування різних методів, які поділяють на хімічні, фізичні й комбіновані.

До хімічних методів належать:

- розчинення водою (кам'яна, калійна, магнезійна і уранова солі, сульфати, сода, сульфат-карбонати та ін.);
- вилуговування розчинами кислот — сірчаної (азурит, куприт, деякі уранові руди, мінерали тощо), соляної (ураніт, цинкова обманка, молібденіт та ін.) і азотної (срібний та бісмутовий блиск), розчинами лугів (боксити, цинк та ін.);
- термічна переробка корисних копалин спалюванням (підземна газифікація вугілля, сланцю, нафти);

До фізичних методів належать:

- виплавка (сірка, озокерит тощо);
- руйнування пухких порід струменем води (свердловинний гідровидобуток пухких руд) і перетворення їх у пливучий стан вібрацією або іншими методами.

У комбінованих методах використовують як хімічні, так і фізичні процеси (наприклад, вилуговування металів в електричних полях). До цих методів належить і бактеріальне вилуговування.

Геотехнологія народилася на стику гірничої справи, металургії, хімії і біохімії. Вона має позитивні якості: не потребує складних машин, забезпечує високу продуктивність праці під час видобутку, мало порушується земна поверхня, менше шкодить довкіллю. Геотехнологія звільняє людину від праці під землею.

5.5.1. Підземне розчинення солей

У світовій практиці поширений свердловинний метод видобутку солей підземним розчиненням водою. Цей метод застосовують для видобутку кам'яної, калійної і уранових солей, сульфатів, соди та ін. Розглянемо використання цього методу на прикладі видобутку кам'яної, куховарської, солі. Метод відомий давно. Кам'яну сіль в Європі з давніх-давен випарювали з розсолу, який добували з колодязів або свердловин завглибшки до 60—70 м. На цей час методом підземного розчинення добувають кам'яну сіль в Україні, Білорусі, Росії, Вірменії. Технологічний процес видобутку солі розчиненням полягає в тому, що у місці її залягання пробурюють свердловину. Свердловину облаштовують і подають в неї воду, яка, розчиняючи сіль, перетворюється на розсіл. Розсолотромисел є комплексом наземних і підземних споруд (рис. 5.55).

У пробурену і обсажену в покрівлі соляного покладу свердловину опускають водоподавальною і розсолотримувальною колони труб. Вода, яку подають у пласт через свердловину, розчиняє сіль, а отриманий розсіл під тиском води, що нагнітається, піднімається на поверхню.

Методи підземного розчинення солей поділяють на некеровані і керовані. До перших належать методи прямоструминного і протиструминного розмиття (рис. 5.56). Розчинення солі ведеться по всій розкритій товщі соляного покладу, свердловини облаштовують однією робочою колоною труб. За прямоструминного методу (рис. 5.56, а) воду подають водоподавальною колоною до вибою свердловини, а розсіл піднімають вгору між обсадною і водоподавальною колонами. За протиструминного методу воду подають по обсадній колоні, а розсіл відбирають вгору через розсолотримувальною колоною (рис. 5.56, б).

За керованого методу розмиття для отримання розсолу промислової концентрації (305—310 г/л) продуктивну тов-

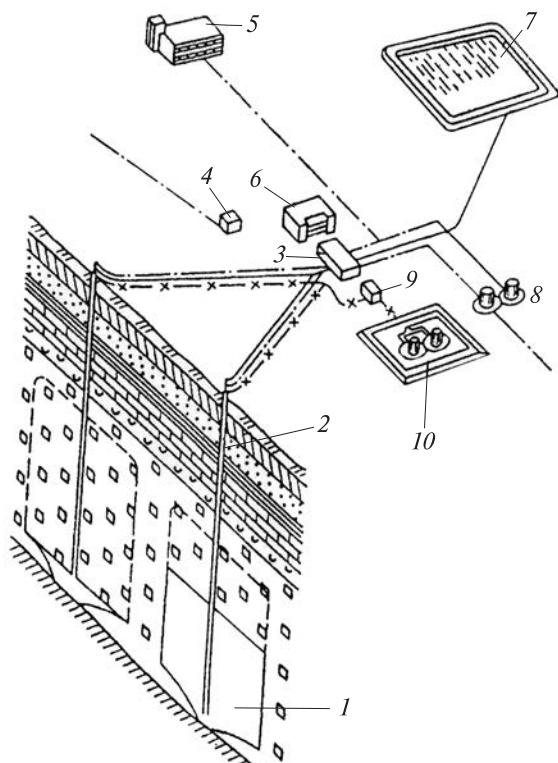


Рис. 5.55. Схема розсолопроміслу: 1 — видобувна камера; 2 — розсолодобувна свердловина; 3 — контрольно-розподільний пункт; 4 — трансформаторна підстанція; 5 — завод-споживач; 6 — адміністративний будинок; 7 — сховище слабкого розсолу; 8 — резервуари води і розсолу; 9 — насосна станція нерозчинника; 10 — резервуари для нерозчинника

щу розробляють у камерах поетапно знизу догори. У простір під покрівлею камери подають нерозчинник (нафту, гас, повітря), що оберігає покрівлю від розчинення.

Нерозчинник легший за розсіл, тому він завжди розміщується у верхній частині камери розмиву. Розсіл під тиском видаляють по розсолопіднімальній колоні на поверхню (рис. 5.57).

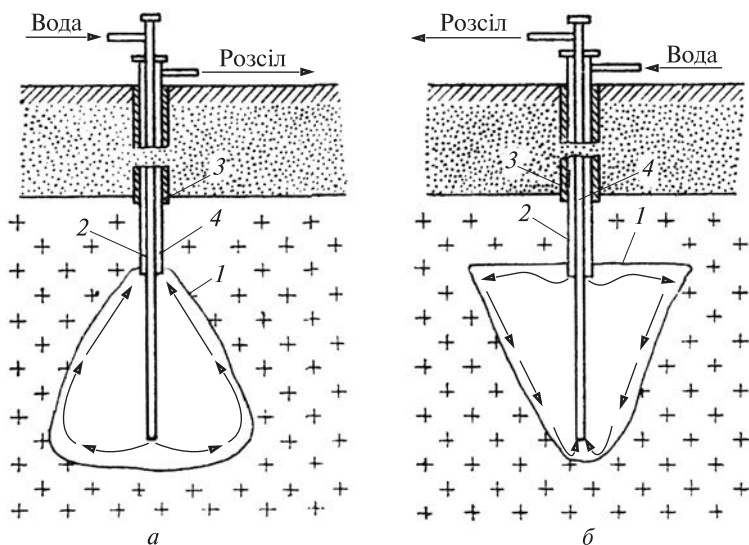
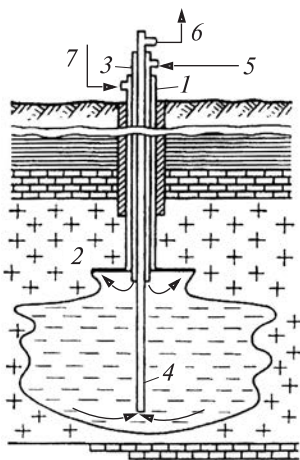


Рис. 5.56. Схеми видобутку кам'яної солі прямотруминним (а) і протиструминним (б) методами: 1 — камера розмиття; 2 — водоподавальна колона; 3 — тампонажний цемент; 4 — розсолоніднімальна колона

Рис. 5.57. Схема видобутку кам'яної солі керованим методом розчинення: 1 — основна колона; 2 — соляний пласт; 3 — водоподавальна колона; 4 — розсолоніднімальна колона; 5 — водопровід; 6 — розсолоніднімальний трубопровід; 7 — трубопровід нерозчинника



Від свердловини трубопроводами розсіл прямує через контрольно-розподільний пункт у резервуар некондиційного розсолу, потім його транспортують до споживача — соляного заводу.

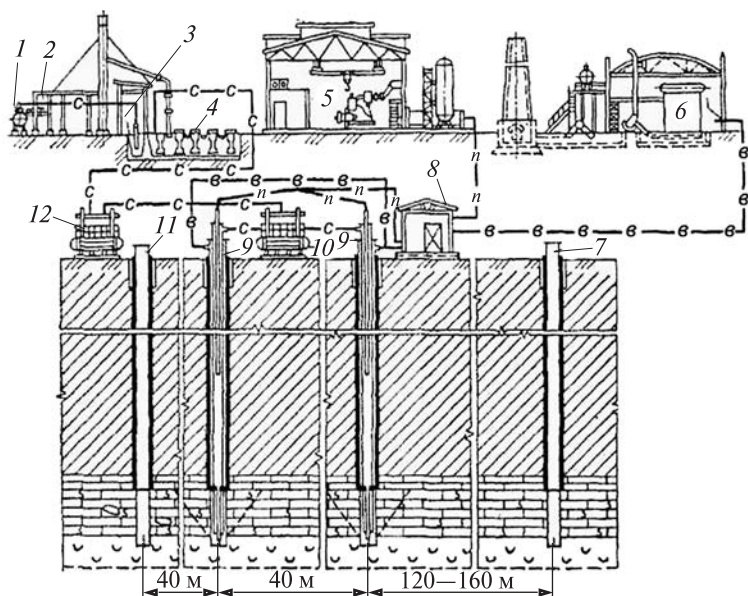


Рис. 5.58. Принципова технологічна схема видобутку сірки методом підземної виплавки: 1 — залізнична цистерна; 2 — естакада; 3 — насос для рідкої сірки; 4 — підігрівачі на складі рідкої сірки; 5 — компресорна; 6 — котельня; 7 — водовідливна свердловина; 8 — пункт для виміру; 9 — видобувні свердловини; 10 — станція перезавантаження сірки; 11 — відпрацьована видобувна свердловина; 12 — дільнична станція перезавантаження сірки; *c* — шляхи сірки; *v* — шляхи води; *n* — шляхи стисненого повітря

Розчини, які отримують методом підземного розчинення, є вихідною сировиною для вилучення кам'яної солі, хлору, соди та інших продуктів.

5.5.2. Підземна виплавка сірки

Цей процес ґрунтується на застосуванні геотехнологічних методів видобутку з термічною дією на гірські породи, внаслідок чого корисна копалина (сірка) переходить з твердого стану в рідкий, тобто відбувається процес плавлен-

ня. Тепловим агентом в цьому випадку є гаряча вода. Промислові скупчення сірки розміщуються у вапнякових рудах. Глибина залягання вапняків з сіркою змінюється від декількох метрів до 450 м і більше. Потужність цих пластів — від декількох сантиметрів до 20—25 м, вміст сірки — від 2 до 30 %. У Європі найвідоміші родовища знаходяться в Прикарпатті (Україна) і на державному кордоні Польщі з Україною (Яворівське родовище).

Для видобутку сірки на місці залягання використовують її властивість плавитися за температури 112,8—119 °С. Принципова технологічна схема видобутку сірки методом підземної виплавки показана на рис. 5.58.

Видобувні свердловини обсаджують колоною і цементують у покрівлі пласта, що містить сірку. В свердловину опускають три колони — водоподавальну, сірчану і повітряну діаметрами 168, 89, 34 мм. Гаряча вода через фільтр потрапляє в сірчаний поклад і розігріває сірку. Розплавлена сірка, як більш важка, стікає вниз і по сірчаній колоні піднімається на висоту, яка відповідає гідростатичному тиску в пласті. Завдяки подачі стисненого повітря сірка емульгується і піднімається на поверхню через сірчану колону. Надалі розплавлена сірка прямує через відстійні резервуари і фільтри для очищення на склад готової продукції. Всі комунікації, в яких циркулює розплавлена сірка, підігрівають.

5.5.3. Підземна газифікація вугілля

До геотехнології належить також підземна газифікація вугілля (ПГВ). Ще в 1887 р. Д.І. Менделєєв, вивчаючи технологію видобутку вугілля і дані щодо пожеж у шахтах Донбасу і Уралу, дійшов висновку про можливість газифікації вугілля на місці його залягання спалюванням вугілля під землею і виведенням продуктів спалювання на поверхню (за допомогою свердловин) у вигляді газів для подальшого їх використання. У 1888 р. він писав: «Настанет,

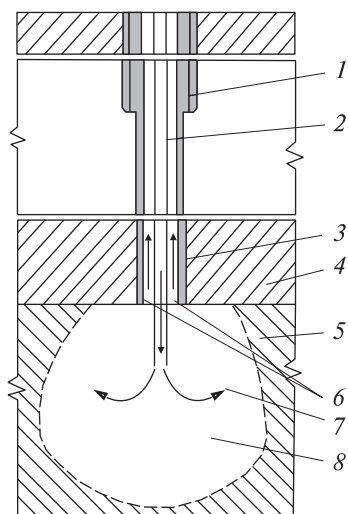


Рис. 5.59. Схема підземної газифікації вугілля (за В. Рамзеєм): 1 — обсадна колона; 2 — колона для дуття; 3 — цементне кільце; 4 — покрівля; 5 — вугілля; 6 — газ; 7 — дуття; 8 — загазований простір

вероятно, со временем даже такая эпоха, что уголь из земли вынимать не будут, а там, в земле, его сумеют превратить в горючие газы и их по трубам будут доставлять на далекие расстояния».

І вже наприкінці ХІХ ст. штучний газ, який добувають з вугілля, широко використовували для опалювання і освітлення більш ніж у 40 країнах світу. На цей час виявляють інтерес до технології підземної газифікації вугілля в Китаї, де останніми роками побудовано 10 промислових станцій ПГВ. У 2003 р. вступила в дію велика станція в Австралії, ведуться роботи в цьому напрямі в Індії, КНДР, Південній Кореї.

Росія має передові позиції у світі в галузі ПГВ. У цій країні протягом 40 років (з 1955 р.) експлуатували Південноабінську станцію ПГВ. Нині в Росії розробляють нові технології газифікації вугільних пластів з метою отримання горючих газів із значно більшою теплотворною здатністю.

Впровадження підземної газифікації вугілля сприяє повнішому використанню вугільних ресурсів і збільшенню кое-

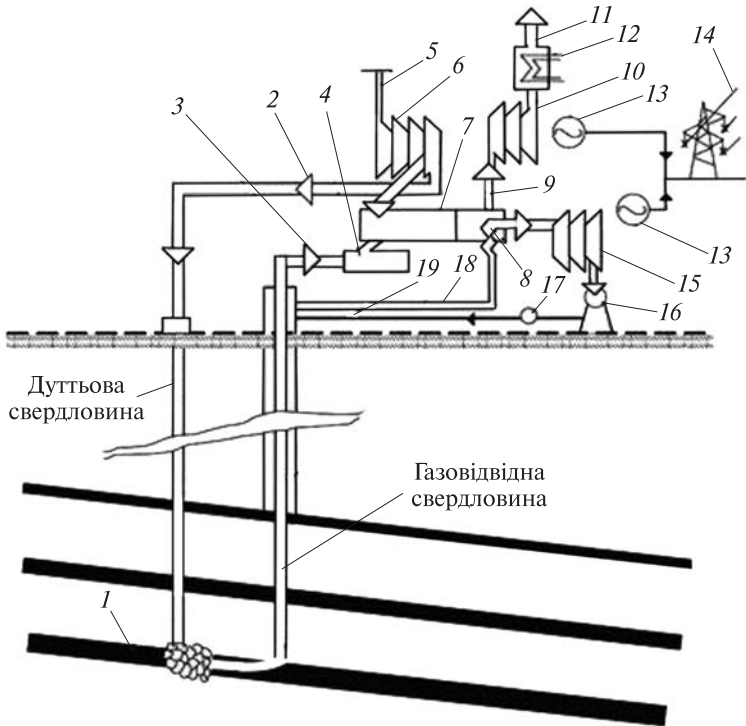


Рис. 5.60. Принципова схема автономного гірничо-енергетичного комплексу на основі підземної газифікації вугілля: 1 — підземний газогенератор; 2 — рух стисненого повітря; 3 — рух низькокалорійного газу; 4 — установка очищення газу; 5 — подача повітря; 6 — компресор; 7 — камера згорання; 8 — паропрогрівач; 9 — рух димових газів з температурою 800—850 °С; 10 — газова турбіна; 11 — витяжна труба; 12 — економайзер; 13 — генератор змінного струму; 14 — електромережа; 15 — парова турбіна; 16 — конденсатор; 17 — насос; 18 — пара з температурою 250 °С; 19 — вода

фіцієнта вилучення запасів у результаті введення в експлуатацію некондиційних і багатозольних пластів.

Підземна газифікація — це отримання газу з вугілля. Частину пласта, в якій відбувається процес газифікації, називають підземним газогенератором. На рис. 5.59 пока-

зана технологічна схема підземної газифікації вугілля, яку запропонував англійський хімік В. Рамзей.

Важливим елементом підземного газогенератора є канали газифікації, що утворюються за простяганням або падінням пластів. У ці канали до вугільних пластів надходить кисень, який подають з поверхні. У каналі газифікації кисень прогрівається. Рухаючись далі, він вступає в реакцію з вуглецем вугілля, утворюючи оксид і діоксид вуглецю. Утворений діоксид вуглецю, а також водяна пара, що надходить з вугільного пласта, омивають його поверхню і частково відновлюються вуглецем до оксиду вуглецю і водню.

За подальшого руху через канал горючі гази нагрівають вугілля, внаслідок чого відбувається термічне розкладання його горючої маси з виділенням летких складових, які потрапляють у газовий потік. Далі ця суміш, що має ще доволі високу температуру, омиває решту поверхню каналу, підсушуючи вугілля. Таким чином, процес газоутворення в каналі газифікації умовно поділяють на чотири зони: окиснення, відновлення, термічне розкладання вугілля і осушення.

Методом підземної газифікації вугілля можна надійно, без застосування праці шахтарів під землею, у будь-яку пору року отримувати енергетичний газ у промислових масштабах і повністю замінити в котельних тверде і рідке паливо енергетичним газом. Крім того, коефіцієнт корисної дії газового палива на 20—25 % вищий, ніж твердого.

Нині у багатьох країнах світу працюють електростанції на газі, отриманому від підземної газифікації, і створюються гірничо-енергетичні комплекси (рис. 5.60).

5.5.4. Підземна переробка сланців

Горючі сланці використовують як енергетичну і технологічну сировину. Технологічне застосування сланців ґрунтується на їх властивостях за нагрівання виділяти значно більше, ніж будь-який інший вид палива,

високосортних рідких і газоподібних продуктів. Підземна газифікація сланців добре відпрацьована в Естонії, Німеччині, Швеції, США, Канаді.

Ця технологія полягає у підготовці підземних камер, бурінні свердловин і їх з'єднанні. Сланці спочатку нагрівають стороннім джерелом енергії, потім нагрівання припиняють. Подається повітря і відбувається термічне згорання залишкового вуглецю і частини сланцевої смоли. В процесі переробки можна виділити чотири основні зони. Перша — зона попереднього нагрівання, в якій вихідний газ нагрівається внаслідок контакту з гарячим відпрацьованим сланцем. Потім газ надходить нижче, в зону згорання залишкового вуглецю (при цьому споживається кисень, який міститься в газі, що подається до пласта). Тут згорає також частина рідких і газоподібних вуглеводнів. Нижче розташована зона перегонки — термічного розкладення органічних речовин сланцю із отриманням рідких і газоподібних вуглеводнів. В останній зоні газу і продукти згорання охолоджують, вода і рідкі компоненти частково конденсуються і стікають на дно, звідки їх відкачують на поверхню.

5.5.5. Підземне вилуговування корисних копалин

Підземне вилуговування корисних копалин — метод видобутку руд їх розчиненням хімічними реагентами в рудному тілі на місці залягання з вилученням на поверхню.

Цей метод видобутку кольорових металів відомий з XVI ст. У XX ст. метод був освоєний у великих промислових районах на мідних копальнях у Мексиці (1924), мідноколчеданових копальнях Уралу (1939—1942). Нині метод застосовують в Росії, США, Португалії, Австралії, Мексиці, Японії, Німеччині та інших країнах.

За підземного вилуговування проникних рудних тіл родовище розкривають системою свердловин. У свердловини

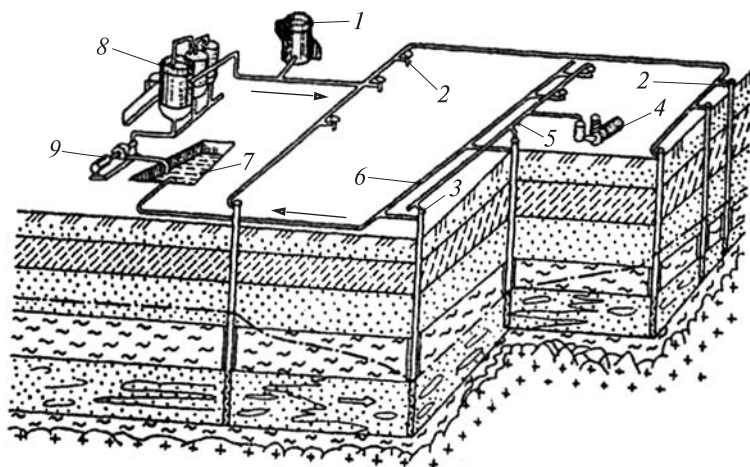


Рис. 5.61. Схема розробки пластового родовища вилугуванням через свердловини: 1 — вузол приготування розчину; 2 — нагнітальна свердловина; 3 — дренажна свердловина; 4 — компресор; 5 — повітропровід для ерліфта; 6 — колектор для продуктивних розчинів; 7 — відстійник; 8 — установка для переробки розчину; 9 — насос

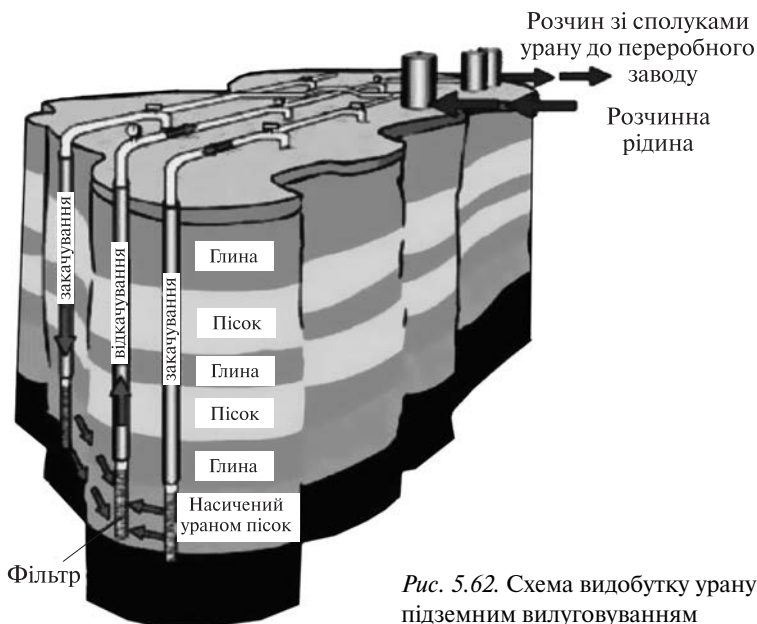


Рис. 5.62. Схема видобутку урану підземним вилугуванням

подають розчинник, який, фільтруючись по пласту, вилуговує корисні компоненти. Продуктивний розчин відкачують через інші свердловини.

Особливістю родовищ, придатних для підземного вилуговування, є наявність мінералів, що містять метал, який легко руйнується робочим розчином. Вмісні породи мають бути інертними до робочих розчинів, а руди — володіти природною або штучною проникністю. Схема розробки пластового родовища методом вилуговування через свердловини показана на рис. 5.61.

У практиці підземного вилуговування залежно від складу речовини руд використовують водні розчини мінеральних солей, солей карбонатів лужних металів і розчинники на основі сірчаної кислоти.

З 1957 р. підземним вилуговуванням почали розробляти родовища урану. При цьому технологічний процес проводять у декілька стадій: закисненість (здійснюють слабкішими розчинами до появи промислової концентрації урану); обробка руд робочими розчинами; витіснення розчинів з пласта водою (рис. 5.62).

5.5.6. Видобуток корисних копалин гідравлічним способом

Технологія ґрунтується на процесі гідравлічного руйнування гірських порід (рис. 5.63), за якого порушуються зв'язки в гірській породі і утворюється дисперсна система, в якій дисперсна фаза представлена рудою грубого гранулометричного складу, а дисперсне середовище — робочим агентом (рідиною).

Спосіб полягає у наданні руху руді на місці її залягання під гідромеханічною дією і підніманні її у вигляді гідросуші на поверхню з подальшим транспортуванням на збагачувальну фабрику. Найдоцільніше руйнувати зв'язані породи струменем води, що створюється гідромонітором.

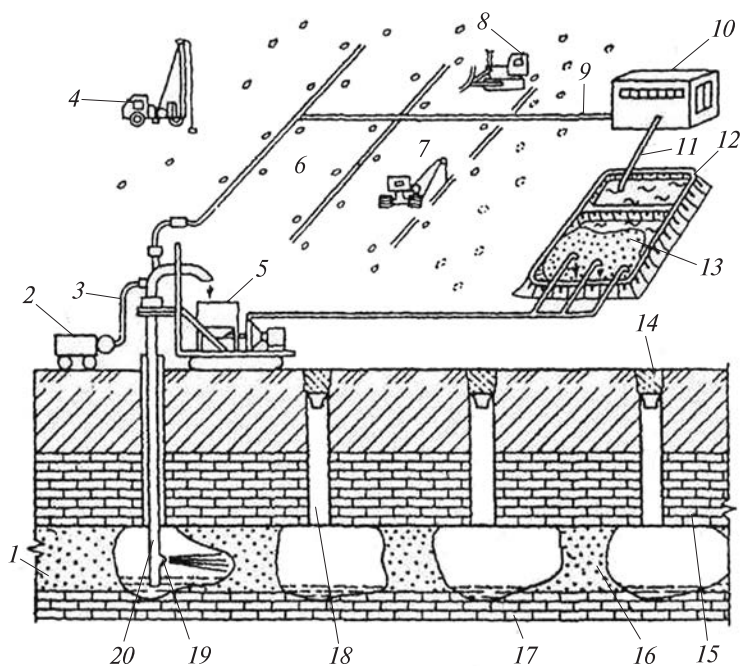


Рис. 5.63. Принципова технологічна схема свердловинного гідровидобутку твердих корисних копалин: 1 — рудний пласт; 2 — компресор; 3 — повітропровід; 4 — буровий верстат; 5 — видобувний агрегат; 6 — видобувне поле; 7 — трубоукладач; 8 — бульдозер; 9 — водовід; 10 — насосна станція; 11 — всмоктувальна станція; 12 — басейн з водою; 13 — карта намівання руди; 14 — тампонажні трубки; 15 — покрівля пласта; 16 — цілик; 17 — підшва пласта; 18 — видобувна свердловина; 19 — гідромонітор; 20 — ерліфт

Струменем гідромонітора можна зруйнувати породу практично будь-якої міцності. Масив руди руйнується завдяки гідравлічному градієнту тиску. Технологічна схема свердловинного гідровидобутку корисних копалин передбачає буріння свердловин діаметром 250–500 мм до рудного тіла. Підземний гідровидобуток з успіхом застосовують і для розробки родовищ, що залягають під водоймами.

5.6. Підводний видобуток корисних копалин

Підводний видобуток корисних копалин — це розробка родовищ корисних копалин під водами Світового океану. Поверхневі родовища шельфу і ложа океану розробляють відкритим способом через водну товщу. На поверхні шельфу і ложа океану зосереджені величезні мінеральні ресурси мангану, кобальту, нікелю, міді, розсіпні родовища мінералів і металів.

Підводний видобуток корисних копалин має свою історію. Перші спроби освоєння шельфу відомі з XI ст. до н. е., коли фінікійці з морського черепашника добували сировину для виробництва пурпурної фарби. Пізніше (VI ст. до н. е.) на островах Полінезії велася розробка коралових рифів для отримання будівельних матеріалів. У III ст. до н. е. з глибини 4 м на о-ві Халка в протоці Босфор люди, ниряючи під воду, добували мідну руду. Наприкінці XIX ст. почалось освоєння розсіпів золота, потім ільменіту, рутилу, циркону, монациту на узбережжі Австралії (1870), Бразилії (1884), у XX ст. — в Індії (1909).

На початку XX ст. з'явилися перші парові багатоковшові драги з місткістю ковша 20 л, що дало змогу добувати корисні копалини на глибині до 12 м. У 1920-х роках розпочато видобуток олова з морських розсіпів Індонезії, в 1963 р. — алмазів на шельфі Південно-Західної Африки. На початку 1960-х років залізну руду добували з розсіпів затоки Аріаке (Японія). В СРСР роботи з освоєння морських розсіпів були розпочаті в 1966 р. на шельфі східної частини Балтики, де добували титаново-цирконові концентрати.

У затоці Кара-Богаз-Гол — величезному мілководному басейні, добувають мінеральну сировину з вод Каспійського моря. Це унікальна кладова морської води, ропи, розсолів і покладів пластів солей Кара-Богаз-Голу, з яких вилучають сульфат натрію, сірчаноокислий магній, хлорис-







	Підводні скреперні установки	Плаваючі платформи на сваях з видобувним обладнанням	Штангові снаряди	Багаточерпакові драги	Земснаряди з різальною головою	Земснаряди з вільним всмоктуванням
						
Породи морського дна	Розсипи, осади морського дна	Розсипи	Породи середньої щільності, підірвана гірська маса, глини			Розсипи, осади морського дна
Глибина розробки, м:						
існуюча	–	5–20	0–20	0–50	0–30	0–50
проектowana	10	–	–	85	80	–

Рис. 5.64. Технічні засоби підводного видобутку корисних копалин








тий магній, бром, сірчаноокислий калій та інші елементи. Сиваш Кримського півострова — ще одне природне сховище хімічної сировини.

З корінних родовищ морського дна добувають вугілля, залізну руду, олово, сірку. Шахти і копальні під дном моря мають розгалужену мережу гірничих виробок.

У пляжній і прибережно-морській зонах уже розробляють розсипні родовища олова, золота, платини, рідкісноземельних елементів, залістих пісків. Видобуток у прибережній зоні будівельних матеріалів (пісок, гравій, черепашник) засобами сучасної техніки дає змогу отримувати високоякісну сировину за прийнятною собівартістю. Близько однієї третини споживаної куховарської солі добувають із морської води випаровуванням.

Залежно від гірничо-геологічних і гідрологічних умов, глибини розробки корисної копалини застосовують різні технічні засоби (рис. 5.64), а також способи підводного видобутку. Розробку ведуть драгами, земснарядами, скреперами та ін.

Драга — комплексно-механізований гірничозбагачувальний агрегат, що працює за принципом багаточерпакового

Грейдерні драги	Ерліфтні та ежекторні драги	Плавучі платформи з видобувним обладнанням	Драги типу драглайну	Підводні лодки з видобувним обладнанням	Підводні самохідні видобувні пристрої	Глибоководні гідравлічні драги
						
Породи середньої щільності, підірвана гірська маса, розсипи	Розсипи	Розсипи	Осади дна морів та океанів			
0–70 270	до 980 до 4980	100–300 –	10–300 до 4600	– –	– 6000	– 5000

ланцюгового екскаватора, встановленого на плавучу платформу. Має багачерпаковий робочий орган для підводної розробки. Використовують для розробки розсипів, вилучення з них цінних мінералів.

В Росії драги широко застосовують на розсипних золотих копальнях Уралу, Східного Сибіру і Далекого Сходу. Інколи драгою називають судно, на яке встановлений такий агрегат.

Існують драги, що працюють за принципом землесоса, тобто всмоктують породу і перекачують її на збагачувальну фабрику.

Для забезпечення ефективної роботи драги проводять підготовчі роботи, що потребують спорудження каналів для подачі води, спорудження насосних станцій і трубопроводів.

Сучасні драги поділяють на континентальні та морські. Континентальні драги — плоскодонні. Морські драги монтує на самохідні або буксирні судна. Драга оснащена робочим органом для видобутку продуктивних порід з-під води, промивально-збагачувальними агрегатами для їх збагачення і вилучення цінних мінералів та

відвальним устаткуванням для укладання порожніх порід (хвостів промивання) у відвали.

Земснаряд складається з ґрунтового насоса, двигуна, свайного агрегату, ґрунтозабірного насоса, аварійної системи і контрольно-регулювальної апаратури. Для забезпечення роботи земснаряда споруджують підготовчі виробки (котловани), які заповнюють водою. Після заповнення вибою водою земснарядом заглиблюють початковий котлован до потрібної відмітки, і починається планомірне виймання породи.

Перспективи відкритого підводного видобутку на шельфі визначаються його перевагами порівняно з розробкою родовищ на суші. При цьому будівництво дражних та інших технічних судів на великих суднобудівельних заводах виключає період будівельно-монтажних робіт на родовищі; значно зменшуються обсяги з розкриття родовищ корисних копалин; виключається будівництво під'їзних шляхів, ліній електропередач і житлових селищ, а також немає потреби у відчуженні сільськогосподарських земель і подальшій їх рекультивациі.

Розробку родовищ надр Світового океану здійснюють і підземними гірничими виробками. Підземний видобуток з корінних родовищ із застосуванням методів виймання руд корисних копалин мало відрізняється від видобутку на суші. На більшості підводних шахт стовбури закладають на суші, внаслідок чого відкотні виробки мають протяжність у декілька кілометрів. Розкривають шахтні поля стовбурами зі штучних островів (наприклад, шахта «Майке», Японія). Глибина закладання гірничих виробок під дном, що виключає їх затоплення, залежить від властивостей вищезалігаючих порід і зазвичай дорівнює 65—80 м. Розробка родовищ ведеться із закладенням відпрацьованого простору; провітрювання морських шахт здійснюють через один стовбур по трубах.

Відомо понад 100 шахт і копалень, які експлуатують із застосуванням системи підводних виробок, пройдених з

берега природних або штучних островів. У них переважно добувають вугілля, залізні і мідно-нікелеві руди, олово, ртуть, інші копалини.

Найбільший обсяг підводного видобутку припадає на видобуток нафти і газу з-під дна Світового океану.

На цей час із прибережно-морських родовищ, які експлуатують, найбільш відомі: оловоносні піски біля берегів Індонезії, Таїланду і Малайзії; золотовмісні розсипи біля берегів Північної Америки; алмазонасні гравійні відклади біля берегів Південно-Західної Африки; прибережні рідкісноземельні і магнетитові розсипи біля берегів Австралії, Індії, Японії; баритові родовища біля берегів США і бурштиноносні відклади у південно-східній частині Балтійського моря.

Основним функціональним елементом гірничо-морського підприємства, що визначає ефективність його роботи, є видобувна установка, що складається із розпушувального механізму з приводом і транспортувального агрегату.

Основними технологічними операціями під час підводного видобутку є розкривні роботи, розробка донних або пляжних відкладів (що містять корисну копалину), отримання чорнового концентрату, доставка видобутого матеріалу до місць переробки або складування, видалення відходів збагачення та ін.

Систему розробки морського розсипного родовища вибирають залежно від виду технологічного комплексу, його видобувної та транспортувальних установок і розпушувального механізму з урахуванням послідовності відпрацювання розсипу і вибою. При цьому застосовують такі системи розробок: західками, спіралями, віялами, полігонами, траншеями.

На сьогодні основні напрями з подальшого освоєння шельфу зводяться до розробки методів геологічних пошуків і дослідження морських розсипів шельфу та їх геолого-економічної оцінки; розробки наукових засад технології під-

водного видобутку корисних копалин в районах континентального шельфу і океанічного ложа без завдання шкоди водним організмам; створення машин для видобутку і збагачення корисних копалин на всіх глибинах шельфу.

5.7. Гідромоніторний видобуток корисних копалин

Гідромоніторна розробка корисних копалин — це проведення гірничих робіт способом руйнування масиву водами гідромоніторів. Гідромоніторний видобуток корисних копалин застосовують як на відкритих, так і підземних розробках.

Гідромонітор — пристрій, що слугує для створення керованого щільного водяного струменю, який летить з великою швидкістю під час розмиття й відбивання корисної копалини або породи (рис. 5.65).

Гідромонітор складається з рухливої частини, до якої підводять по трубопроводу воду під тиском від насоса, і сполученого з нею за допомогою двох шарнірів ствола з насадкою на кінці. Залежно від умов застосування розрізняють гідромонітори для відкритих і підземних розробок (табл. 5.8).

Гідромонітори для підземних робіт поділяють: за призначенням — для очисних і підготовчих робіт; за характером переміщення по вибою — на переносні, самохідні, підвісні та гідропересувні.

Гідромонітор з дистанційним програмним керуванням ГПС-1 призначений для гідровідбивання порід в очисних і підготовчих вибоях гідрошахт під час розробки пластів середньої потужності і потужних за будь-яких кутів падіння. Складається з обертального ствола, автоматів горизонтального і вертикального гойдання стволів, турбонасосного агрегату, гусеничного ходу і пульта дистанційного керування зі шлангами.

Розробка гідромонітором гірських порід на відкритих виробках відбувається зустрічним, попутним і попутно-

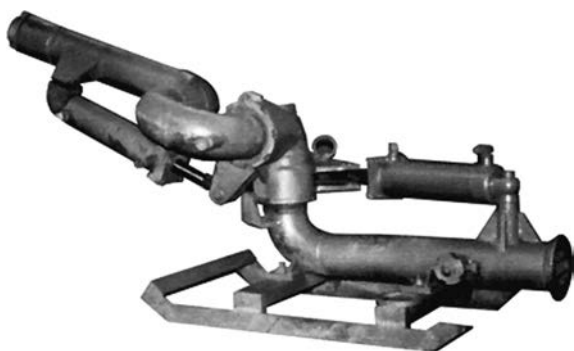


Рис. 5.65. Загальний вид гідромонітора

зустрічним вибоями. Розмита порода з водою від вибою по майданчику уступу або канаві надходить у зумпф, звідки ґрунтовим насосом переміщується трубопроводом до місця укладання. Гідромоніторну розробку застосовують як для розкриття покрівельних порід, так і видобутку корисних копалин. На відкритих розробках все частіше використовують гідромоніторно-землесосні установки — комплекс устаткування для розробки вибою струменем води і напірного транспортування гідросуміші, що утворилася. Установка складається з гідромоніторів і насосного агрегату.

Таблиця 5.8. Характеристика гідромоніторів для відкритих і підземних розробок

Умови роботи	Система керування	Тип, марка
Відкриті	Ручна Гідравлічна дистанційна	ГМ-2, ГМП ГМП-250 с, ГУЦ-ДУ
Підземні	Ручна Гідравлічна дистанційна Програмна	ГМ-2 ГМДЦ, ГМДЦ-2 ГПС-1

Гідромоніторну розробку за підземного видобутку корисних копалин застосовують насамперед для вугілля. Гідравлічний видобуток вугілля — це процес підземного його виймання, транспортування і піднімання на поверхню за допомогою рідинних струменів. Як джерело рідин найчастіше використовують приплив підземних вод у шахту.

Гідромоніторний видобуток вугілля є самостійним прогресивним технологічним напрямом. Він характеризується малоопераційністю технологічного процесу, високою продуктивністю праці, низькою собівартістю, поліпшенням праці і безпеки проведення гірничих робіт в очисних і підготовчих вибоях.

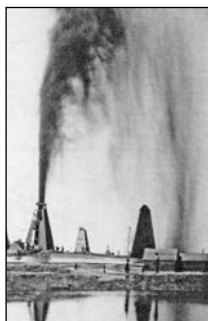
В СРСР, а потім у країнах СНД та інших країнах проводили науково-дослідні роботи у сфері дослідження нових методів руйнування і засобів виймання корисних копалин. Результатом цих робіт стало спільне використання високошвидкісних рідинних струменів і роботи гірничих комбайнів для руйнування порід. З'явився новий напрям — механіко-гідравлічне виймання, тобто застосування струменів як інструменту руйнування у виконавчих органах очисних і прохідницьких комбайнів.

Останніми роками механіко-гідравлічне виймання і гідровідбій є основними способами для очисного і підготовчого виймання вугілля. Механіко-гідравлічне виймання має нижчу енергоємність, його з успіхом застосовують для видобутку міцного, малотріщинуватого вугілля, коли механічний спосіб і гідровідбій малоефективні. До недоліків механіко-гідравлічного виймання вугілля відносять: безперервний контакт робочого органа комбайна із вибоєм; трудомісткість заміни спрацьованого інструменту (зубців); обмеженість виймання за кутом падіння пластів; залежність продуктивності від абразивності гірських порід.

РОЗДІЛ
6

ВИДОБУТОК
НАФТИ
І ГАЗУ





6.1. Основні форми залягання і характеристика порід, що містять нафту і газ

Процеси видобутку нафти і газу пов'язані з особливостями будови гірських порід, в яких вони залягають. В основному це осадові породи земної кори. Головні складові — пісковики, глини і алевроліти. Нафта і газ в осадових породах містяться в порожнинах між зернами пісковика або в тріщинах порід, представлених вапняками.

Осадові породи утворюються у водному середовищі в результаті руйнування порід поверхні суші і змивання їх водними потоками (річками) в морські або океанічні водойми. Безпосередньо біля берегової лінії осідали грубозернистий пісок і галька, а в більш глибоководних, віддалених від берегів частинах моря відкладалися дрібні часточки у вигляді мулу. Впродовж історичного періоду змінювалися умови осадонагромадження і формувалися шари різного складу. Шар осадової гірської породи, що характеризується однаковим мінеральним складом, називають пластом. Поверхню, що обмежує пласт зверху, називають покрівлею, а поверхню, що обмежує його знизу, — підшвою.

В результаті тектонічних рухів земної кори, коли її ділянки то піднімаються, то

опускаються, що нерідко супроводжується розривними порушеннями, пласти змінюють своє горизонтальне положення і утворюють складки різної структурної форми: антиклінальної і синклінальної. Антиклінальною називають складку шарів гірських порід, повернену випуклістю вгору, синклінальною — складку, повернену випуклістю вниз.

Гірські породи, які здатні містити нафту, газ і воду та віддавати їх у процесі розробки, називають колекторами. Більшість порід-колекторів мають осадове походження. Колекторами нафти і газу є піски, пісковики, алевроліти, вапняки, доломіти, крейда.

Головні властивості порід-колекторів — пористість і проникність. Пористість характеризує об'єм пустот у породі, проникність — здатність породи пропускати через себе нафту, газ і воду під дією перепадів тиску.

Для забезпечення накопичення і збереження нафти і газу в пористому і проникному просторі необхідно, щоб він був перекритий непроникними породами. Такими породами можуть бути глини і кам'яні солі.

Поклади нафти і газу — це їх природне накопичення в проникних пористих або тріщинуватих колекторах. Газ, нафта і вода розміщуються у покладі згідно з їх густиною: газ — у верхній частині покладу (покришці), нижче — нафта, ще нижче — вода.

Сукупність покладів нафти і газу, що характеризує одну або декілька пасток у надрах кори однієї і тієї самої обмеженої географічної площі, називають родовищем нафти і газу. Групи нафтових і газових родовищ, подібно до родовищ викапного вугілля, утворюють нафтогазові басейни. Вони переважно приурочені до прогинів земної кори, в яких залягають осадові породи. Приклади нафтогазових басейнів — Каспійський нафтоносний, Волго-Уральський, Західносибірський. Великі басейни відомі і в інших регіонах та країнах. Вони розміщуються як на материках, так і під дном морів і океанів.

6.2. Як утворилися нафта і газ?

Про походження нафти і газу існують різні гіпотези. Одні вчені (прибічники гіпотези неорганічного походження) стверджують, що нафтові і газові родовища утворилися внаслідок просочування з глибини Землі вуглецю і водню, їх сполук у формі вуглеводнів і накопичення в породах-колекторах.

Найбільш аргументовану гіпотезу неорганічного походження нафти і газу висунув Д.І. Менделєєв, згідно з якою утворення вуглеводнів нафти відбувається за такою схемою. Тріщини в надрах Землі можуть бути каналами, якими поверхневі води проникають углиб Землі; під дією високих температур і тиску можуть відбуватися реакції взаємодії води з карбідами міді, внаслідок чого утворюються вуглеводні і оксиди металів.

Інші вчені вважають, що нафта, подібно до вугілля, виникла з органічної маси, похованої на глибині під морськими осадами, де з неї виділялися горючі рідини і газ.

Ще в доісторичні часи в морях і озерах мешкали численні мікроорганізми, бактерії і водорості — так званий планктон. Відмираючи, планктон осідав на дно водойм і змішувався із седиментами глини і вапняку. У подальшому процесі, що відбувався з органічною матерією без доступу кисню, утворювався вихідний матеріал для нафти і газу — материнська порода. Надалі на материнській породі осідали інші шари відкладів, під вагою яких у результаті зсуву земної кори материнська порода опускалася все глибше і глибше. У міру опускання на глибину в декілька тисяч метрів тиск на пласт породи, що містить органічний матеріал, зростав, а густина і температура збільшувалися. З органічного матеріалу утворилася нафта.

Обидві гіпотези походження нафти (газу) — неорганічна і органічна — пояснюють частину фактів, але залишають без відповіді іншу їх частину. Повна розробка теорії утворення нафти і газу ще чекає своїх майбутніх дослідників.

6.3. Пошук і розвідка нафтогазових родовищ

Минули століття з того часу, коли люди на добувала нафту з ям і колодязів, а газ сам надходив на поверхню з надр Землі. На сьогодні нафтові і газові родовища залягають глибоко під землею в різних геологічних структурах і щоб знайти і дістатися них, треба провести комплекс пошуково-розвідувальних робіт.

Мета нафтогазорозвідки — виявлення, геолого-економічна оцінка і підготовка до розробки промислових покладів нафти і газу. Пошуково-розвідувальні роботи здійснюють за допомогою геологічних, геофізичних, геохімічних методів і буріння свердловин. Вони включають два етапи: пошуковий — підготовка площ до глибокого пошукового буріння та пошуку родовищ; розвідувальний — підготовка родовищ до розробки.

В процесі геологічних робіт виконують геологічне і структурно-геологічне знімання, проводять геоморфологічні дослідження. Вивчають склад порід, характер їх залягання, особливості будови верхньої частини земної кори.

Геохімічні методи пошуків корисних копалин ставлять за мету вивчення органічних речовин, фізико-хімічних характеристик і складу пластових вод і газів.

Останнім часом найпоширенішими у розвідці покладів нафти і газу стали геофізичні методи, а саме гравіметрична, магнітна, електрична і сейсмічна розвідки.

Сейсмічна розвідка ґрунтується на вивченні процесів поширення штучних пружних хвиль у земній корі.

Електророзвідку використовують для інтерпретації розрізу в пробурених свердловинах і називають електричним каротажем. Для проведення електричного каротажу застосовують спеціальний комплекс, в якому вимірювальну техніку розміщують на поверхні в спеціальному автомобілі, а свердловинний прилад опускають у свердловину.

Розвідувальний етап — завершальний в геологорозвідувальному процесі. Основна мета цього етапу — забезпечити підготовку родовища до розробки. В процесі розвідки мають бути оконтурені поклади, визначені літологія, склад, потужність, нафтогазонасиченість, колекторські властивості продуктивних горизонтів, вивчені зміни цих параметрів за площею, досліджені фізико-хімічні властивості нафти, газу і води, встановлені продуктивності майбутніх свердловин.

Отже, перш ніж розкрити продуктивний поклад, його слід досконально вивчити, оцінити, підготувати до розробки і зрештою почати бурити свердловини.

6.4. Буріння свердловин

Буріння свердловин — єдиний спосіб пошуку, розвідки, приросту запасів і видобутку нафти та газу. Свердловиною називають циліндричну гірничу виробку великої довжини і малого (порівняно з довжиною) діаметра, яку споруджують за допомогою спеціальних інструментів і механізмів. Початок свердловини на поверхні — устя, дно — її вибій. Там, де буритимуть свердловину, облаштовують бурову вишку з комплексом механізмів і устаткування (рис. 6.1).

Свердловини виконують багато функцій: відкриття нових родовищ і покладів, вивчення геологічної будови, умов залягання пластів, оконтурювання родовищ, експлуатація родовищ на повністю підготовлених площах; захоронення промислових відходів, ліквідація відкритих фонтанів нафти і газу, підготовка структур для підземних сховищ газу.

Існують різні способи буріння свердловин залежно від принципу руйнування гірських порід — механічного, гідродинамічного, термічного, електрофізичного і хімічного.

Основний спосіб буріння — механічний. При цьому способі гірська порода руйнується механічною дією породоруйнівного інструменту. Механічні способи буріння включають: ударне буріння, якщо гірська порода руйнується під

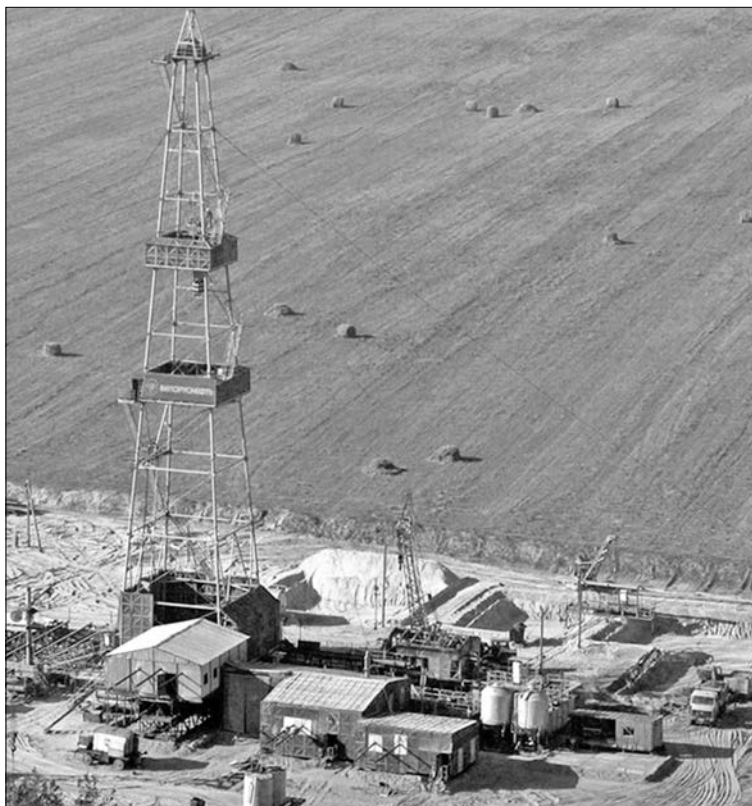


Рис. 6.1. Бурова вишка

періодичною дією ударів породоруйнівного інструменту; обертальне буріння — гірська порода руйнується в результаті безперервного обертання породоруйнівного інструменту (долота) з прикладеним до нього осьовим навантаженням; ударно-обертальне буріння — гірська порода руйнується внаслідок безперервної дії ударів і обертання породоруйнівного інструменту.

Для спорудження нафтових і газових свердловин найчастіше застосовують способи обертального буріння.

Залежно від виду механізму, що приводить в обертальний рух долото, розрізняють способи буріння роторний, турбінний і електробуріння.

За роторного способу долоту надають рух за допомогою механізму (ротора), встановленого на поверхні. Руйнівний інструмент обертається разом з бурильною колоною. Роторний спосіб буріння з промиванням вибою циркулювальним потоком рідини дуже поширений у світовій практиці. Цей метод уперше застосували в США у 1905 р. Він постійно вдосконалюється.

За турбінного способу буріння колона, що складається з труб, з'єднаних в одну нитку, не обертається. Турбінний спосіб буріння свердловин був розроблений в СРСР. У 1923 р. М.А. Капелюшников створив турбобур з одноступінчастою осьюовою турбіною, і вже в 1924 р. в Азербайджані пробурили першу свердловину за допомогою цього турбобура. Пізніше були створені багатоступінчасті турбобури.

Турбінний спосіб буріння прогресивніший, ніж роторний спосіб, оскільки бурильна колона не обертається, що забезпечує високий коефіцієнт передачі потужності від джерела енергії (турбіни) до породоруйнівного інструменту (рис. 6.2).

За турбінного буріння основним параметром, від якого залежать режими роботи, є кількість промивальної рідини, що прокачується. Зміна подачі промивальної рідини спричинює зміну частоти обертання долота і зміну навантаження, що прикладається до нього.

За постійної витрати промивальної рідини збільшення осьового навантаження на долото зумовлює автоматичне зменшення частоти обертання вала турбобура. Поступово змінюючи осьове навантаження на долото, можна знайти таку частоту обертання, за якої потужність і ККД турбобура, а також механічна швидкість буріння досягають максимальної величини. Турбінне буріння забезпечує буріння свердловин завглибшки до 7000 м.

На наступному етапі удосконалення процесів буріння в СРСР (1937—1940) була створена конструкція вибійного

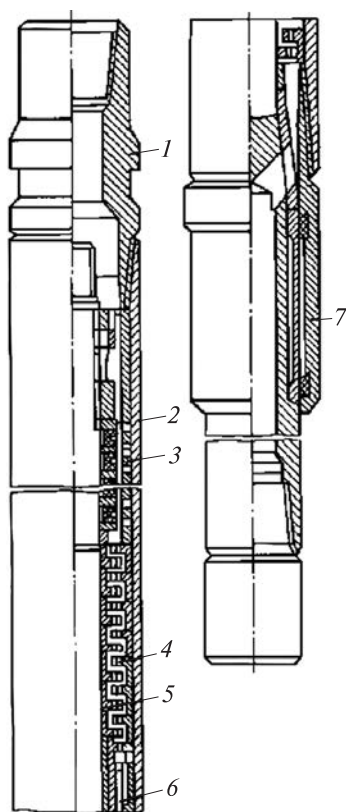


Рис. 6.2. Схема односекційного багатоступінчастого турбобура: 1 — перевідник; 2 — трубчастий корпус; 3 — осьова опора; 4 — комплект ступенів турбіни; 5 — вал турбобура; 6 — проміжні гумово-металеві радіальні опори; 7 — ніпель

двигуна — електробура (розробники А.П. Островський, Н.Г. Григорян і О.О. Богданов). Переваги електробурів порівняно з гідравлічними вибійними двигунами (турбінами) — незалежність параметрів режиму буріння, можливість контролю процесу роботи двигуна з поверхні, наявність електричного каналу зв'язку між вибоєм свердловини і поверхнею (рис. 6.3).

Процес буріння свердловин електробуром складається з таких основних операцій: 1) опускання бурового інструменту в свердловину; 2) обертання долота і руйнування породи; 3) нарощування бурового інструменту з поглибленням свердловини; 4) промивання вибою глинистим розчином для видалення вибуреної породи на поверхню; 5) підйом бурового інструменту з метою заміни спрацьованого долота.

У міру поглиблення свердловини в неї опускають обсадні труби для захисту стінок від обвалів.

Всі види бурових робіт поділяють на групи.

1. Підготовчі роботи з монтажу бурового устаткування (планування і облаштування майданчика під бурову установку, спорудження під'їзних доріг, проведення водопроводу, елект-

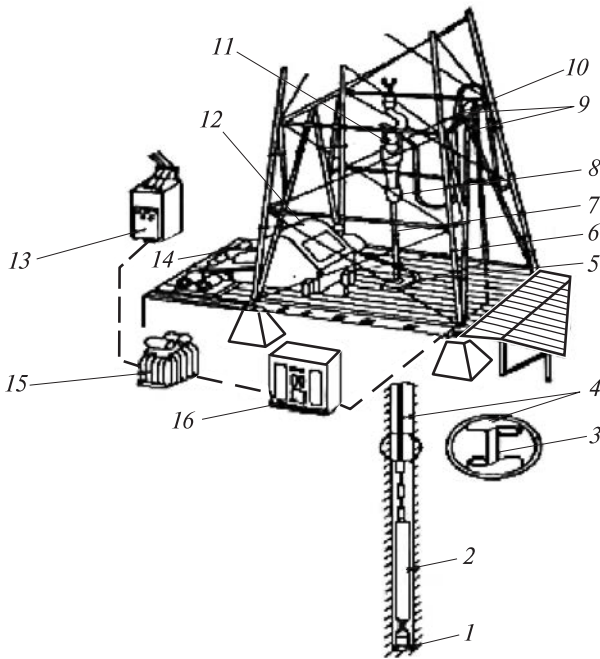


Рис. 6.3. Схема установки для буріння електробуром: 1 — долото; 2 — електробур; 3 — кабель; 4 — бурильна труба; 5 — ротор; 6 — пульт керування; 7 — ведуча труба; 8 — приймач промивальної рідини; 9 — зовнішній кабель; 10 — гнучкий шланг; 11 — вертлюг; 12 — лебідка; 13 — розподільний пристрій; 14 — регулятор подачі інструменту; 15 — трансформатор; 16 — станція керування електробуром

роліній, телефонного зв'язку, забезпечення бурової установки бурильними трубами, устаткуванням, інструментами і т. п.).

2. Монтаж бурової вишки, бурового устаткування і наземних споруд.

3. Підготовчі роботи для буріння свердловин (оснащення талевої системи, перевірка і випробування бурового устаткування, приготування бурового розчину).

4. Буріння свердловин, кріплення їх стінок і розмежування пластів.

5. Випробування продуктивних горизонтів, освоєння свердловин і здавання їх в експлуатацію.

6. Демонтаж бурового устаткування.

Основним завданням бурових установок є доведення свердловин до проектної глибини і виконання всіх технічних частин проекту.

З'єднання труб, установлених у свердловині, називають колоною. Перша колона, яку встановлюють у горловині свердловини, є напрямною. Колону встановлюють строго вертикально, її висота 5—10 м. Заколонний простір цементують.

Перша колона призначена для спрямування потоку бурового розчину, який використовують для руйнування і винесення вибуреної зі свердловини породи в жолобну систему, вона також оберігає свердловину від розмивання потоком розчину.

Наступна колона — кондуктор, який опускають у свердловину, залежно від геологічних обставин, на глибину 100—500 м. Він призначений для запобігання забрудненню питних водних горизонтів фільтратом бурового розчину і захисту свердловини від можливих ускладнень.

За кондуктором в свердловину опускають експлуатаційну колону. Таку конструкцію свердловини вважають одноколонною.

За складних умов залягання пластів у свердловину опускають крім експлуатаційної дві (і більше) проміжні (технічні) колони. Тоді конструкції вважають дво-, триколонними і більше.

Гірську породу під час буріння руйнують породоруйнівними інструментами — буровими долотами (рис. 6.4).

При взаємодії долота з породою утворюється циліндрична гірнична виробка. Долото обертається за осьового навантаження на вибій разом з бурильною колоною (за роторного буріння) або разом з валом вибійних двигунів (турбобурів, електробурів). Залежно від міцності гірських порід, їх крихкості, абразивності використовують різні типи бурових доліт.

До бурового промивального розчину ставлять певні вимоги: сприяти руйнуванню порід, очищенню вибою і транспортуванню породи на поверхню, підтримувати міцність стінки свердловини, заважати осадженню уламків породи у стовбурі свердловини.

Бурові розчини виготовляють на різних основах: водній, нафтовій і газоподібній. До складу бурових розчинів входять природні мінерали (глини, гідролюди), а також різні хімічні реагенти.

Основним агрегатом бурового комплексу є бурові установки. Габарити і маса установок залежать головним чином від глибини буріння свердловин, типу силового приводу і географічних умов району буріння.

Використання сучасних бурових установок для глибокого розвідувального та експлуатаційного буріння на нафту і газ дає змогу бурити свердловини завглибшки від 2 до 10 тис. м і більше.

В країнах СНД, і зокрема в Україні, широко використовують бурові установки, які випускає завод «Уралмаш» (Росія), типу БУ-2500, ДТУ, Уралмаш 3000 ЄУБ, Уралмаш 15000 та ін.

Уже освоєно випуск бурових комплексів. Так, для сибірських нафтовиків компанія «Кунгур» (Росія) освоїла випуск мобільних бурових комплексів, що складаються з окремих виробничих модулів.

Залежно від технічних і геологічних умов застосовують різні види буріння: вертикальне, похило-спрямоване, горизонтальне, кущове, буріння на акваторіях (морське буріння). Найбільш поширено буріння вертикальних свердловин. Застосовують також горизонтальне буріння, що зумовлено інтенсифікацією видобутку нафти, підвищенням нафтовіддачі пластів, зменшенням кількості свердловин.



Рис. 6.4. Бурове долото шарошкового типу

Перші свердловини такої конструкції були пробурені в СРСР у 1941 р. З 1970-х років цей метод інтенсивно розвивається.

Поряд з механічними методами буріння розроблені і досліджені інші методи. Перспективним вважають термічний спосіб, за якого гірська порода руйнується тепловою дією за допомогою лазерів. Лазери — це квантові генератори, що працюють за принципом випромінювання у видимому та інфрачервоному діапазонах спектра. Активними речовинами в лазерах можуть бути різні діелектричні кристали, скло, гази, напівпровідники, плазма. Велика потужність лазерів з високою щільністю випромінювання достатня для розплавлення гірських порід.

Після закінчення буріння свердловини проводять комплекс робіт з її дослідження геофізичними і гідродинамічними методами. Геофізичними методами вивчають геологічний розріз свердловини, її технічний стан, ведуть пошук продуктивних горизонтів. Гідродинамічними методами вивчають характеристики пластів-колекторів — колекторські параметри, температурний режим, фізико-хімічні параметри флюїдів. Після того як свердловину пробурено і досліджено, її здають в експлуатацію.

6.5. Способи видобутку нафти

Коли свердловина пробурена, її устя обладнують колонною головкою, призначення якої — забезпечення необхідної герметизації затрубного простору між експлуатаційною і проміжною колонами, утримання в підвішеному стані насосно-компресорних труб (НКТ), що знаходяться в свердловині. Колонну головку монтують на весь період експлуатації. Опущені в свердловину насосно-компресорні труби призначені для піднімання нафти і газу на поверхню. Залежно від способу експлуатації свердловин ці труби називають фонтанними, компресорними, насосними

і піднімальними. Насосно-компресорні труби мають діаметр від 33 до 104 мм за товщини стінок від 4 до 7 мм. Довжина труб — від 5 до 9,5 м. Труби мають на кінці нарізку і з'єднуються за допомогою спеціальних нарізних муфт.

Процес експлуатації нафтових свердловин полягає у підніманні нафти від рівня продуктивних пластів на земну поверхню. На практиці експлуатують нафтові свердловини трьома способами: фонтанним, газліфтним і насосним (механічним). Вибір способу експлуатації визначають за пластовим тиском. Пластовий тиск — це тиск, під яким знаходиться нафта на нафтових родовищах у тонких каналах — капілярах.

6.5.1. Фонтанний спосіб

Нафта знаходиться у надрах під тиском. У разі прокладання до неї шляху у вигляді свердловини нафта прямує до поверхні. У давнину перші добувачі нафти з радістю сприймали нафтовий фонтан із підземних кладових.

Фонтанний спосіб видобутку нафти був поширений у ХІХ ст. Довгий час він не потребував додаткових технічних засобів. Нафта біла фонтаном зі свердловини, утворюючи нафтові озера. Це призводило до великих втрат нафти, завдавало шкоди довкіллю, інколи спричинювало пожежі. Нафтовий фонтан показано на рис. 6.5.

З роками нафтовики навчилися керувати нафтовими фонтанами і приборкали енергію пластового тиску. Для цього на колонну головку свердловини вмонтовують фонтанну арматуру, призначену для контролю і регулювання режиму експлуатації нафтової свердловини. Фонтанну арматуру називають «ялинкою» за подібність її контуру до ялинки. Засувки, встановлені на гілках фонтанної ялинки, дають можливість спрямовувати потік нафти зі свердловини в одну або іншу лінію промислового трубопроводу. За потреби можна перекрити подачу нафти зі свердловини. Фонтанну арматуру випускають на тиск 70 і 105 МПа.



Рис. 6.5. Нафтовий фонтан на Бакинських нафтопромислах, 1911 р.

Для контролю тиску на усті свердловини на фонтанній ялинці встановлюють манометри. За допомогою фонтанної арматури можна регулювати видобуток нафти — зменшувати, аж до зупинки видобутку. Як правило, фонтанують свердловини лише на початку свого «життєвого шляху», тобто відразу після буріння. Через деякий час тиск у пласті знижується і фонтан вичерпується.

Якщо рівень пластового тиску стає недостатнім для піднімання нафти на поверхню, переходять до механізованих способів експлуатації нафтових свердловин — газліфтного або насосного.

6.5.2. Газліфтний спосіб

Газліфтну експлуатацію нафтових свердловин здійснюють закачуванням у свердловину газу або повітря. У першому випадку метод експлуатації називають газліфтним, у другому — ерліфтним. Назва методів видобутку походить від слів «газ» і «ліфт» (підйомник) і «ейр» — повітря і ліфт.

Газ надходить з поверхні у свердловину під тиском унаслідок його стиснення спеціальними газліфтними компресорними станціями. Такий спосіб називають компресорним.

Газ можна подавати в нафтову свердловину під тиском із газових пластів і без його додаткової компресії. Тоді такий спосіб називають безкомпресорним.

У практиці видобутку нафти переважно використовують газліфтний спосіб. Він полягає у такому. У затрубний простір нагнітають газ високого тиску, внаслідок чого рівень рідини в ньому знижується, а в насосно-компресорних трубах — підвищується. Коли рівень рідини знизиться до нижнього кінця НКТ, стиснений газ почне надходити в НКТ і перемішуватися з рідиною. В результаті густина такої газорідинної суміші стає нижчою за густину рідини, що надходить із пласта, і рівень суміші в НКТ підвищуватиметься. Чим більше буде введено газу, тим меншою стає густина суміші і тим на більшу висоту вона підніметься. В разі безперервної подачі газу в свердловину газорідинна суміш піднімається до устя і виливається на поверхню, а з пласта постійно надходить у свердловину нова порція рідини.

Дебіт газліфтної свердловини залежить від кількості і тиску нагнітання газу, глибини занурення НКТ у рідину, їх діаметра, в'язкості рідини тощо. Конструкції газліфтних підйомників визначають залежно від кількості рядів НКТ, що спускають у свердловину, і напрямків руху стисненого газу. За кількістю рядів труб, що спускаються, підйомники бувають одно- і дворядними, а за напрямком нагнітання газу — кільцевими і центральними.

Газліфтний спосіб має ряд переваг: можливість відбору великих об'ємів рідини практично за всіх діаметрів експлуатаційних колон і форсованого відбору із сильнообводнених свердловин; експлуатація свердловин з великим газовим чинником, тобто використання енергії пластового газу; малий вплив профілю стовбура свердловини на ефективність роботи газліфта, що особливо важливо для похилоспрямованих свердловин (особливо за умов розробки морських родовищ та освоєння районів Півночі і Сибіру в Росії); відсутність впливу високого тиску і температури продукції свердловин, а також вмісту в ній механічних домішок (піску) на роботу свердловин; простота обслуговування і ремонту газліфтних свердловин і великий міжремонтний період їх роботи за використання сучасного устаткування.

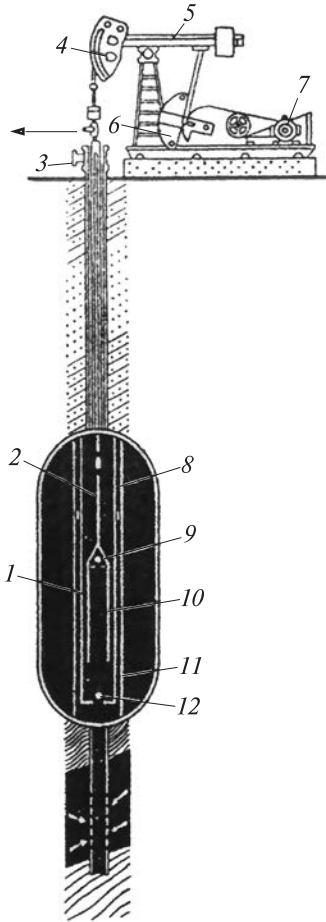
6.5.3. Насосний спосіб

Насосний спосіб видобутку нафти застосовують після припинення фонтанування свердловини і зниження рівня нафти у свердловині до межі, коли використання газліфтного способу експлуатації є неекономічним. Насосну експлуатацію свердловин здійснюють за допомогою насоса (рис. 6.6—6.8). За насосного способу використовують штангові і заглибні насоси.

Найчастіше застосовують штангові насоси (див. рис. 6.6).

Установка працює у такий спосіб. Під час руху плунжера разом з колоною штанг вгору в циліндрі під плунжером утворюється розрідження. Всмоктувальний клапан під тиском нафти, що знаходиться в свердловині, відкривається, і нафта надходить у порожнечу циліндра. Під час руху плунжера вниз всмоктувальний клапан закривається, а за стиснення рідини відкривається нагнітальний клапан і порція рідини потрапляє з циліндра в колону НКТ. Такі цикли роботи насоса безперервно повторюються, і нафта колоною НКТ під тиском, що створюється насосом, надходить на поверхню.

Рис. 6.6. Штангова насосна установка: 1 — штанговий насос; 2 — штанга; 3 — трійник; 4 — головка гойдалки; 5 — балансір; 6 — кривошипно-шатунний механізм; 7 — електродвигун; 8 — обсадна колона; 9 — нагнітальний клапан; 10 — плунжер; 11 — циліндр; 12 — всмоктувальний клапан



Штангові насоси мають певні недоліки. Основний з них — обмеженість глибини (до 3500 м) і малий обсяг видавання нафти зі свердловини (від 0,5 до 50 т/добу).

Найбільш економічними і ефективними є заглибні відцентрові електронасоси. Ці насоси з приводом від електродвигуна розміщують разом з електродвигуном у свердловині на потрібній глибині (див. рис. 6.7). Заглибні насоси підвішують на НКТ, останнім часом — на спеціальних кабельних канатах. Насоси забезпечують подачу нафти від 40 до 700 т/добу.

Для механізованого видобутку нафти використовують гвинтові і гідропоршневі насоси та насосно-ежекторні установки.

Гвинтовий насос — це заглибний насос з приводом від електродвигуна, в якому рідина переміщується під дією обертів ротора — гвинта. Гідропоршневий насос — це заглибний поршневий насос, що приводиться в дію пото-

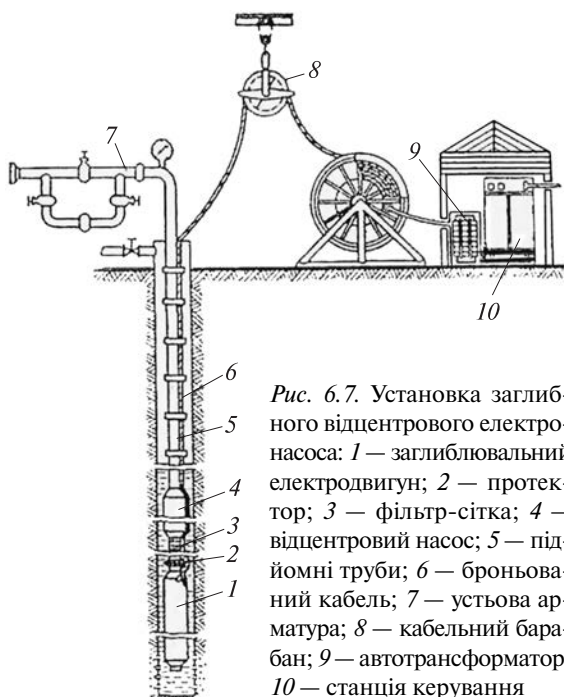


Рис. 6.8. Загальний вигляд свердловини, обладнаної для насосного видобутку нафти

ком рідини. Гідропоршневі насоси можуть працювати до глибини 4000 м з продуктивністю 20 т/добу.

Для експлуатації свердловин з аномальними умовами (високою температурою і в'язкістю, великим вмістом газу і піску) використовують насосно-ежекторні установки. У США такі установки розроблені фірмою «Кове».

6.5.4. Шахтний спосіб

Шахтний видобуток нафти — спосіб видобутку, який ґрунтується на проведенні системи підземних гірничих виробок. Застосовують для розробки покладів з високов'язкими нафтами (бітумами), а також неоднорідних, енергетично виснажених покладів нафти середньої в'язкості. Нафту також видобувають, використовуючи очисні або дренажні системи розробки.

За очисних систем нафтонасичену породу відбивають (руйнують), як правило, за допомогою вибухових робіт, вантажать у вибої вантажними машинами на засоби підземного транспорту і через шахтний стовбур подають на поверхню, де переробляють на спеціальних установках з виділенням нафтової фракції. При цьому можливе комплексне використання мінеральної сировини (вмісні породи продуктивного пласта після виділення нафтової фракції — будівельний матеріал, сировина для хімічної промисловості та ін.).

За дренажних систем розробки нафту вилучають за допомогою свердловин, пробурених із заздалегідь споруджених гірничих виробок, якщо природна вуглеводнева сировина або перебуває у рухливому (текучому) стані, або може бути приведена в такий стан штучно. Підземні свердловини (вертикальні, похилі, горизонтальні) можуть бути пробурені на значну глибину. Нафту збирають у гірничих виробках, звідки насосами подають на поверхню. Вперше цей метод у промислових масштабах застосували у Франції (Ельзас). Там у 1917 р. видобували нафту з дренажних штреків. До

початку 1920-х років у такий спосіб було видобуто 295 т нафти. У 1930 р. у цьому районі були побудовані три шахти на глибинах 150—250 м з довжиною гірничих виробок близько 100 км.

У 1920 р. почався шахтний видобуток нафти на родовищі біля Ганновера (Німеччина) з дренажних штреків, у 1930 р. на родовищі Сарата-Монтеору (Румунія) — за допомогою галерей. Перпендикулярно до головної галереї проходили поперечні. Нафта стікала канавами галереї. У галереї в нафтовому пласті на відстані 10 м один від одного викопували колодязі. Нафту відкачували з них за допомогою ручних насосів у загальний жолоб із розрізаних сталевих труб.

У 1932 р. був застосований комбінований спосіб шахтної експлуатації: із вибоїв поперечних галерей бурили горизонтальні свердловини із застосуванням обертального методу.

Більш відома у світі система Райта, суть якої полягає у прокладанні шахти через всю товщу продуктивних пластів і бурінні довгих радіальних свердловин на всіх напрямках для дренавання віддалених ділянок пласта. Видобуту нафту збирають в колекторі і відкачують на поверхню. Діаметр свердловини 50—75 мм, довжина — 800 м.

Шахтним методом видобувають нафту в Росії на Ярегському родовищі (Республіка Комі), яке розробляють з середини 1930-х років.

Шахтний видобуток нафти має свої позитивні і негативні сторони. Позитивними можна вважати: безпосередній доступ до продуктивного пласта, що дає змогу звести до мінімуму втрати теплоносіїв до внесення їх у продуктивний пласт, здійснити повніше розкриття продуктивного пласта і використання запасів нафти; незалежність виконання усіх робіт від погодних умов. Проте шахтний видобуток нафти пов'язаний з необхідністю роботи людей під землею. Наявність активних газопроявів, газової

шапки, активних підшовних або контурних вод, пухких порід або пливунів ускладнює такий спосіб видобутку.

Шахтний видобуток нафти можливий лише в умовах низьких пластових тисків.

6.6. Видобуток газу і газового конденсату

Газові родовища поділяють на дві групи: суто газові і газоконденсатні. На суто газових родовищах зі свердловин надходить чистий газ, його називають природним. Природний газ складається переважно з легкого вуглецю — метану (94—98 %), який не конденсується за змінення пластового тиску.

Суто газові родовища трапляються дуже рідко. До складу газоконденсатних родовищ входять не лише легкі вуглеводні, а й важчі вуглеводні парафінового ряду. При цьому вміст метану в газі знижується до 70—90 % за об'ємом. Вуглеводні, важчі за метан, за змінення пластового тиску переходять у рідкий стан (конденсуються), утворюючи так званий конденсат.

На багатьох родовищах газу містять чималу кількість сірководню і вуглекислого газу, так званих шкідливих домішок. Разом з газом і конденсатом із вибою свердловини надходять вода і тверді часточки механічних домішок.

Устаткування газових і нафтових свердловин багато в чому є однаковим. Відмінності зумовлені особливостями технології експлуатації свердловин. У газових свердловинах унаслідок невеликої в'язкості газу тиск у верхній частині свердловини приблизно дорівнює вибійному, що підвищує можливість витоку газу через негерметичні з'єднання в експлуатаційній колоні і устаткуванні горловини. Якщо газову свердловину експлуатують на родовищах, газу яких містять велику кількість сірководню і вуглекислого газу, виникає необхідність захисту обсадних і фонтанних труб та устаткування від корозії.

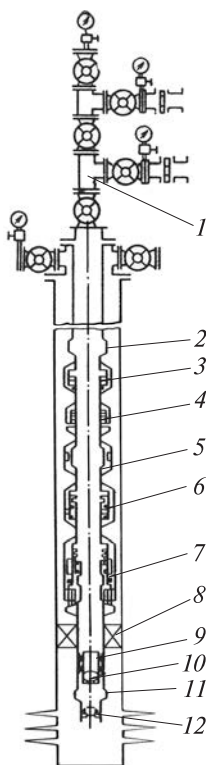


Рис. 6.9. Комплекс свердловинного устаткування для видобутку газу: 1 — фонтанна арматура; 2 — ніпель; 3 — телескопічне з'єднання; 4, 6, 7 — роз'єднувачі колони; 5 — інгібіторний клапан; 8 — пакер; 9 — замок; 10 — клапан-відсікач; 11 — ніпель для клапана-відсікача; 12 — зрізальний клапан пакера

На практиці для захисту труб застосовують різні методи: використання інгібіторів корозії, легованих ерозійно-стійких сталей і сплавів для виробництва труб; електрохімічні методи захисту від корозії; спеціальні технічні режими експлуатації устаткування.

Основний метод видобутку газу і газового конденсату — фонтанний, оскільки газ у продуктивному пласті має чималу енергію, що забезпечує його переміщення капілярними каналами пласта до вибою газових свердловин. Як і за фонтанного видобутку нафти, газ надходить із вибою до устя свердловини колоною фонтанних труб.

Сучасний комплекс устаткування газових свердловин складається з фонтанної арматури, піднімальних труб і пристосування для керування роботою свердловини (рис. 6.9). Комплекс для видобутку газу дає змогу здійснювати всі технологічні операції, пов'язані з експлуатацією і ремонтом, забезпечує автоматичне розкриття стовбура під час розгерметизації устя свердловини і піднімання труб, а також за різкого збільшення дебіту і виникнення пожежі.

У практиці експлуатації газових і газоконденсатних родовищ трапляються однопластові і багатопластові родовища. Багатопластові родовища експлуатують двома способами. За першого способу для видобутку газу з пластів

пробурюють свердловину на кожен пласт. За другого способу газ видобувають з однієї свердловини. При цьому скорочується кількість свердловин. Пласти розробляють, використовуючи пакери — роздільники пластів.

6.7. Видобуток нафти і газу на морському шельфі

Нині проблема видобутку нафти і газу на морському шельфі, тобто морський видобуток, є актуальною і перспективною.

Перша свердловина на морі була пробурена в 1897 р. у Тихому океані в районі о-ва Сомерленд (Каліфорнія, США). У 1924–1925 рр. в СРСР поблизу бухти Ілліча (Каспійське море) на штучно створеному острівці обертальним способом була пробурена перша морська свердловина, що дала нафту з глибини 461 м. У 1934 р. М.С. Тимофєєвим у Каспійському морі на о-ві Артема здійснено кущове буріння.

Абсолютна більшість держав, що мають вихід у море, ведуть розвідку і розробку морських родовищ. На сьогодні у світі налічують понад 100 шельфових нафтогазових басейнів. Щороку на морі пробурюють понад 4000 свердловин.

Основними районами світового видобутку нафти і газу є Мексиканська затока, Північне море, Персидська затока. У нафтопромислових районах СРСР був накопичений великий досвід освоєння і розробки морських родовищ Каспійського моря («Нафтові Камені»).

Україна є морською державою, що омивається на півдні Азовським і Чорним морями, в акваторіях яких у 1980–1990-х роках виявлені значні поклади нафти і газу. Результати геологорозвідувальних робіт на шельфі Чорного і Азовського морів дають упевненість в тому, що ці райони в майбутньому будуть основними з видобутку нафти і газу. В них зосереджено 60 % розвіданих запасів нафти і газу в Україні.

Згідно з геологічною оцінкою, запаси нафти і газу у Світовому океані не нижчі, ніж на суші. Загальна площа морського дна, перспективна для пошуків нафти і газу, становить близько 30 млн км², що прирівнюється до площі нафтових і газових родовищ на суші.

Організація морського нафтогазопромислу істотно відрізняється від подібних промислових об'єктів на суші.

Морський видобуток нафти і газу потребує створення у суворих морських гідрометеорологічних умовах спеціальних гідротехнічних споруд, нових плавучих технічних засобів (краномонтажних кораблів, трубопрокладних барж) і плавучих бурових установок на платформах.

Вибір гідротехнічних споруд для розробки морських родовищ залежить від глибини морів і віддаленості родовищ від берега. На мілководді для розбурювання і розробки родовищ використовують дамби.

У разі віддаленості родовища від берега застосовують морські бурові платформи (рис. 6.10). Головною спорудою є естакада — металевий місток, зібраний з мостових ферм, установлених на металевих трубчастих палях, які забивають у морське дно. На надводній частині естакади розміщують майданчик, на якому монтують бурову вишку і устаткування для буріння свердловин. Після закінчення буріння на майданчику встановлюють устаткування для видобутку нафти. Майданчик з'єднують з берегом нафтопроводом та лінією електропередач.

З виходом на морські родовища, значно віддалені від берега, виникла необхідність індустріалізації спорудження платформ для морського нафтовидобування.

За індустріального методу спорудження окремі елементи платформи споруджують на суші у заводських умовах, а потім на спеціальних морських кораблях вивозять у море, де збирають у платформу (рис. 6.10).

Світова практика використання морських стаціонарних платформ дала змогу розробляти морські родовища у

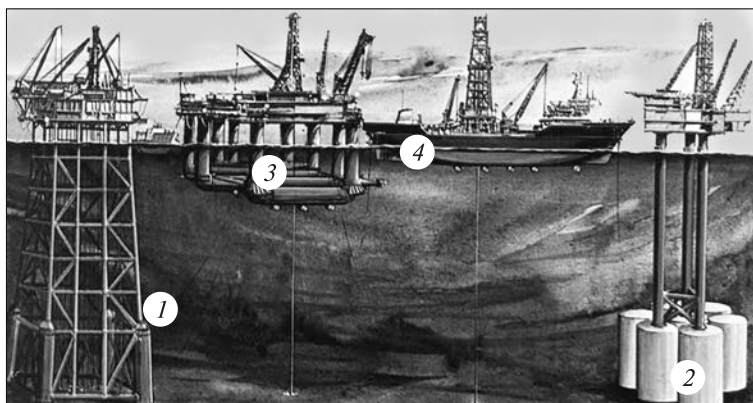


Рис. 6.10. Морські бурові платформи: 1 — стаціонарна; 2 — занурена; 3 — плавуча; 4 — бурильне судно

Північному і Охотському морях, на Балтиці, Каспії. У США у 1990-х роках в Мексиканській затоці була встановлена рекордна платформа на глибині 411 м. Її загальна маса 78 тис. т.

У морських районах з великими глибинами і частими штормами, застосовують напівзаглибні платформи. Їх буксирують до місця буріння як великі баржі. На місці буріння свердловини платформу піднімають над поверхнею моря з таким розрахунком, щоб її не накрило водою у разі штормів. Із закінченням бурових робіт така платформа може бути перевезена в інший район.

У 1980-х роках було здійснено транспортування найвищої в світі бурової і добувної платформи на місце установки в Мексиканській затоці.

Для забезпечення морських нафтових промислів проектують і будують судна (рис. 6.10). Судно «Траншельф» було побудовано ще в 1987 р. у фінському місті Турку для транспортування морських бурових самопідйомних установок. Довжина судна 173 м, ширина — 40 м. Палуба площею 5100 м² занурюється під воду на 9 м.

Глибоке буріння у США виконували зі спеціалізованого бурового судна «Челленджер», у Росії — з бурового судна «Віктор Муравленко».

6.8. Транспортування нафти і газу

Перед тим як подати нафту і газ у магістральні газонафтопроводи, потрібно зібрати та підготувати нафту і газ для транспортування від газонафтопромислів до споживачів.

На всіх нових нафтових промислах використовують централізовану схему збору і підготовки нафти до транспортування (рис. 6.11). За цією схемою нафту збирають від групи свердловин. Від кожної свердловини по індивідуальних трубопроводах нафта разом з газом і пластовою водою надходить на автоматизовані вимірювальні установки (АВУ). На АВУ проводять облік кількості нафти, що надходить від свердловин, і частково відділяють від неї пластову воду, нафтовий газ і механічні домішки. Виділений газ спрямовують газопроводами на газопереробні заводи (ГПЗ).

Частково очищена нафта надходить у збірний колектор і далі на центральний пункт збору (ЦПЗ). Переважно на одному нафтовому родовищі влаштовують один ЦПЗ. Однак якщо розробляється декілька родовищ, то на одному з великих родовищ влаштовують ЦПЗ, а на інших споруджують комплексні пункти збору (КПЗ), де частково здійснюють обробку нафти.

На ЦПЗ зосереджені установки з підготовки нафти до транспортування — установки з комплексної підготовки нафти (УКПН). Тут здійснюють зневоднення, знесолювання і дегазацію нафти. Після очищення, підготовки і кінцевого контролю нафта надходить у резервуари товарної нафти, потім — на головну насосну станцію магістрального

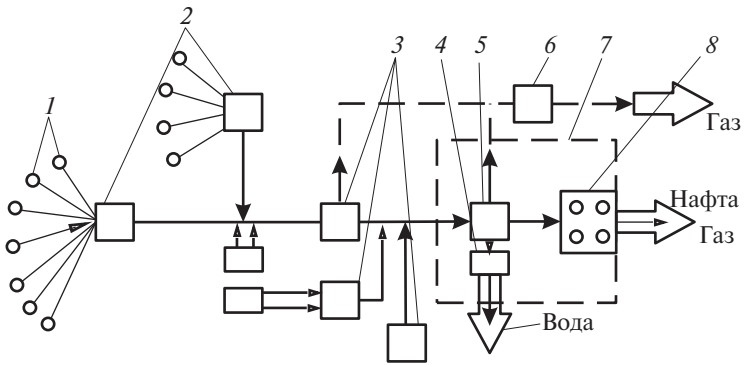


Рис. 6.11. Схема збору та підготовки продукції свердловин на нафтовому промислі: 1 — нафтові свердловини; 2 — автоматизовані вимірювальні установки; 3 — дожимні насосні станції; 4 — установка очищення пластової води; 5 — установка підготовки нафти; 6 — газокompресорна станція; 7 — центральний пункт збору нафти, газу і води; 8 — резервуарний парк

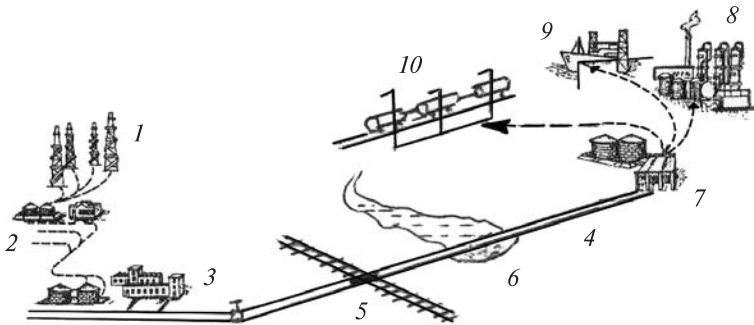


Рис. 6.12. Схема транспортування нафти магістральним нафтопроводом: 1 — нафтопромисел; 2 — нафтогазозбірний пункт; 3 — головні споруди; 4 — лінійна частина нафтопроводу; 5, 6 — переходи через залізницю, річку; 7 — кінцевий розподільний пункт; 8 — нафтопереробний завод; 9 — порт; 10 — залізниця



Рис. 6.13. Танкер біля нафтової свердловини у відкритому морі



Рис. 6.14. Загальний вигляд нафтопереробного заводу

нафтопроводу, яким нафту транспортують від нафтопромислу до нафтопереробного заводу (рис. 6.12).

На морських нафтопромислах нафта, піднята на поверхню, надходить у танкери, що стоять біля морської нафтової свердловини у відкритому морі або океані (рис. 6.13).

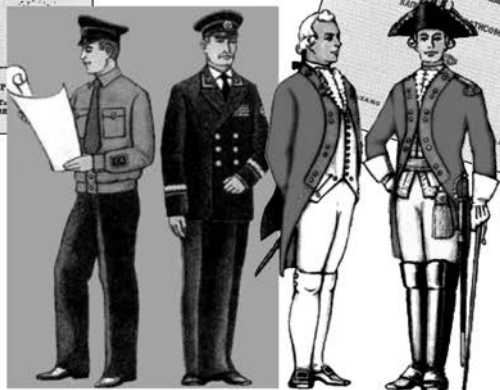
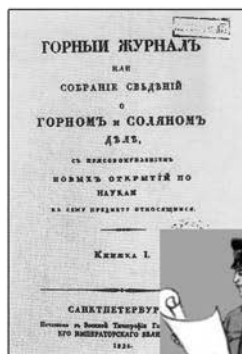
Магістральними нафтопроводами, залізничним транспортом або танкерами нафту доставляють на нафтохімічні комплекси або нафтопереробні заводи (рис. 6.14).

На газопромислах кожен газову свердловину з'єднують з газозбірними колекторами за допомогою газопроводів — шлейфів. На родовищах з підвищеним вмістом сірководню перед входженням до магістрального газопроводу газ очищують від сірководню, після чого він надходить на головну компресорну станцію магістрального газопроводу для подальшого транспортування.

Магістральними газопровадами газ надходить на газорозподільні пункти. На газі працюють електростанції, металургійні заводи та інші об'єкти народного господарства.

РОЗДІЛ
7

РОЗВИТОК ГІРНИЧОЇ НАУКИ, ОСВІТА І КУЛЬТУРА





Гірнича справа безпосередньо пов'язана з гірничою наукою. Зважаючи на закони і результати досліджень гірники добувають з надр вугілля, руди чорних і кольорових металів, нафту і газ, гірничо-хімічну сировину, благородні метали, різні будівельні матеріали. Завдяки науковим дослідженням визначено види, властивості корисних копалин, способи їх видобутку і методи комплексного використання надр, виявлено процеси, що відбуваються в глибині Землі.

Роль гірничої науки в сучасних умовах розвитку гірничодобувної промисловості величезна. На засадах наукових розробок і обґрунтувань основних напрямів і методів гірничої справи застосовують технології (автоматизацію, комп'ютеризацію тощо) з метою комплексного вилучення всіх компонентів корисних копалин і збереження при цьому природного середовища.

7.1. Корифеї гірничої науки

Гірнича наука володіє системою знань про закономірності і методи освоєння та збереження надр Землі. Гірнича наука, як і гір-



Академік В.І. Вернадський
(1863–1945)

нича справа в цілому, має свою історію. Ще академік В.І. Вернадський відзначав, що кожне покоління наукових дослідників шукає і знаходить в історії науки віддзеркалення наукових течій свого часу. Питання розвитку гірничої науки, її історії висвітлені в публікаціях відомих учених А.О. Зворикіна, Є.М. Фаєрмана, М.В. Мельникова, В.В. Ржевського, В.Ж. Аренса та ін.

Професор В.Ж. Аренс у праці «Пути развития горного дела и горной науки» (2005) зробив

спробу прослідити еволюцію основних наукових проблем, які розв'язала гірнична наука в ході історичного розвитку суспільства. Він запропонував періодизацію історії розвитку гірничої науки (табл. 7.1).

В.Ж. Аренс розглядає гірничу науку у зв'язку з історичними епохами і ділить її історію на три періоди: давній, новий і новітній. Давній період охоплює докапіталістичну формацію, коли теоретичні уявлення у галузі гірничої науки розвивалися повільно. Цей період поділений на три етапи і пов'язаний з такими епохами:

- I — неоліт, бронзовий і залізний віки;
- II — розквіт рабовласницьких держав;
- III — Відродження, Середні віки.

З появою в неоліті, бронзовому і залізному віках кременедобувних, мідних, олов'яних і залізних розробок уже намічалися перші уявлення і знання про надра, способи пошуку і видобутку корисних копалин, що зайняли найважливіше місце у сумі знань первісної людини.

В епоху розвитку рабовласницьких держав робилися спроби створення об'єктивних уявлень про будову Землі,

Таблиця 7.1. Періодизація історії розвитку гірничої науки

Історична епоха	Етап	Основні питання
<i>Давній період</i>		
Найдавніша, охоплює усі докапіталістичні формації	<p>1. Донаукові уявлення</p> <p>2. Перші спроби наукового узагальнення та систематизації гірничих знань на основі практики гірничої справи</p> <p>3. Подальший емпіричний розвиток гірничих знань; вдосконалення самостійної галузі наукових знань — «гірничого мистецтва» (гірничої науки)</p>	<p>Накопичення емпіричних уявлень і знань</p> <p>Натурфілософське пояснення будови і походження надр; накопичення відомостей про методи пошуку та видобутку корисних копалин; опис засобів і способів їх розробки</p> <p>Використання знань математики, фізики, механіки для удосконалення способів і техніки використання надр; усвідомлення поглядів на предмет гірничої науки, її завдання, перші теоретичні і практичні обґрунтування</p>
<i>Новий період</i>		
Становлення капіталізму, соціальної системи господарства	4. Активізація досліджень у галузі «гірничого мистецтва», що характеризується широким колом комплексного вивчення процесів і явищ гірничого виробництва, глибоким теоретичним підходом і застосуванням нових пізнавальних засобів; утвердження гірничої науки у системі наук про Землю; початок диференціації гірничих наукових знань	Посилення зв'язку з іншими науковими дисциплінами, особливо з фундаментальними (математика, фізика, хімія); пошук нових і вдосконалення старих методів інтенсивного використання надр з метою перспективного забезпечення зростаючої промисловості мінеральною сировиною

Закінчення табл. 7.1

Історична епоха	Етап	Основні питання
<i>Новітній період</i>		
Розвиток глобалізації, що супроводжується розвитком науково-технічної революції	5. Диференціація гірничої науки; виникнення нових галузей і підрозділів на підставі її інтеграції із суміжними галузями науки і техніки	Пошук і наукове обґрунтування методів раціонального і комплексного використання надр; забезпечення комфортних умов праці і оптимального стану природного середовища

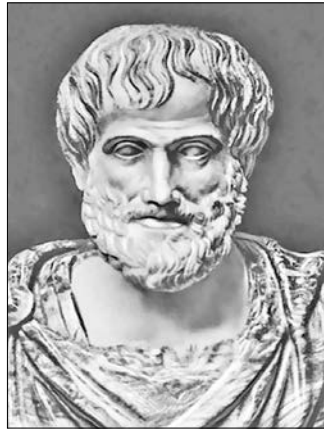
її поверхню і надра. У працях старогрецького філософа Аристотеля та його учня Теофраста, що написав книгу «О камнях», були елементи гірничо-геологічних знань.

За 300 років до н. е. на підставі накопиченого матеріалу про методи проведення гірничих робіт були описані гірничі знаряддя і механізми. Перші відомості про гірничі роботи викладені у працях філософів античного часу. Страбон уперше описав технічні способи гірничої справи.

З'являються перші великі описи і систематизація мінералів, що дійшли до наших днів, наприклад «Естественная история ископаемых тел» Кая Плінія Старшого. Верувій описав будову будівельних та гірничодобувних машин. Страбон і Пліній визначили властивості нафти і дали рекомендації щодо її застосування.

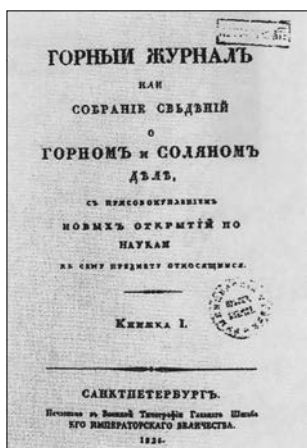
В епоху Відродження, що охоплює Середні віки, гірничу науку виділяється у самостійну галузь людських знань у межах «гірничої справи». З'являються праці, де не лише описано і узагальнено досвід ведення гірничої справи, а й визначено завдання з освоєння багатств надр Землі. У 1503 р. бургомістр

Фрайберга (Німеччина) Ульріх фон Кольбе видав настанову для гірників «Полезная горная книжица». У XVI ст. відомий вже читачеві Г. Агрікола називає гірничі знання «гірничим мистецтвом». У праці «Двенадцать книг о горном деле и металлургии» (1556) він описав систему способів і методи розвідки, видобутку і переробки корисних копалин. Г. Агрікола зазначав, що гірнича справа є надзвичайно обширною, надзвичайно корисною і потрібною справою для людського роду.



Давньогрецький філософ Арістотель (384—322 рр. до н. е.)

Особливо значним є внесок у розвиток гірничої науки великого російського вченого М.В. Ломоносова. Глибокі і новаторські погляди з теоретичних та практичних обґрунтувань наукових положень у гірничій справі викладені у його монографіях «Слово о рождении металлов от трясения Земли» (1757), «Первые основания металлургии и рудных дел» (1759), «О слоях земных» (1750). У своїх працях М.В. Ломоносов дає об'єктивну оцінку будови надр, ставить проблему необхідності вивчення природних умов утворення і залягання руд, визначення способів подальшої їх розробки. У праці «Диссертация о рождении и природе селитры» (1749) М.В. Ломоносов заклав основи фізики вибуху. Вчений показав, що вибухова сила пороху залежить від кількості теплоти, що виділяється, і, найголовніше, від швидкості реакції. Таким чином, він уперше встановив поняття й значення основних параметрів, що характеризують вибухове перетворення. У 1751 р. М.В. Ломоносов зробив відкриття фундаментального характеру — за дії азотної кислоти на «жирні матеріали» можуть утворюватися потужні вибухові речови-



Обкладинка першого «Горного журналу» (1825)

ни. У праці «Первые основания горной науки» (1742) він визначив суть гірничої науки — це «наука, которая учит минералы знать, приискивать и приводить в такое состояние, чтобы они в обществе человеческого угодны были».

У зазначений період розвитку гірничої науки з'являються й інші роботи, в яких узагальнено теоретичний і практичний досвід гірничої справи: І.А. Шлатера «Обстоятельное наставление рудному делу» (1761), О.С. Ярцева «Российская горная история» (1807), І.Ф. Германа «Исторические начертания горного производства

в Российской империи» (1810). У розвитку гірничої науки значну роль відіграло видання в Санкт-Петербурзі вченим комітетом Корпусу гірничих інженерів «Горного журналу».

Наприкінці XVIII ст. були відкриті нові закони фізики, механіки, створені нові аналітичні методи в математиці. Весь науковий арсенал сприяв удосконаленню гірничої справи.

XIX і початок XX ст. — період подальшого розвитку капіталістичного способу виробництва, який дав поштовх розвитку гірничої справи і гірничої науки. У цей період зросла потреба суспільства в корисних копалинах. Виникла необхідність створення принципово нових, інтенсивніших методів їх освоєння і використання.

У гірничій науці окремі дисципліни виділилися в самостійні наукові дослідження, на чолі яких стояли наукові корифеї. Гірничу науку розвивалася в багатьох країнах світу, але успішне її становлення у зазначений період відбувалося в Росії. Нижче наведено основні фундаментальні роботи, виконані в XIX і на початку XX ст. в Росії у різних галузях гірничої науки (табл. 7.2).

У цей період були розроблені геотехнологічні методи розробки корисних копалин. Д.І. Менделєєв висунув ідею підземної газифікації вугілля. Йому належить розробка основ вчення про нафту. Вчений уперше звернув увагу на те, що нафта є найважливішим джерелом хімічної сировини, а не лише паливом; він присвятив низку робіт походженню і раціональній переробці нафти. Це Д.І. Менделєєву належить відомий вислів: «**Нефть — не топливо, топить можно и**

Таблиця 7.2. Основні фундаментальні роботи з гірничої справи, виконані в XIX—XX ст.

Галузь	Рік	Автор
Розкриття і система розробки твердих корисних копалин	1843	О.І. Узатіс
	1880	Г.Я. Дорошенко
	1906, 1915	О.М. Терпигорєв
	1914	Б.І. Бокій
Буріння	1866	Г.Д. Романовський
Гірнича механіка	1899	І.А. Тіме
Гірський тиск і зсув гірських порід	1912	М.М. Протод'яконов
Наукові основи безпеки робіт у шахтах	1901	О.О. Скочинський
Гідромеханізація	1836	П.П. Мельников
	1891	М.О. Шостак
	1891	І.А. Тіме
Підземна газифікація вугілля	1888	Д.І. Менделєєв
Видобуток нафти	1853	В.Г. Абах
	1908	М.І. Андрусов
	1911	В.М. Вебер
	1916	І.М. Губкін



Д.І. Менделєєв (1834–1907)

ассигнациями» (вважаючи, що целюлоза асигнацій — поновлюване і менш коштовне джерело сировини, ніж нафта).

У 1843 р. вийшла друком капітальна наукова праця «Курс горного искусства» О.І. Узатіса, де розглянуто багато дисциплін гірничої науки. Ця праця була настільною книгою російських гірників і нафтовиків до виходу з друку у 1880 р. не менш зна-

менитої роботи російського професора Т.Я. Дорошенка «Справочная книга для горных инженеров и техников».

У 1891 р. Г. Фріш запропонував спосіб підземної виплавки сірки. Широко почали застосовувати підземне розчинення солей.

Після 1917 р. в Росії гірнича справа і гірнича наука були спрямовані на розвиток і освоєння мінерально-сировинної бази країни. Створювалися наукові і навчальні центри, в яких зосереджувалися дослідження в галузі гірничої науки — Московська Гірнича Академія (1918), гірничі інститути в Харкові (1922), Кривому Розі (1922), Механобр (Петроград, 1920), а також гірничі факультети у політехнічних інститутах Тбілісі, Баку, Ташкента, Владивостока.

У 1920-х роках роботи учених СРСР були спрямовані на створення наукових основ проектування гірничодобувних підприємств. Були узагальнені і встановлені закономірності в основних технологічних процесах гірничого виробництва, досліджені проблеми безпеки під час розробки родовищ.

Представниками цього напрямку були видатні вчені — гірники і нафтовики: Б.І. Бокій, М.М. Протод'яконов, О.М. Терпигорєв, Л.Д. Шевяков, О.О. Скочинський, І.М. Губкін, І.М. Глушков, К.П. Каліцький, Д.В. Голуб'ятніков, В.Г. Шухов та ін.

У передвоєнні роки проводили дослідження фізико-механічних властивостей корисних копалин і вмісних порід для вдосконалення процесів їх різання та руйнування. Формувалися наукові основи гірничої механіки (О.П. Герман, М.М. Федоров, О.С. Іллічов та ін.), гірничої геометрії і маркшейдерської справи (П.К. Соболевський, В.І. Бауман, П.М. Леонтовський, І.М. Бахурін та ін.).

У роки Великої Вітчизняної війни (1941—1945) гірничою наукою були вирішені питання раціонального і прискореного введення в експлуатацію нових родовищ корисних копалин у східних районах країни, реконструкції підприємств і впровадження на діючих шахтах і кар'єрах прогресивних способів розробки, що дало змогу створити значну мінерально-сировинну базу.

У дослідженнях післявоєнного періоду важливими були проблеми відновлення зруйнованих гірничих підприємств, зокрема Донецького і Підмосковного вугільних басейнів, Криворізького залізорудного басейну.

Були створені механізовані комплекси для видобувних і транспортних робіт. Ця заслуга належить відомим ученим Є.Ф. Шешку, М.В. Мельникову, О.В. Топчієву та ін.

Науково-технічна революція зумовила різке збільшення потреб народного господарства в корисних копалинах. Вона поставила перед людством нові проблеми: охорона навколишнього середовища і комплексне використання земних надр. Академік АН СРСР М.В. Мельников визначив гірничу науку як таку, що вивчає регіональне і комплексне використання земних надр.

У табл. 7.3 представлено основні наукові напрями і результати досліджень у другій половині ХХ ст. у гірничодобувній і нафтогазовій галузях.

Гірнична наука, що розвивалася в СРСР, займала одне з провідних місць у світі. Вона створювалася в інститутах АН СРСР і академії наук союзних республік, науково-дослідних інститутах (НДІ) і вищих навчальних закладах.

Таблиця 7.3. Гірнична наука у другій половині ХХ століття

Основні результати	Автори
<i>Гірничодобувна промисловість</i>	
Розроблено і впроваджено метод еквівалентних матеріалів для моделювання і дослідження напруженого стану гірських порід, їх деформацій і зсувів під впливом гірничих робіт	Г.І. Кузнецов
На основі теорії граничного стану та ймовірнісно-статистичних методів обґрунтовано інженерні експериментально-аналітичні методи розрахунків кріплень гірничих виробок і зсуву порід. Виявлено закономірності взаємодії кріплень з бічними породами, стійкості виробок, що необхідно для вибору надійних конструкцій кріплень	П.І. Цимбаревич, В.Д. Слесарєв та ін.
Встановлено деякі теоретичні закономірності гірських ударів і раптових викидів вугілля і газу	І.М. Петухов, С.Г. Авершін, Л.М. Биков, В.В. Холот та ін.
Запропоновано і впроваджено: ефективні системи розробки потужних крутих вугільних пластів; засоби комплексної механізації очисного виймання у різних гірничо-геологічних умовах; комплекси з індивідуальним металевим кріпленням і механізовані комплекси, що включають вузькозахватні виймальні машини; гідрофіковані кріплення, пересувні конвеєри та інше устаткування для кріплення гірничих виробок	М.А. Чинакал, Т.Ф. Горбачов, О.В. Доукін, В.М. Хорін, В.Г. Яцких та ін.
Запропоновано засоби комплексної механізації і кріплення гірничих виробок і прохідницькі комплекси	М.М. Покровський, Я.Б. Кальницький та ін.
Розроблено методи розрахунку параметрів виконавчих органів очисних і прохідницьких машин	Л.Й. Барон та ін.
Створено наукові засади експлуатації рудних родовищ — систем розробок, схем розкриття, технологічних процесів, засобів механізації	М.І. Трушков, М.А. Старіков, М.І. Агошков, Т.М. Малахов та ін.

Основні результати	Автори
Розроблено технологічні схеми проведення очисних робіт й типові моделі вугільних шахт	А.С. Кузьміч, М.І. Устінов та ін.
Створено схематичні методи розрахунку вентиляційних систем провітрювання шахт	О.О. Скочинський, В.М. Воронін, В.Б. Комаров, А.Ф. Абрамов та ін.
Запропоновано інженерні способи осушення родовищ, заморожування обводнених гірських порід, спеціальні способи проходки виробок і агрегати для проходки стовбурів шахт з поверхні	Г.І. Маньковський, Н.Г. Трупак та ін.
Створено основи підземного гідравлічного видобутку вугілля: інженерні розрахунки руйнування пластів вугілля моніторними струменями, гідравлічне транспортування вугілля і його гідропіднімання з великих глибин	В.С. Мучник, Г.П. Ніконов та ін.
Проведено фізико-технічні дослідження порід як об'єктів дії під час гірничих розробок, що стало одним з найважливіших напрямів гірничої науки	Л.Й. Барон, В.В. Ржевський, М.М. Протод'яконов, А.Ф. Булат та ін.
Розроблено основи теорії руйнування гірських порід вибухом та інженерні методи розрахунку зарядів вибухових речовин, що визначають міру подрібнення гірської маси	М.О. Садовський, М.В. Мельников, Г.П. Демидюк, Г.Й. Покровський, А.Ф. Суханов, О.М. Ханукаєв, В.М. Мосинець, О.О. Вовк, Ф.І. Кучерявий, М.Ф. Друкований, Б.М. Кутузов, Е.І. Єфремов, В.М. Глоба та ін.
Науково обґрунтовано технологію і комплексну механізацію розкривних і видобувних робіт відкритого способу розробки	М.В. Мельников, В.В. Ржевський, Б.П. Боголюбов та ін.

Основні результати	Автори
Розроблено основи геомеханіки і флюїдомеханіки, в тому числі з урахуванням блокової будови середовища	М.О. Садовський, М.В. Курленя, В.М. Родіонов, В.А. Даниленко, В.М. Ніколаєвський
Розроблено основи геотехнології. Запропоновано способи видобутку, що ґрунтуються на переведенні твердих корисних копалин у рухливий стан безпосередньо на місці їх залягання	О.І. Кириченко, В.Ж. Аренс та ін.
<i>Нафтогазова промисловість</i>	
Проведено комплекс досліджень у сфері буріння на нафту і газ з метою створення високоефективної техніки і технології:	
створено і досліджено в промислових умовах редукторний турбобур;	М.А. Капельошников та ін.
створено і широко впроваджено безредукторні турбобури;	Е.І. Тагієв
створено турбінні бури для проходки свердловин великого діаметра;	Г.І. Булах
широко застосовано кущове буріння, що дало змогу забезпечити прискорений розвиток видобутку нафти і газу в морських акваторіях і заболочених районах Західного Сибіру;	Ф.С. Попович, С.А. Оруджев, В.І. Муравленко та ін.
створено високопродуктивні бурові долота з надтвердого сплаву; розроблено, досліджено та широко впроваджено в практику бурильні труби з алюмінієвого сплаву, що дало змогу істотно підвищити швидкість буріння;	В.Ф. Штамбург та ін.
проведено великий обсяг робіт з теоретичного і експериментального дослідження гідродинаміки в бурінні і вивчення механізму виникнення ускладнень у свердловинах в процесі буріння	Б.С. Філатов, А.Х. Мірзаджанзаде, Р.І. Шищенко, П.І. Огородников, В.Г. Ясов, М.А. Мислюк та ін.

Основні результати	Автори
<p>Проведено широкий комплекс досліджень у сфері розробки нафтових і газових родовищ:</p> <p>створено вчення про режими нафтових покладів;</p> <p>розроблено і створено наукові засади комплексного проектування розробки нафтових і газових родовищ на суші і морському шельфі;</p> <p>розроблено ефективні методи штучного впливу на пласт нагнітанням у нього води, що дає змогу підвищити повноту і темпи відбору нафти з надр і передбачити застосування різних систем заводнювання: законтурного, внутрішньоконтурного, площадкового, вибірково-осередкового;</p> <p>розроблено комплексні техніко-технологічні рішення, що забезпечили прискорений розвиток видобутку нафти в Томській обл. (Росія);</p> <p>розроблено і досліджено нові методи підвищення нафтовіддачі і газоконденсатовіддачі пластів: теплова дія на пласт, закачування гарячої води або пари, заводнення;</p> <p>для підйому нафти з високодебітних глибоких свердловин впроваджено глибинні штангові і заглибні електронасоси, що дає змогу здійснювати форсований відбір великих об'ємів рідини з глибин до 3 500 м;</p> <p>розроблено теорію гідравлічного розриву пласта;</p>	<p>Комісія академіка І.М. Губкіна</p> <p>О.П. Крилов, М.М. Глоговський, М.М. Ніколаєвський, М.К. Байбаков, Ф.А. Требін, Ю.П. Коротаєв, В.С. Бойко, Ю.О. Зарубін, Р.С. Яремійчук та ін.</p> <p>О.П. Крилов, Ю.П. Борисов, М.Л. Сургучов, М.М. Іванова, Г.Г. Вахітов, Р.Ш. Мінгарєєв та ін.</p> <p>С.А. Оруджев, В.І. Муравленко, В.Ю. Філаковський та ін.</p> <p>О.Б. Шейнман, Е.Б. Чекалюк, Ю.П. Желтов, Р.М. Кондрат, І.М. Фик та ін.</p> <p>О.О. Богданов, Л.Г. Чігеров</p> <p>С.О. Хрiстiанович, Ю.П. Желтов та ін.</p>

Закінчення табл. 7.3

Основні результати	Автори
створено методи обробки привибійної зони свердловин, що забезпечують значне збільшення дебітів нафтогазовидобувних свердловин	С.А. Жданов, Ю.І. Горбачов, В.І. Кудінов, Б.М. Сучков, Ю.А. Балакіров, А.В. Михалюк, В.М. Світлицький, В.П. Нагорний, Д.О. Єгер, Ю.Д. Качмар, А.О. Попов та ін.
Впроваджено сучасні методи захисту свердловин від корозії і сульфідного розтріскування, створено стійкі до агресивних середовищ обсадні і насосно-компресорні труби, що дало змогу в найкоротші терміни освоїти крупні сірководневмісні родовища Росії (Оренбурзьке, Уртабулацьке та ін.). Для освоєння ресурсів нафти і газу в морських акваторіях розроблено і побудовано великоблокові металеві глибоководні і залізобетонні льодостійкі основи та естакадні споруди	С.А. Оруджев, Л.А. Межлумов, Ю.А. Сафаров, А.А. Асан-Нурі, Б.О. Рагінський, Н.В. Озеров та ін.

Серед провідних наукових центрів гірничої науки можна виділити насамперед Інститут гірничої справи ім. О.О. Скочинського (1938), Всесоюзний нафтогазовий НДІ (1943), НДІ бурової техніки (1953), Інститут гірничої справи Сибірського відділення АН СРСР (1957), Інститут фізики Землі АН СРСР (1967) та ін.

З розпадом СРСР були ослаблені, а подекуди і втрачені зв'язки між науковими центрами та інститутами колишньої держави.

Проте гірнична наука в країнах СНД не втратила свого значення. Наукові дослідження проводять у межах завдань,

що стоять перед гірничим виробництвом кожної окремо взятої країни. Вже на рубежі ХХІ ст. гірнична наука охоплювала фундаментальні розділи фізики, механіки, хімії, використовувала комп'ютерні технології і сучасну обчислювальну техніку.

У ХХІ ст. гірнична наука має розв'язувати важливі проблеми, що стосуються розробки вугільних і рудних родовищ на великих глибинах у складних гірничотехнічних умовах, залучення до розробки родовищ кольорових і дорогоцінних металів з низьким вмістом корисних компонентів, розробки бітумних сланців та інших видів альтернативної енергетичної сировини, розширення видобутку нафти і газу у важкодоступних північних регіонах, на морському шельфі і глибоководних районах Світового океану.

7.2. Гірнична освіта

Гірнична освіта — це система професійної підготовки фахівців гірничодобувної промисловості (вугільної, рудної, гірничо-хімічної сировини, нерудних будівельних матеріалів, нафтової і газової): інженерів, техніків, кваліфікованих робітників.

Перші навчальні заклади з гірничої справи виникли в XVI—XVII ст. У той час видобуток кам'яного вугілля і руди досяг промислових масштабів. В Європі перші вищі гірничі школи були створені у Саксонії (Фрайберг) і Чехії (Острава) у XVIII ст.

З розвитком гірничого виробництва в Росії з'являється необхідність у підготовці спеціальних кадрів. Цей процес розпочався в період царювання Петра I і пов'язаний з ім'ям В.М. Татищева.

У 1720 р. В.М. Татищев був направлений Петром I на Урал, щоб в Сибірській губернії побудувати заводи. Там В.М. Татищев зіткнувся з гострим браком майстрів гірничозаводської справи. Цю проблему він розв'язав, відкривши в 1721 р. гірничі



В.М. Татищев (1686–1750)

викладали в ній. Оскільки підручників видавали мало, він подарував школі свою дуже велику на той час бібліотеку. З ім'ям В.М. Татищева пов'язане заснування уральської столиці — Єкатеринбурга.

Новий етап в розвитку гірничої освіти стався за Катерини II у зв'язку із заснуванням у 1775 р. першого спеціалізованого вищого навчального закладу з гірничої справи.

Вище гірниче училище було побудовано в Санкт-Петербурзі всього за один рік. За часом заснування воно стало одним з перших гірничих вищих навчальних закладів у світі.

У 1899 р. було відкрито Катеринославське вище гірниче училище, нині Національний гірничий університет (Дніпропетровськ), у 1900 р. — гірничий факультет в технологічному інституті Томська, в 1916 р. — Єкатеринбурзьке вище гірниче училище, нині Уральський державний гірничий університет.

У перші роки радянської влади була заснована Московська гірнича академія (1918), гірничі інститути в Донецьку, Харкові, Кривому Рогу, гірничі факультети в політехнічних інститутах Новочеркаська, Тбілісі, Баку і Владивостока.

В СРСР гірничих інженерів навчали майже в усіх союзних республіках. Для гірничодобувної промисловості гір-

школи на Уралі. За велінням Петра I першу гірничу школу було відкрито у Нев'янівці, пізніше — в Кунгурі та в Уктусі. В.М. Татищева по праву вважають організатором гірничої освіти. Росія того часу не мала вищих і середніх навчальних їзакладів.

У подальшому В.М. Татищев перевів гірничу школу з Уктуса до Єкатеринбурга, розширивши коло тем і дисциплін, що

ничих інженерів готували: гірничі інститути — Московський, Дніпропетровський ім. Артема, Ленінградський ім. Г.В. Плеханова, Свердловський ім. В.В. Вахрушева; гірничо-металургійні інститути — Комунарський (Луганська обл.), Магнітогорський ім. Г.І. Носова, Північнокавказький (Орджонікідзе); Криворізький гірничорудний; крім того, Сибірський металургійний ім. Серго Орджонікідзе (Новокузнецьк), Красноярський інститут кольорових металів, Московський геологорозвідувальний інститут, Якутський університет та Університет дружби народів ім. Патріса Лумумби в Москві.

Гірничих інженерів-нафтовиків готували інститути: Грозненський і Уфимський нафтові, Московський нафтохімічної і газової промисловості ім. акад. І.М. Губкіна, Азербайджанський нафти та хімії ім. А. Азізбекова, Івано-Франківський інститут нафти і газу. Підготовку гірничих інженерів проводили також 20 політехнічних інститутів країни. У багатьох промислових центрах створювали гірничі технікуми. В інститутах організували нові гірничі спеціальності, з'явився універсальний профіль гірничого інженера з галузей гірничодобувної промисловості.

Нині вища гірнича освіта не втратила свого значення. Це пов'язане з подальшим розширенням паливно-енергетичного комплексу, збільшенням видобутку вугілля, урану, руд, нафти і газу, з комплексним освоєнням надр Землі та з екологією гірничого виробництва.

На цей час вища гірнича освіта включає такі спеціальності: маркшейдерська справа; технологія і комплексна механізація підземної розробки родовищ корисних копалин; технологія і комплексна механізація розробки торф'яних родовищ; збагачення корисних копалин; будівництво підземних споруд і шахт; технологія і комплексна механізація відкритої розробки родовищ корисних копалин; розробка нафтових і газових родовищ, буріння нафтових і газових свердловин; спорудження, проектування і експлуатація газонафтопроводів, газосховищ і нафтобаз; гірничі машини

та комплекси; машини і устаткування нафтових і газових промислів; електрифікація і автоматизація гірничих робіт; економіка і організація гірничої, нафтової і газової промисловостей; торф'яні машини і комплекси; фізичні процеси гірничого виробництва.

У системі сучасної гірничої освіти передбачено вивчення точних, механічних, електротехнічних, геологічних і власне гірничих (технологічних) наук. Учбові плани гірничих спеціальностей включають 3 цикли дисциплін: загальнонаукові, загальноінженерні та спеціальні. Спеціальні профілюючі дисципліни, що формують майбутнього фахівця у певній галузі гірничої промисловості, такі: геодезія, маркшейдерська справа і геометрія надр (для гірничого інженера-маркшейдера); розрахунок, конструкція і експлуатація гірничих машин і комплексів (для інженера-механіка); електрифікація і автоматизація гірничих робіт (для інженера-електрика); технологія і механізація гірничих робіт, спорудження гірничих виробок, електрифікація, механізація і автоматизація відповідних виробничих процесів (для інженера з розробки корисних копалин) та ін.

Підготовку гірничих техніків проводять переважно з тих самих спеціальностей, що і гірничих інженерів. Середня гірнича освіта передбачає вивчення предметів загальноосвітнього (в обсязі середньої школи), загальнотехнічного і спеціального циклів. Перелік предметів загальнотехнічних і спеціальних циклів приблизно той самий, що і у вищих навчальних закладах, але вивчають їх у меншому обсязі.

Поряд з теоретичним навчанням значне місце (до 25 % учбового часу) в гірничій освіті відводять учбовій та виробничій практикам. Крім практичних занять, семінарів, виконання лабораторних робіт і курсових проектів студенти проходять 3–4 практики, протягом яких вони вивчають виробництво, працюють на робочих та інженерно-технічних посадах. Після закінчення останньої (переддипломної) практики захищають дипломний проект.

Термін навчання у гірничих вищих навчальних закладах (на факультетах) 5 років — 5 років 6 місяців, у гірничих коледжах (технікумах) (на відділеннях) — 2 роки 6 місяців — 3 роки 10 місяців. У багатьох гірничих вищих навчальних закладах і коледжах (на факультетах, відділеннях) гірничу освіту отримують також на базі вечірньої і заочної форм навчання. Кваліфікованих робітників-гірників (машиністів гірничих машин, бурильників, кріпильників, прохідників, підривників та ін.) готують у спеціалізованих технічних навчальних закладах.

Центри гірничої освіти є в багатьох країнах. Так, гірнича освіта в США представлена школами гірничої справи і металургії при Колумбійському і Міссурійському університетах, школами гірничої справи при Пенсильванському і Колорадському університетах.

В Європі підготовка фахівців гірників ведеться у Франції в гірничих школах Парижа і Сен-Ет'єна, у Великій Британії — в Королівській гірничій школі при Лондонському університеті, в Німеччині — у Фрайберзькій гірничій академії, в гірничих школах Аахена і Бахума. Вищі навчальні заклади такого профілю є в Індії, Китаї, Алжирі, Афганістані та ін.

7.3. Відображення гірничої справи в культурі

Тема цього розділу настільки багатогранна і масштабна, що про неї можна окремо писати цілі книги. Гірнича справа, як така, відображена у світовій архітектурі, живописі, уніформі, виробах майстрів фарфору, скла, металу і т. п.

Гірницька символіка — два схрещені молотки (один — кувалда, другий — кирка). Вона бере свій початок з давніх часів. Кувалда і кирка були першими гірничими знаряддями з металу, якими руду, сіль, камінь і вугілля відколювали від масиву.

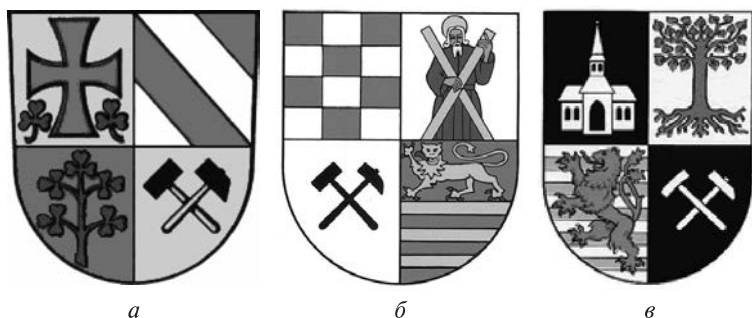


Рис. 7.1. Герби міст з символікою: *а* — Обервісенталь (Рудні гори); *б* — Андреасберг (Гарц); *в* — Гайсенкірхе (Вестфалія)

Зазначену символіку використовували у багатьох випадках: у гербах (рис. 7.1), монетах, сувенірах, у різних скульптурних і архітектурних витворах, а також в уніформі. Відомі герби міст Німеччини, де добували мідь, срібло, солі, руди.

Гірницька тематика віддзеркалена у монументальних скульптурах. До наших днів зберігся знаменитий «камінь з Лапаресу» — один із рідкісних витворів мистецтва римської епохи, що змальовує рудокопів з кайлами на плечі перед спуском у шахту.

Починаючи з XI ст. у країнах Європи формувалися великі міста — центри ремісничої діяльності гірників у Чехії, Саксонії, Франції та інших країнах. У них споруджували собори, прикрашені скульптурами і вітражами на гірницьку тематику. Покровителькою гірників вважали святу Барбару. На рис. 7.2 зображення виконано різьбленням по дереву Гансом Грієном (1485–1545).

У XIV ст. було побудовано одне з найбільш вражаючих творінь, що прославляють гірничу справу, — собор Св. Барбари у Кутна Горі (Чехія). У передмістях цього старовинного гірницького містечка за 400 років було видобуто 25 000 т срібла і 100 тис. т міді. На вході до собору стоїть велична статуя гірника (рис. 7.3).

Подібні храми будували в гірницьких містах Фрайберзі, Шнееберзі, Анаберзі (Саксонія), а також в альпійських селищах Швац, Халь і Ротенберг.

Унікальним творінням майстрів є Берголтар (Гірницький віттар) у церкві містечка Анаберг, виконаний художником Х. Хессе в 1521 р. Автор зберіг на картинах основні гірничі процеси, пов'язані з видобутком руди, виплавою металу і виготовленням виробів (рис. 7.4).

Особливий характер «гірницької церкви» підкреслений в оздобленні храму в Клаусталі, парапети якого прикрашають яскраві мінерали. Про техніку видобутку і умови праці на копальнях в середині XIV ст. дають уявлення скляні вітражі Фрайберзького собору (1340—1350, Німеччина), а також кафедра, виконана у вигляді тюльпану з фігурками гірників (Тюльпанканцлер).

Гірницька тематика в XV і XVI ст. відображена в образотворчому мистецтві.



Рис. 7.2. Свята Барбара (Г. Грієн)



Рис. 7.3. Статуя гірника при вході в собор Св. Барбари



Рис. 7.4. Загальний вигляд Гірницького вістваря (Анаберг, Німеччина)

У згаданий період художні шедеври створювали відомі майстри того часу — Е. Грассер (в Шваці), Г. Фрітше (у Фрайберзі), Ф.І. Платцер (у Празі), Х. Хессе (в Анаберзі), П. Парлерж (у Кутна Горі).

Успіхи в гірничій справі почали відзначати створенням унікальних за розмірами, красою та майстерністю ваз, келихів, сувенірів. Прикладом ювелірної роботи є Госларський гірницький кухоль (1477), виготовлений на честь початку розробки родовища Ромельсберг (Німеччина).

Видатним витвором німецького мистецтва є Раппольтстайнський кубок епохи Ренесансу золотих справ майстра Р. Гобенхаупта, виготовлений ним у 1530 р. зі срібла родовища Маркірхе. У Франції у зв'язку з розробкою соляних родовищ у Салені виготовлений гобелен «Святий Анатоль».

Рис. 7.5. Сувенірна композиція на гірницьку тематику (XVIII ст.)



Розвиток гірничої справи в XVII—XVIII ст. також відображений у культурній творчості. На пам'ятних медалях, що випускали на честь закладання шахти або відкриття копальні, відтворювали водяні колеса, насоси, гірничий інструмент і т. п. Зразки гірських порід і мінералів все частіше використовували для створення так званих гірницьких мініатюр. Мініатюри були втіленням традиційних уявлень про шахту або копальню. Прикладом такого втілення гірничої справи у мистецтво є композиція, виконана з кристалів і мінералів, срібла і кольорових металів (рис. 7.5).

У мистецтві малих форм прослідковується вплив гірничої справи на порцелянову продукцію. Провідні мануфактури Німеччини (Майсенська, Берлінська та ін.) присвятили гірникам цілу серію фарфорових сувенірів (рис. 7.6).

Мотиви, пов'язані з гірничою справою у XVIII ст., з'являються в продукції складувів. Саксонські, бранденбурзькі, чеські і брауншвейзькі мануфактури почали випускати чаші, келихи із зображенням копалень, засобів видобутку і самих гірників.

Століттями формувалися традиції гірників. Це віддзеркалилося у професійних святах, відзнаках, чинах і фасонах мундирів, винагородах, парадному одязі. Гірницька форма завжди привертала увагу своєю елегантністю і строгістю.

Свою історію має форма гірничих інженерів Росії. Подібно до деяких європейських країн, у дореволюційній Росії



Рис. 7.6. Порцелянові статуєтки гірників (Німеччина)



Рис. 7.7. Форма інженерів гірничої справи в Росії: *а* — гірничий чиновник; *б* — офіцер гірничозаводських військ; *в* — гірничий чиновник (1804 р.); *г* — солдат гірничозаводських військ (1817 р.); *д* — штабс-офіцер Корпусу гірничих інженерів (1834 р.)

гірничя служба була особливою напіввійськовою організацією. Ще в 1734 р. гірничих чиновників прирівняли до офіцерів, що давало їм права спадкового дворянства. З 1755 р. для гірничих чинів розробляли спеціальні мундири.

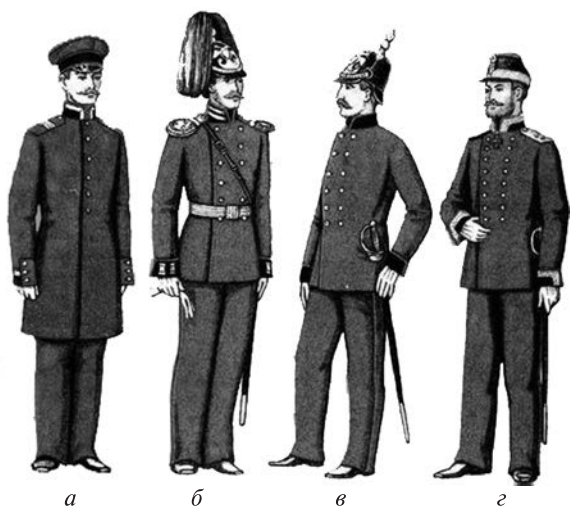


Рис. 7.8. Форма гірничих інженерів кінця XIX — початку XX ст. в Росії: *а* — студент Гірничого інституту; *б* — гірничий інженер у мундирному фракту; *в* — штейгер; *з* — гірничий інженер у парадній формі



Рис. 7.9. Гірничі форми зразка 1976 р.: *а* — міністр вугільної промисловості СРСР; *б* — гірничий інженер (старшої посадової категорії); *в* — гірничий технік (молодшої посадової категорії); *з* — почесний шахтар у парадній формі; *д* — гірничий інженер (вищої посадової категорії)

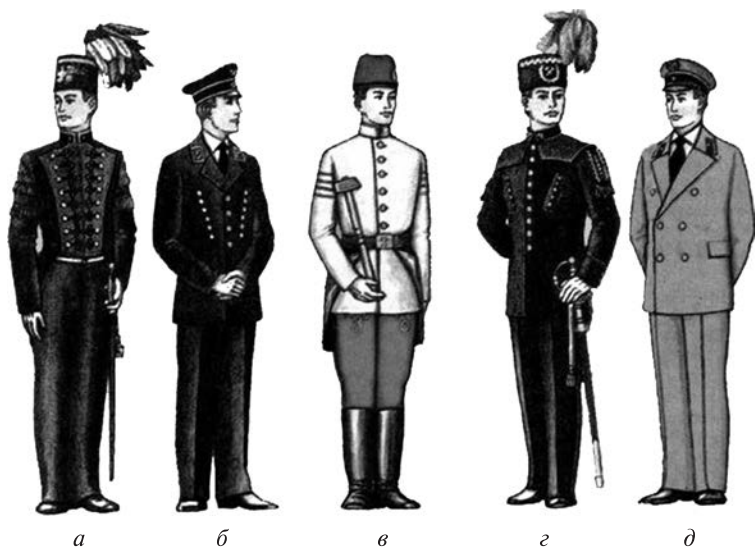


Рис. 7.10. Гірнича форма у країнах Європи: *а* — гірничий чиновник в парадній формі (Німеччина); *б* — шахтар у повсякденній формі (Німеччина); *в* — шахтар у традиційній формі (Чехія); *г* — гірничий інженер у парадній формі (Польща); *д* — гірничий технік у повсякденній формі (Польща)

У відповідному указі імператриці Єлизавети Петрівни значилося: «Горным офицерам мундир имеют: кафтан сукна красного, доброго, обшлага разрезные суконные белые, называемые шведские, воротник, камзол суконные белые, штаны суконные же красные, подбой белый». На каптані, по бортах камзола і на трикутних капелюхах мав бути золотий галун. Мундир 1755 р. проіснував близько 40 років.

У 1804 р. для гірничих інженерів вводять мундири нового зразка — із синього сукна з чорною оздобою і білими штаньми (рис. 7.7, *в*). З 1834 р. гірничі інженери, що увійшли до складу Корпусу гірничих інженерів, отримували темно-зелену форму з чорною оздобою (рис. 7.7, *д*). Після ска-

сування Корпусу гірничих інженерів у 1867 р. гірничі інженери перейшли на цивільний формений одяг: чорного, зеленого і блакитного кольорів, з носінням емблеми на гудзиках, головних уборах і петлицях.

Форма гірничих інженерів кінця XIX — початку XX ст. в Росії показана на рис 7.8.

В СРСР формений одяг для працівників вугільної і гірничорудної промисловості був введений в 1947 р. Гірнична форма зразка 1976 р. показана на рис. 7.9.

У XX ст. гірнична форма в європейських країнах також зазнавала змін і вдосконалювалася (рис. 7.10).

Гірнична тема хвилювала багатьох живописців. У своїх полотнах вони відображували працю шахтарів, нафтовиків, присвячували роботи відкриттю нових шахт і копалень. Відомі полотна майстрів про шахтарів Донбасу, Караганди, нафтовиків Сибіру, Каспію, Заполяр'я. В СРСР присвячували гірникам свої роботи О. Дейнека, М. Касаткін, К. Фіногенов, Г. Старовойтов, В. Почитаєв та багато



Рис. 7.11. Шахтарка
(М. Касаткін)



Рис. 7.12. Шахтар з Воркути
(Г. Старовойтов)

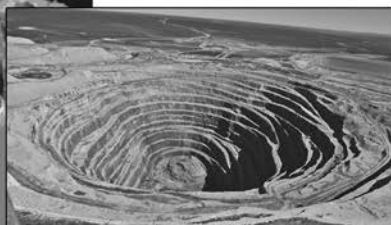
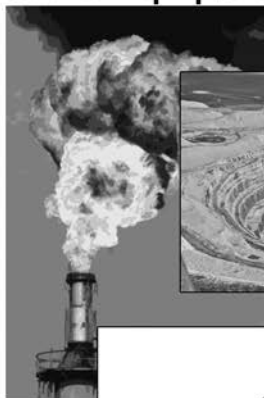
інших (рис. 7.11, 7.12). Про шахтарів писали картини знамениті художники Вінсент Ван Гог, Костянтин Менье, Віллі Зітте, Андре Плансон, Луї Тоффолі та ін.

Не обійшла ця тема і кіномистецтво. Шахтарській праці присвячені кінокартини «Велике життя», «Донецькі шахтарі», нафтовикам — «Нафтовики Каспію» та ін.

Тема «Гірнична справа в мистецтві» матиме своє ім'я і статус, оскільки гірнична справа переживе ще не одне покоління.

РОЗДІЛ
8

**ГІРНИЧА
СПРАВА
ТА ОХОРОНА
НАВКОЛИШНЬОГО
СЕРЕДОВИЩА**





Проникаючи в надра Землі з метою видобутку корисних копалин для своїх потреб, людина змінює довкілля, втручається у природні процеси, що відбуваються на земній поверхні та вглибині, прискорюючи або уповільнюючи їх, а іноді змінюючи і напрям. Гірничодобувна галузь промисловості є одним з джерел забруднення навколишнього середовища твердими, рідкими, пилогазовими відходами, призводить до зміни ландшафту, втрати родючих земель тощо.

Подальше збільшення обсягів гірничодобувної промисловості може завдати ще більшої шкоди довкіллю, якщо не робити кроків щодо її охорони. Тому необхідно впроваджувати комплексне освоєння родовищ з максимальним ефектом за мінімального впливу на довкілля.

Раніше охорона довкілля передбачала розробку і реалізацію заходів лише захисного характеру. Нині рівень розвитку виробництва потребує розширення цього поняття з включенням в нього і планового керування природними ресурсами.

Останніми роками з'явилася нова галузь гірничої науки — екологія гірничого

виробництва, яка розробляє енергетичні основи природо-користування земельними і мінеральними ресурсами під час виконання гірничих робіт.

Перед екологією гірничого виробництва стоять ще не розв'язані проблеми розробки методів охорони природи в процесі видобутку твердих корисних копалин, нафти, газу, бітумів, торфу, а також охорони морських акваторій і земної поверхні за раціонального проведення гірничих робіт; відновлення земель, розробки принципів і методів очищення промислових вод, а також наукових засад фізико-технічної і економічної оцінки заходів щодо видобутку мінеральної сировини.

8.1. Охорона довкілля за видобутку твердих корисних копалин

При видобутку різних копалин лише 10 % видобутої гірської маси є корисними для використання, інші 90 % складають відходи. В процесі видобутку руд кольорових металів ці показники ще нижчі. Крім того, щорічні викиди в атмосферу містять близько 50 млн т шкідливих речовин, у водойми скидається понад 2 млрд м³ забруднених стічних вод; на земній поверхні складається більше 8 млрд т твердих відходів. Величезні гори порожньої породи довкола вугільних шахт, терикони — звичне явище (рис. 8.1).

Для всіх способів розробки родовищ характерна дія на біосферу багатьох факторів, що впливають практично на всі її елементи: водний і повітряний басейни, ґрунти, надра, рослинний і тваринний світ (табл. 8.1).

Головне завдання гірничодобувної галузі — раціональна розробка надр з метою їх комплексного використання. Ще великими є втрати під час видобутку твердих корисних копалин — вугілля, руди, калійних і кам'яних солей.

Під землею залишається майже половина калійних солей, до 15—20 % вугілля, горючих сланців, руд чорних і кольорових металів.



Рис. 8.1. Терикони на вугільних шахтах

У процесі переробки мінеральної видобутої сировини втрачаються цінні компоненти, причому під час збагачення втрати цих компонентів у 2—5 разів перевищують втрати під час видобутку. Крім того, у чорній металургії обсяг необхідної утилізації гірських порід, що добуваються попутно, становить 32 %; обсяг відходів збагачення залізних руд — 10,2 %. У кольоровій металургії лише 3—4 % покрівельних порід йде на виробництво щебеню.

Зазначену проблему утилізації відходів під час видобутку корисних копалин частково розв'язують, застосовуючи системи розробки твердих корисних копалин із закладенням вироблених просторів «порожніми» породами, що забезпечує зниження втрат корисних копалин і охорону земної поверхні. Лише в процесі розробки калійних солей із закладкою виробленого простору ефективність їх видобутку підвищується на 30 %.

Не менш важлива проблема — утилізація відходів гірничорудних підприємств. Утилізація відходів, нагромаджених у відвалах, дає можливість скоротити останні на 20—25 %. У результаті отримують значну економію фінансових

Таблиця 8.1. Основні види і результати впливу гірничого виробництва на біосферу

Елемент біосфери	Вплив на елементи біосфери	Результати впливу
Водний басейн: води підземні	Осушення родовища, скидання стічних і дренажних вод	Зменшення запасів підземних, ґрунтових і поверхневих вод. Порушення гідрологічного режиму підземних вод
води поверхневі	Осушення і переміщення поверхневих водойм і водотоків, скидання стічних і дренажних вод, водозабір для технічних і побутових потреб підприємств	Забруднення водного басейну стічними і дренажними водами. Погіршення якості вод унаслідок несприятливих змін гідрохімічних і біологічних режимів поверхневих і підземних вод
Повітряний басейн	Організовані і неорганізовані викиди в атмосферу пилу і газів	Забруднення (запилення і загазування) атмосфери
Ґрунт	Проведення гірничих виробок, спорудження відвалів і водосховищ. Будівництво промислових і цивільних будівель і споруд. Прокладення доріг та інших видів комунікацій	Деформація земної поверхні. Порушення ґрунтового покриву. Скорочення площ продуктивних угідь різного призначення. Погіршення якості ґрунтів. Зміна зовнішнього вигляду території. Змінення стану ґрунтових і поверхневих вод. Ерозійні процеси
Флора і фауна	Вирубка лісів. Порушення ґрунтового покриву. Зміна стану ґрунтових і поверхневих вод	Погіршення умов проживання лісової, степової і водної флори і фауни. Міграція і скорочення чисельності диких тварин. Пригнічення і скорочення видів дикорослих рослин. Зниження врожайності сільськогосподарських культур

Закінчення табл. 8.1

Елемент біосфери	Вплив на елементи біосфери	Результати впливу
Надра	Проведення гірничих виробок. Вилучення корисних копалин, вмісних і покрівельних порід. Осушення родовища. Обводнення ділянок родовища. Загоряння корисних копалин і порожніх порід. Захоронення шкідливих речовин і відходів виробництва. Скидання стічних вод	Зміна напружено-деформованого стану масиву гірських порід. Зниження якості корисних копалин і промислової цінності родовищ. Забруднення надр. Розвиток карсту. Втрати корисних копалин

коштів, що вкладаються в індустрію будівельних матеріалів для вирішення важливого завдання зменшення площ, зайнятих порожньою породою. Це означає, що тисячі гектарів ґрунтів будуть включені у виробництво сільськогосподарської продукції. На звільнених від гірничих робіт землях створюють луки, сінокоси, насаджують ліси і лісозахисні смуги. Там, де колись проводили гірничі роботи, рекультивують землі (рис. 8.2).

В Україні рекультивацію здійснюють у процесі видобутку манганових руд — у Дніпропетровській обл., залізної руди — в АР Крим, вугілля і нерудних корисних копалин — у Донбасі.

Головне завдання гірничої справи — комплексне освоєння родовищ корисних копалин. Комплексна переробка вугілля включає не лише отримання високоякісного чистого палива (твердого, рідкого, газоподібного), а й цінних продуктів (вуглеграфітових матеріалів, сірки під час спалювання сорбентів). Відвали збагачувальних фабрик містять



Рис. 8.2. Рекультивация землі на вугільному кар'єрі, Німеччина

значну кількість сірчаного колчедану. За комплексної переробки бурих залізняків на заводі «Азовсталь» виробляють фосфатні шлаки, що використовують як добриво. З відходів флотаційного збагачення, що містять до 5 % сірки, на Роздольському ВО «Сірка» (Росія) отримують компоненти для медичних препаратів і азбестоцемент.

З метою охорони довкілля від забруднення стічними водами і під час проведення геологорозвідувальних робіт використовують герметичні покриття і виконують утилізацію стічних вод. Здійснюють контроль за охороною підземних вод від забруднення, вивчають їх режим і розвиток екзогенних геологічних процесів.

З появою нової гірничої науки – гірничої екології, перед гірничодобувною промисловістю поставлені нові завдання: інтенсивний розвиток і єдність проблем раціонального використання природних ресурсів та охорони навколишнього середовища.

8.2. Охорона довкілля за видобутку нафти і газу

Значні техногенні навантаження на об'єкти гідро-, літо- і біосфери створюються за видобутку нафти і газу. Насамперед це стосується технологічних процесів буріння нафтових і газових свердловин. Джерелом механічних порушень є такі процеси, як будівництво майданчиків під бурові установки і бурове устаткування, будівництво земляних шламових кладових, зняття і складування робочого шару землі та рекультивація території бурових установок, засипка землею шламів під час їх ліквідації.

Основними об'єктами забруднення при бурінні свердловин є геологічне середовище (підземні води) та гідро- і літосфера (відкриті водойми, рослинний покрив ґрунтів).

Найбільший об'єм відходів складають бурові стічні води — 20—40 м³/добу на одну свердловину. Небезпечними видами відходів буріння є відпрацьований буровий розчин і шлам.

Для водойм найбільшою небезпекою є нафта. У водні об'єкти може потрапляти до 30 % нафти і нафтопродуктів, що втрачаються в процесі будівництва свердловини.

В процесі буріння забруднюються ґрунт і атмосфера. Під час буріння свердловин площа засолення території соленасиченими буровими розчинами сягає 4,5 га. В разі попадання в ґрунт мінеральних солей формуються солончаки. Ці дані свідчать про необхідність дотримання суворих вимог до технологічних процесів.

Забезпечення охорони природного середовища, земної поверхні і кори під час буріння свердловин досягають застосуванням екологічно чистих матеріалів і хімічних реагентів для бурових розчинів, ліквідацією шламових кладових і рекультивацією землі, очищенням бурових стічних вод, утилізацією відпрацьованих бурових розчинів.

Шкоду довкіллю наносить також видобуток вуглеводневої сировини (нафти і газу) й продуктів їх переробки.

Лише в Росії у 1985—2000 рр. більше ніж 130 відкритих нафтогазових фонтанів призвели до тяжких екологічних наслідків. Приблизно 55 з них супроводжувалися пожежами, внаслідок яких втрати супутнього газу і конденсату становили близько 1 млрд м³.

Отже, питання охорони довкілля в процесі розробки нафтогазових родовищ потребують особливої уваги. Насамперед вони полягають у виборі систем розробки і впровадженні ефективних методів підвищення нафто-, газо- і конденсатовіддачі родовищ.

Важливе значення має контроль за станом розробки родовищ і просуванням контурів нафтогазоносності, пластовим тиском, надійністю колон експлуатаційних і нагнітальних свердловин і гідродинамічними зв'язками між пластами. Це досягається захистом колон від корозії і забезпеченням їх герметичності. Порушення герметичності колон може призвести до утворення грифонів, міжпластових перетоків, відкритого фонтанування та інших недопустимих наслідків.

Наземне технологічне устаткування нафтопромислів і газопромислів має забезпечувати збір і підготовку до транспортування (або зберігання) не лише основних корисних копалин (нафта і газ), а й інших продуктів, таких як конденсат, сірка, інертні гази, мікроелементи і т. п., які добувають супутно. Забезпечення надійності безаварійної роботи цих систем має важливе значення не лише для запобігання втратам видобутих корисних копалин, а й для охорони надр. Тут головним завданням є захист наземного устаткування нафтопромислу, підземних комунікацій і трубопроводів від корозії.

Розробка морських нафтогазових родовищ пов'язана із забрудненням Світового океану. Проблема забруднення морської акваторії небезпечними компонентами відходів буріння вперше була усвідомлена понад 40 років тому. При бурінні в Мексиканській затоці морської свердловини завглибшки 4 км утворюється близько 500 м³ шламу і 6000 м³ рідких відходів.

Аварії на морських свердловинах призводять до витікання у води Світового океану великої кількості нафти і забруднення узбережжя. Величезною катастрофою була аварія на свердловині в Мексиканській затоці в 2010 р., унаслідок якої в море потрапила значна кількість нафти, що призвело до загибелі морської флори і фауни.

Катастрофічними темпами забруднюються Північне і Середземне моря. Частина поверхні Чорного, Азовського і Каспійського морів вкрита нафтовою плівкою.

Згідно із загальноприйнятими положеннями про охорону навколишнього середовища, розробка морських нафтових і газових родовищ висуває специфічні вимоги.

Відпрацьований буровий розчин з основних свердловин збирають у резервуари і використовують для буріння наступних свердловин. Забруднену нафтою, кислотою або поверхнево-активними рідинами воду відкачують трубопроводами у нафтозбірні пункти. Систематично контролюють стан герметичності колонних головок, фонтанної арматури, фланцевих і нарізних з'єднань, обв'язки арматури і трубопроводів. Горловини свердловин обладнують піддоном для збору різних рідин.

На цей час розроблено і впроваджено різні методи і пристосування для локалізації і збору нафти. Методи класифікують на механічні, що ґрунтуються на принципах відсмоктування, відстою, адгезії і адсорбції; хімічні — обробка нафти порошками-агломератами; біологічні — руйнування нафти на водній поверхні реагентами, що мають у своєму складі бактерії; методи спалювання розлитої нафти, які застосовують у надзвичайних ситуаціях.

Оскільки різні методи мають свої переваги і недоліки, то більшою мірою застосовують комплексні методи і способи, які ґрунтуються на різних фізичних і хімічних принципах.

У разі аварії на морських нафтових свердловинах виникає проблема локалізації і видалення нафти з великої поверхні її розливу. Локалізація, збір і видалення нафти —

складний і трудомісткий процес. Це зумовлено тим, що нафтова плівка має малу товщину, а швидкість її поширення на поверхні водного середовища велика.

Для локалізації забруднення використовують плавучі захисні огорожі. Принцип дії плавучої загорожі полягає в утворенні механічного бар'єра, що запобігає горизонтальному переміщенню або поширенню тонкого верхнього шару води разом з нафтовою плівкою.

Плівку нафти на воді оконтурюють загорожею за допомогою пакера. Один кінець загорожі прикріплюють до плавучого якоря. Загорожа з нафтовим забрудненням або дрейфує, або закріплюється нерухомими якорями. Загорожі виготовляють із синтетичних водонепроникних матеріалів у вигляді окремих рукавів або трубчастих елементів. Для плавучості елементи заповнюють стисненим повітрям або легким наповнювачем.

Однією з найістотніших проблем людства 3-го тисячоліття залишається потепління клімату. Значною мірою виникнення цієї проблеми пов'язане із зростанням концентрації парникових газів в атмосфері (вуглекислого газу, оксидів азоту, метану, гексафториду сірки). В 2002 р. частка викидів вуглекислого газу становила, %: Північної Америки — 38,5; Латинської Америки — 3,6; Західної Європи — 12; країн СНД — 9,5; Африки — 3; Китаю — 13,1; Японії — 6,3; інших країн Азії — 9,2; інших країн світу — 8,8. Згідно з розрахунками, за умови збереження існуючих тенденцій зростання викидів парникових газів у наступні 100 років клімат Землі потеплішає на 2,5—3,0 °С. Це може спричинити підвищення рівня Світового океану на 0,6—1,0 м і призвести до затоплення багатьох прибережних районів. Таке потепління, за прогнозами вчених, зумовить танення льодового щита Антарктиди з непередбачуваними наслідками.

Викиди хімічних речовин в атмосферу вже вкрай негативно впливають на світову екологію. Надлишок діоксиду сірки в атмосфері вважають головною причиною кислотних

дощів і парникового ефекту. В процесі використання, переробки і спалювання енергоносіїв забруднюються промисловими відходами води і ґрунти, насамперед через аварії.

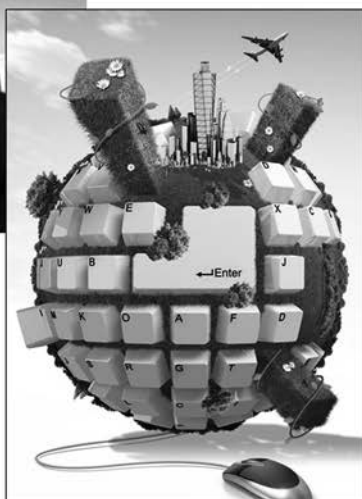
Боротьба за екологічну безпеку сучасних виробництв неможлива без впровадження передових технологій в усіх аспектах життєдіяльності людини. Цю проблему слід вирішувати передусім в енергетиці, оскільки саме тут 90 % викидів парникових газів припадає на спалювання органічного палива.

Сьогодні розвинені країни світу прикладають значні зусилля для реалізації положень Кіотського протоколу (1997).

На самітах країн «Великої вісімки», що відбулися в червні 2007 р. у Німеччині і в липні 2009 р. в Італії, охорона навколишнього середовища була однією з головних тем. Підсумком самітів стало те, що країни намагатимуться вдвічі зменшити викиди вуглекислого газу до 2050 р. Отже, зроблено висновок, що Землю потрібно берегти для нинішніх і майбутніх поколінь. Земля — це і є життя.

РОЗДІЛ
9

ПІРНИЧА СПРАВА У ХХІ СТ.





У ХХІ ст. гірничодобувна промисловість уже має багатий досвід, традиції і успіхи. Гірничі справи і далі розвиватиметься. Адже вугілля, нафта, газ, руди, гірничохімічна сировина і будівельні матеріали — це той асортимент корисних копалин, що визначає економічний потенціал кожної країни.

При видобутку твердих корисних копалин основу гірничодобувної промисловості складають високопродуктивні комплексно-механізовані гірничі підприємства. Відкрита розробка корисних копалин і далі збільшуватиме свої обсяги на базі широкого використання сучасної техніки виймання і транспортування.

Вугілля. Особливе місце відводиться вугільній промисловості. За даними Світового вугільного інституту, на вугілля припадає близько 90 % енергетичного потенціалу всіх придатних для розробки корисних копалин органічного походження. На цей час майже 55 % обсягу вугілля застосовують для виробництва

електроенергії. Особливе збільшення споживання вугілля спостерігається у країнах Азії, що розвиваються. У цьому регіоні лише на Китай і Індію припадатиме до 75 % очікуваного приросту використання енергетичного вугілля в усьому світі (табл. 9.1).

У зв'язку зі збільшенням споживання вугілля у світі збільшиться і його видобуток.

На другому місці знаходиться використання вугілля в сталеливарній промисловості.

Вугільна промисловість отримує свій новий розвиток. У результаті реструктуризації вугільного виробничого потенціалу в країнах СНД були закриті шахти, нерентабельні й складні у розробці. Діючі шахти були модернізовані і оснащені сучасною технікою. Вугільні шахти Росії оснащуються вуглевидобувними комплексами третього покоління. Це нові прохідницькі комбайни КП 25, унікальні роторні екскаватори КСМ.

Створення гірничих машин великої одиничної потужності і засобів автоматики дає змогу планувати та розробляти родовища за принципом потокового виробництва.

Істотно підвищиться якість вугільної продукції. Повністю припиниться постачання споживачеві незбагаченого

Таблиця 9.1. Споживання вугілля, млн т

Регіон	2001 р.	2005 р.	Зміни, %
США	1060	1567	+47,8
Західна Європа	574	463	-19,3
Японія	166	202	+21,7
Країни СНД	446	436	-2,2
Китай	1383	2757	+99,3
Індія	360	611	+69,7
Інші країни	1274	1538	+20,7
Усього	5263	7574	+43,9

високозольного вугілля. З вугілля отримуватимуть новий вид палива: рідкі і газоподібні вуглеводні, водовугільні суспензії, бездимні брикети та інші продукти переробки вугілля підвищеного попиту. Будуть створені екологічно чисті вугільні технології на всіх стадіях виробничого циклу видобуток — переробка — транспортування — використання.

У XXI ст. до 80—85 % енергетичного вугілля і значну частину вугілля, що коксується, добуватимуть найефективнішим відкритим способом із застосуванням технологічних схем і устаткування нового технічного рівня.

На шахтах істотно підвищиться концентрація гірничих робіт. Широко застосовуватимуть високопродуктивні технологічні схеми, такі як лава — шахта і лава — пласт. На Єрунаківському родовищі (Кузнецький вугільний басейн на півдні Західного Сибіру, Росія) вже будують шахти нового технічного рівня із використанням таких схем і новітніх механізованих комплексів.

Розвиватимуться нетрадиційні екологічно безпечні способи розробки вугільних родовищ — свердловинні та інші без присутності людини під землею.

Для вилучення шахтного метану ефективно застосовуватимуть свердловинну технологію. Його ресурси у вугільних пластах порівнянні з ресурсами природного газу.

Вугільна промисловість України є однією з найбільших галузей народного господарства. Частка вугілля становить близько 94—96 % обсягу споживаних власних енергоносіїв країни. Геологічні запаси вугілля в Україні є на сотні років.

Розвиток вугільної промисловості України пов'язаний з періодами великого зростання (2002 р. — 160 млн т) і спаду обсягів видобутого вугілля (2008 р. — 80 млн т).

Україна може нарощувати обсяги видобутку вугілля в результаті технічного переозброєння шахт, їх реконструкції, нового будівництва з використанням наукоємних засобів і технологій. Насамперед це створення механічних

гідрофікованих кріплень полегшеного типу, засобів безлюдного виймання на дуже тонких пластах, створення засобів роздільного виймання вугілля і породи із закладенням порожнього простору, широкого застосування стовпових систем розробки пластів потужністю понад 1,0 м.

Широко впроваджуватимуть комп'ютерні гірничі технології:

- створення каркасних і блокових моделей об'єктів гірничої технології;
- геостатистичний аналіз родовищ;
- формування бази даних (каталогу) маркшейдерських точок і вирішення на їх основі різних маркшейдерських і геодезичних завдань;
- підрахунок об'ємних і якісних показників виїмкових одиниць;
- гірничо-геометричний аналіз і оптимізація меж кар'єру за економічними показниками;
- планування відкритих і підземних гірничих робіт, проектування масових вибухів;
- комп'ютерне моделювання надр.

Нафта. У паливно-енергетичному балансі вона відіграє істотну роль. Світовий видобуток нафти на цей час становить близько 4,0 млрд т/рік. Як стверджують фахівці, нафта — головний товар у світі, від ціни якого неабиякою мірою залежить «самопочуття» глобальної економіки.

В XX ст. зростання попиту на нафту врівноважувалося відкриттям нових родовищ, що давало змогу збільшити її видобуток. Проте багато хто вважає, що в XXI ст. нафтові родовища вичерпають себе і диспропорція між попитом на нафту та її пропозицією призведе до різкого зростання цін.

Утім поки що видобуток нафти зростає, як і її споживання. Великі запаси нафти є в нафтових пісках Канади і Венесуели. Цієї нафти за нинішніх темпів споживання вистачить на 110 років. Компанії розробляють нові технології видобутку нафти з нафтових пісків.

Нафта є головною статтею російського експорту. Лише у 2005 р. Росія поставила на експорт близько 250 млн т, тобто 32 % усього російського експорту.

Збільшення видобутку нафти і газу в XXI ст. відбуватиметься за рахунок нових родовищ, що залягають на глибинах 5—7 км у важкодоступних районах. Проте основні перспективи приросту запасів пов'язують з континентальним шельфом. Очікується, що до 2050 р. видобуток нафти і газу на морських родовищах перевищуватиме 50 %. До цього ж періоду буде приурочено початок освоєння важкодоступних запасів з глибин моря понад 1000 м.

Розв'язання цих проблем неможливе без застосування нових технологій у пошуку, розвідці, видобутку і транспортуванні вуглеводнів. Одна з головних цілей — впровадження передових методів збільшення нафтовіддачі. Збільшуючи коефіцієнт нафтовіддачі пластів лише на 10 %, додатково можна вилучати понад 100 млрд т нафти.

Вчені працюють над проблемою залучення до енергетичної сфери альтернативних джерел. Для цього розробляють технології, що дасть змогу отримати новий вид енергетичних ресурсів.

Резерви енергетичних джерел надр Землі

Запаси вугілля, нафти і газу — основних енергетичних корисних копалин підземних надр не безмежні. Багато родовищ виснажені, а приріст запасів енергетичної сировини, збільшення її видобутку неможливі без технологічного прориву, пошуків нових джерел енергетики.

Хоча катастрофічні сценарії нафтової кризи з'являються щороку, наша планета ще далека від повної вичерпаності вуглеводневої сировини, тому що в надрах Землі є інші енергетичні ресурси: бітуми, сланці, газові гідрати, вугільний метан, водень, тепло Землі.

Розглянемо ці резерви. Що ж може бути альтернативою для поповнення енергетичних джерел?

Бітумінозні породи. Вони знаходяться в земній корі в різних формах: у розсіяному стані, у вигляді незначних сумішей і скупчень, де бітум просочує породи та формує потужні пояси накопичення бітумів. На відміну від нафти для розробки природних бітумів використовують переважно інші методи — кар’єрний, шахтний, а також внутрішньоопластові технології (селективні розчинники, закачування пари та ін.). Світові геологічні ресурси бітумів оцінюють у 600 млрд т, що за відповідної технології забезпечить потребу світу в енергії на багато десятків років.

Найбільші родовища бітумів відомі в канадській провінції Альберта, де на початок XXI ст. було видобуто 70 млн т бітумів. Канада займає друге місце в світі (після Саудівської Аравії) за запасами бітумів. Потужні запаси бітумів є у Венесуелі, де в 2001 р. було видобуто 15 млн т.

З одної тонни бітуму в разі доволі глибокої переробки можна отримати до 500 кг нафти.

Горючі сланці. Ресурси горючих сланців у світі величезні. Основні ресурси (понад 80 %) зосереджені в США, Бразилії, Росії.

На сьогодні вся світова громадськість говорить про сланцевий газ. Буревісниками енергетичного прориву стали США, які, використовуючи новітні технології, стали лідерами видобутку газу із сланців за обсягом (рис. 9.1).

Перша сланцева свердловина була пробурена в США ще в 1821 р. Наприкінці 1940-х років була зроблена спроба видобути газ в естонських сланцях. Нині, у вік нового технічного переозброєння гірничодобувної промисловості і сучасної технології, є реальна база для інтенсивного видобутку сланцевого газу. Як пише газета «New York Times», нинішня «сланцева» лихоманка лише починається.

На більшій частині території Європи, в Голландії, Швеції, Польщі, Румунії, Україні, є величезні запаси сланцевого газу.



Рис. 9.1. Видобуток сланцевого газу на родовищі Barnett у Техасі (США)

Про можливість видобутку сланцевого газу на території Євросоюзу вже оголосило близько 40 компаній. Найбільші з них, «Shell» і «Еххон», почали скуповувати земельні ділянки з метою розвідки покладів сланцю.

Очікують, що видобуток газу із сланців займе лідируючі позиції на газовому ринку. Частка сланцевого газу в загальному обсязі видобутку газу може збільшитися до 75—90 % уже найближчими роками.

Україна також планує проводити роботи з видобутку сланцевого газу. Так, пробне буріння на сланцевий газ може статися в 2014 р., а промислова розробка родовищ — з 2017 р. За прогнозами геологів, максимальний видобуток може становити 13 млрд м³/рік.

Газові гідрати. Це скупчення газу (частіше метану), який на молекулярному рівні зв'язаний з водою. Фахівці вважають, що газові гідрати в майбутньому можуть бути головним альтернативним джерелом енергії, а їх промислове освоєння — одне з головних завдань XXI ст.

Газові гідрати є кристалічною речовиною, що нагадує за виглядом сніг або лід. У результаті молекулярного ущіль-

нення 1 м³ природного гідрату метану в твердому стані має у своєму складі близько 164 м³ метану в газовій формі. Кристали виникають під дією низьких температур і великого тиску. Газові гідрати поширені в регіонах багаторічної мерзлоти і в глибинних водах на дні Світового океану у вигляді скупчень протяжністю в десятки кілометрів. Установлено, що зона стабільності гідратів газів в умовах відкритого океану починається з глибини 450 м і більше і сягає товщини декількох сотень метрів. Потенційні ресурси метану розміщуються не лише в зоні стабільності у твердому вигляді, а й під нею — в природному газовому стані.

Найпотужніші скупчення газових гідратів відомі на південно-східному узбережжі США, де у вигляді протяжного поля на глибині до 3,5 км може бути близько 30 трлн м³ метану.

Вперше кристали метану були виявлені ще в 1980 р., але як джерело енергії заморожений метан не мав популярності через складні технологічні проблеми, що виникають у процесі видобутку.

Перший перспективний видобуток газового гідрату був здійснений у 1964 р. у Росії на родовищі Месосяха в Західному Сибіру.

За останніми оцінками фахівців, світові запаси газогідратної сировини становлять близько 265 000 трлн м³, що удвічі більше запасів коксуючого вугілля, нафти і звичайного природного газу. Вся сибірська природа — це гігантський резервуар, наповнений замороженим паливом. Під дном Чорного моря приховане гігантське родовище гідратів, запасів якого, за розрахунками вчених, вистачить на багато сотень років.

Отже, родовищ гідратів газів є багато, але існують проблеми їх видобутку. Найскладніша проблема, яку належить розв'язати фахівцям у разі видобутку природного газу з газогідратних покладів, це підтримання природного температурного режиму в процесі буріння крижаного пласта. Ще

одна проблема — вилучення кристалів на поверхню цілими. Річ у тім, що за незначного підвищення температури і падіння тиску подібна до снігу речовина розкладається на газ і воду.

У розвинених країнах ведуться науково-пошукові роботи з проблем розробки технології видобутку гідратів газів і видобутку з них природного газу. Над цією проблемою працюють учені і фахівці Росії, Японії, Канади, Китаю, США, Індії. США планують почати промислову експлуатацію власних ресурсів гідратів газів уже до 2015 р. У 2003 р. Японія провела перші експерименти з видобутку метану з глибини моря. У південних і центральних районах Тихого океану здійснено буріння 20 свердловин до глибини 1089 м. Розробляють технології видобутку газових гідратів і в Росії. Таким чином, газ із газових гідратів — це паливо недалекого майбутнього.

Вугільний метан. Другим джерелом метану може стати вугільний метан. Метан є в сорбованому вигляді у вугільних пластах. Хоча всі вугільні пласти утримують певну кількість метану, економічно вигідними є не всі вугільні поклади. В США розрахункові запаси метану вугільних покладів наближаються до запасів звичайного природного газу.

У світовій практиці існують різні методи видобутку вугільного метану. Найчастіше використовують вертикальні свердловини: для дегазації вугільного масиву на початку шахтного видобутку, в порожній породі, незалежно від вуглевидобування.

Проекти буріння свердловин для видобутку газу супутньо з видобутком вугілля на шахті виникли з метою зведення до мінімуму ризиків вибуху метану під час видобутку вугілля. Досвід здійснення дегазації шахт обумовив розробку проектів видобутку газу незалежно від роботи шахт.

Ресурси метану у вугільних басейнах світу великі. Так, в Росії вони становлять: у Кузнєцькому басейні — до 13, у Печорському — до 2 трлн м³. Метану багато і у вугільних

басейнах України. В недалекому майбутньому планується створення дослідних промислових полігонів вилучення метану з вугільних пластів.

Газоподібний водень. Нині водень застосовують у двигунах автомобілів. Водневий двигун — це на сьогодні найперспективніша альтернатива. Американська фірма «General Motors» витратила майже 55 млн дол. США на його розробку, і вже в 2000 р. був продемонстрований перший автомобіль на водневому двигуні. Втім на цей час така машина — лише рекламна акція, тому що їздити на водні, отриманому розщеплюванням води, дуже дорого.

Як же отримати водень, та ще дешевий? На це питання дає відповідь доктор геолого-мінералогічних наук Сергій Ларін, який розробив метод отримання дешевого водню. У надрах Землі залягає величезна кількість магнію. Якщо пробурити до цих покладів свердловину і залити туди воду, отримаємо оксид магнію, а також тепло і газоподібний водень. Цим дешевим воднем можна заправляти все, що рухається, літає і обертається.

На планеті існує декілька відомих зон, де шари, що містять магній, залягають близько до земної поверхні. Достатньо пробурити дві свердловини (завглибшки 4—6 км), в одну з них подавати воду, а з другої — видобувати водень. Великі скупчення водню існують у підводних зонах рифту. Тут кожен кілограм породи може дати близько 1200 л водню.

Діючим джерелом водню можуть бути вулкани. Наприклад, газ вулкана Етна має у своєму складі 17 % водню, а із газів вулканів Курильського пасма можна отримувати 100 т водню за рік. На планеті багато вулканічних зон, і внесок вулканізму у видобуток водню може бути помітним.

Нам уявляється, що проблеми отримання водню і його застосування знайдуть своє позитивне розв'язання.

Тепло Землі. Освоєння потужного енергоресурсу, що ґрунтується на використанні природної теплоти Землі, забезпечить здешевлення енергії порівняно із витратами сучас-

ної теплової енергетики. Ще в 1914 р. К.Е. Цюлковський, а в 1920 р. В.А. Обручев висловили ідею про вилучення геотермальних ресурсів, що містяться у надрах Землі.

Пізніше цю ідею було реалізовано в перших геотермальних циркуляційних системах (ГЦС). У багатьох країнах світу основні ресурси вкладають у створення геотермальних електростанцій (ГЕОТЕС). Досвід підтверджує, що за наявності в надрах неглибоких колекторів природної пари будівництво ГЕОТЕС є найвигіднішим варіантом використання геотермальної енергії. Однак родовища пари — рідкість, її прогнозовані й відомі родовища невеликі. Найбільш поширені родовища геотермальної води.

Енергію геотермальної води (з температурою до 200 °С) широко використовують у промисловості, сільському господарстві, медицині. «Підземні котельні» подають по свердловинах гарячу воду для опалювання будинків. Практичне використання геотермальної енергії можливе насамперед у районах підвищеної вулканічної активності. Так, у Росії подібним районом є Камчатка. Тут у 1967 р. на базі Паужетських джерел була побудована перша геотермальна електростанція.

У 1984 р. загальна потужність систем геотермального тепла в забезпеченні енергією 14 країн світу досягла 2,4 млн кВт. Вилучення енергії з гарячих гірських порід за допомогою циркуляційних систем (геотермальна технологія) — найперспективніший напрям видобутку тепла з надр.

Система розробки геотермального родовища характеризується підготовкою і послідовністю введення в експлуатацію видобувних і нагнітальних свердловин, колекторів, зон теплообміну.

Штучний колектор на підземній ділянці гарячих порід утворюють, пробуривши в них комплекс вертикальних і похилих свердловин з подальшим гідророзривом порід між цими свердловинами для формування тріщин і збільшення поверхні відбору тепла.

На геотермальній циркуляційній станції в колектор по нагнітальних свердловинах закачують теплоносії і потім його, уже нагрітого гарячими породами, відкачують з колектору по видобувних свердловинах.

Темпи будівництва ГЕОТЕС з кожним роком зростають. У 2002 р. ГЕОТЕС працювали в 15 країнах світу, забезпечуючи виробництво 52 ГВт електроенергії. Провідними країнами з вилучення геотермальної енергії є Китай (10,5 ГВт), Японія (7,5 ГВт), США (5,64 ГВт), Іспанія (5,6 ГВт) і Росія (1,7 ГВт). Видобуток тепла з надр Землі — потужний економічний резерв енергетичної сировини.

У XXI ст. гірничі справи і далі буде пов'язана з атомною енергетикою, що споживає уранову руду. В 2005 р. у світі було видобуто 41 250 т урану, з них 38 % — на підземних копальнях, 30 — на кар'єрах і 21 % — способом підземного вилуговування. У практику впроваджують комплексну переробку руд із супутнім вилученням цінних компонентів (фосфору, ванадію, сірки, золота, молібдену, рідкісноземельних елементів).

У XXI ст. продовжуватимуться роботи з пошуку і розвідки корисних копалин, які розміщуються на морському дні і великих глибинах. Оскільки поверхня Землі на 71 % вкрита водою, об'єктами досліджень стали морська вода і дно океану. Нині з морської води добувають магній. У зв'язку з відкриттям проявів манганових конкрецій на дні океанів учені сконцентрували увагу на розробці методів їх видобутку. Заплановано більш розгорнуті підводні дослідження з метою пошуку інших цінних речовин. У майбутньому можливі роботи з вилучення корисних копалин із металонесних наливів, що покривають великі площі дна Тихого океану, а також з високомінералізованих вод Червоного моря.

Отже, і в XXI ст. гірничі справи залишатиметься однією з найважливіших галузей народного господарства держав, яка забезпечує їх енергетичну незалежність.



ПІСЛЯМОВА

Гірнича справа існує тисячоліття, починаючи з доісторичної епохи і закінчуючи сучасністю. Багатогранність гірничої справи не можна описати в одному виданні. У цій книзі розглянуто основи гірничої справи і такі її аспекти, як розробка корисних копалин, технології їх видобутку, гірнича наука.

Надра Землі є кладовою природи. У ній розмішені всі відомі людству корисні копалини. Необхідне продумане використання природних скарбів Землі, особливо в ХХІ ст., коли освоєння земної кори відбуватиметься на тлі все зростаючих потреб людини в енергетичних ресурсах. Це означає, що і поверхня Землі перетворюється на повноправні природні ресурси, не менш цінні для людини, ніж мінеральна сировина.

Комплексне використання корисних копалин Землі, зменшення втрат у процесі їх видобутку, повна утилізація відходів гірничого виробництва – найважливіші на сьогодні завдання.

Мінеральна сировина й енергетичні ресурси обмежені і не є нескінченними. Вчені мають працювати над удосконаленням

технологій видобутку корисних копалин, щоб збільшити коефіцієнт їх корисного вилучення із земних глибин. У надрах ще знаходяться невикористані енергетичні ресурси. Найважливіше завдання у ХХІ ст. — розробити новітні технології їх видобутку з урахуванням охорони природного середовища.

Прогноз освоєння надр, як і будь-який інший прогноз у науці і техніці, — справа складна. Проте людство для освоєння підземних надр має розвивати нові наукові ідеї та розробляти нові технології.

Наука ще докладатиме багато зусиль, щоб можна було запобігти природним катаклізмам і катастрофам, глобальному потеплінню клімату, а також мати змогу оцінити тектонічні процеси, що відбуваються в глибинах Землі.

Ці проблеми завжди будуть у центрі уваги гірничої науки. Їх потрібно розв'язувати не лише нам, а й нашим нащадкам.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Аренс В.Ж.* Пути развития горного дела и горной науки. — 2005.
2. *Арсентьев А.И., Падуков В.А.* Беседы о горной науке. — Л.: Наука, 1981. — 161 с.
3. *Большая Советская Энциклопедия.* — М.: Сов. энцикл., 1969—1978.
4. *Бойко В.С.* Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений. — М.: Недра, 1990. — 427 с.
5. *Брод И.О., Еременко Н.А.* Основы геологии нефти и газа. — М.: Гостоптехиздат, 1957. — 480 с.
6. *Бугай Ю.Н., Балакиров Ю.А.* Газогидратные месторождения. — К.: МНТУ, 2001. — 170 с.
7. *Гайко Г.І.* Історія гірничої техніки : Навч. посіб. — Алчевськ: ДГМІ, 2001. — 134 с.
8. *Глоба В.М.* Буровзрывные работы при строительстве магистральных трубопроводов и подземных хранилищ. — М.: Недра, 1984. — 238 с.
9. *Геология нефти и газа / Э.И. Бакиров, В.И. Ермолкин, В.И. Ларин и др.* — М.: Недра, 1980. — 239 с.
10. *Горлов В.Д.* Рекультивация земель на карьерах. — М.: Недра, 1981.
11. *Бакка М.Т., Легужко А.С., Пчолкин Г.Д.* Основы гірничого виробництва: Навч. посіб. — Житомир, 1999.
12. *Горная энциклопедия : В 5 т.* — М.: Сов. энцикл., 1986.
13. *Кортаев Ю.П.* Эксплуатация газовых месторождений. — М.: Недра, 1975. — 415 с.
14. *Кулик Д.* Сланцевая лихорадка // Русская Германия. 2009. — № 14.
15. *Кутузов Б.Н.* Взрывные работы. — М.: Недра, 1980. — 392 с.
16. *Мазур И.* Нефть и газ. Мировая история. — М.: Дом, Земля и человек. XXI век, 2004. — 896 с.
17. *Мала гірнича енциклопедія / За ред. Білецького В.С.* — Донецьк: Донбас, 2004.
18. *Нагорный В.П., Глоба В.М., Денисюк И.И.* Взрывные работы при добыче природных углеводородов, строительстве подземных трубопроводов и подземных хранилищ. — К.: Поліграфіст, 2009. — 330 с.

19. *Нагорный В.П., Глоба В.М.* Обо всем, что под землей (добывается, сооружается, размещается). — К.: Эссе, 2010. — 205 с.
20. *Нагорный В.П., Глоба В.М.* Сооружение и эксплуатация подземных хранилищ углеводородов в отложениях каменной соли. — К.: Эссе, 2010. — 176 с.
21. *Рассел У.Л.* Основы нефтяной геологии. — Л.: Гостоптехиздат, 1958. — 619 с.
22. *Ржевский В.В.* Горные науки. — М.: МГИ, 1981. — 96 с.
23. *Ржевский В.В., Новик Г.Я.* Основы физики горных пород. — М.: Недра, 1967. — 288 с.
24. *Соколов В.А.* Нефть. — М.: Недра. — 382 с.
25. *Справочник взрывника / Б.Н. Кутузов, В.М. Скоробогатов, И.Е. Ерофеев и др.* — М.: Недра, 1988. — 511 с.
26. *Хохряков В.С.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. — М.: Недра, 1991. — 336 с.
27. *Хчеян Г.Х., Нафтуллин И.С.* Геотехнологические процессы добычи полезных ископаемых. — М.: Недра, 1983. — 220 с.
28. *Швецов П.Ф.* Под землей, чтобы сберечь Землю. — М.: Наука, 1983. — 144 с.
29. *Яремийчук Р.С., Возный В.Р.* Основы горного производства нефти, газа и твердых полезных ископаемых. — К.: Кондор, 2006. — 376 с.
30. *Atlas der Natur Katastrophen.* — Munchen, 2001.
31. *Bergbau in Erzgebirge.* — Leipzig: Deutscher Verlag, 1989.
32. *Das Bergbau Hand Buch.* — Essen: Verlag Glückauf, GmbH, 1994.
33. *G. Kuhn.* Der maschinelle Tiefbau. — Stuttgart: B.G. Teubner, 1992.
34. *Emons H.-H., Walter H.-H.* Mit dem Salz durch die Jahrtausende. — Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1984.
35. *Simnev K.* Grundbau. Т. 2. — Stuttgart; Leipzig: B.G. Teubner, 1999. — 513 S.
36. *Martin C.* Tausend Jahre Metallerbergbau in Mitteleuropa. — Essen: VGE, 1996.
37. *Mineralien und Edelsteine.* — Verlegt bei Kaiser, 2003.
38. *Ueberhorst S.* Energietrager Erdgas. — Bonn, 1994.
39. *Unsere Erde.* — Leipzig; Jena; Berlin: Urania — Verlag, 1974.
40. <http://galspace.spb.ru/index14.html>
41. <http://dic.academic.ru/>
42. <http://military-knowledge.com.ua/>
43. <http://img.encyc.yandex.net/illustrations/vlasov/pictures/06/350.jpg>
44. <http://ukhtoma.ru/puls6.htm>
45. <http://kazgeo.kz/news/2012/10/326.html>
46. <http://www.geocities.ws/jfdelgad/cultura/link2.htm>

47. <http://cultura.biografieonline.it/tsunami-oceano-indiano-26-dicembre-2004/>
48. <http://dekatop.com/archives/455>
49. <http://www.wikipaintings.org/ru/>
50. <http://www.epochtimes.com.ua/travels/world-in-pictures/italija-u-foto-63774.html>
51. <http://www.hydro-msu.ru/tag/uragan>
52. <http://ru.wiktionary.org/wiki/>
53. http://topsteel.com.ua/page_47.html
54. http://alitprim.ru/otoplenie/kme_tubes.html
55. <http://www.webois.org.ua/>
56. <http://www.novotekh.ru/>
57. http://www.genussregion.oberfranken.de/erlebnisse/staedte/5/wunsiedel/145/selb_porzellanwelt_fichtelgebirge/details_62.htm
58. <http://worldart.uol.ua/text/2396273/>
59. <http://subscribe.ru/group/na-zavalinke/3062262/>
60. <http://poison.flamber.ru/photos/1170289574/>
61. <http://www.mir-kamnej.ru/>
62. <http://nebesnoe.info/2010/12/20/interesnoe-ob-almazax/>
63. <http://2karata.ru/izumrud.php>
64. <http://nicegem.ru/aquamarine.html>
65. http://www.treeland.ru/article/pomo/gems/Morganite_and_others
66. http://tntings.blogspot.com/2011_11_01_archive.html
67. http://www.binarclub.ru/files/tur_images/img191020101345411.jpg
68. <http://ru.wikipedia.org/wiki>
69. <http://rennersdorfer-gegenwind.de/stromerzeugung-eine-frage-der-moral/>
70. <http://www.zhvucu.dp.ua/2010/11/kak-proizvodat-uran/>
71. <http://www.manbw.ru/photo/atom/index.html>
72. <http://strany-afriki.ru/?p=305>
73. <http://rudocs.exdat.com/docs/index-25724.html?page=9>
74. <http://www.belovo42.ru/other/holiday/shahter/2765427/>
75. http://etc.usf.edu/clipart/27300/27350/archimedes_27350_lg.gif
76. <http://earthz.ru/names/83>
77. http://rus.ruvr.ru/data/827/859/1234/Da_Vinchi.jpg
78. <http://istoki-tehniki.ru/burenie/44>
79. http://www.thefullwiki.org/Georgius_Agricola
80. <http://energetika.in.ua/ru/books/book-1/part-2/section-7/7-1/7-1-1>
81. <http://himedo.net/TheHopkinThomasProject/TimeLine/Wales/Steam/URochesterCollection/Savery/descrip.htm>
82. <http://photo.qip.ru/users/babula1946/200562455/all/?mode=xlarge>

83. <http://agn.narod.ru/300.htm>
84. http://www.hermitagemuseum.org/html_Ru/04/2011/hm4_1_286_5.html
85. <http://raax.ru/tag/%d1%84%d1%80%d0%b0%d0%bd%d1%86%d0%b8%d1%8f/>
86. http://litseminar.blogspot.com/2009_12_01_archive.html
87. <http://english.migdal.ru/judaism/3588/>
88. http://extreme-survival.io.ua/s401496/tayna_grecheskogo_ognya
89. http://www.fotoe.com/www_bak/mgallery/sub_show.php?Id=23535
90. http://www.stejka.com/rus/trip/galicija_na_granice_dvux_mirov/
91. <http://english.turkebilgi.com/Crude+oil>
92. <http://zabort.ru/blog/poznavatelno/>
93. <http://refdb.ru/look/2710989.html>
94. <http://www.nefte.ru/history/history25.htm>
95. <http://gefter.ru/archive/3660>
96. <http://aoghs.org/pioneers-and-discoveries/first-well-first-oil-well-fire/>
97. <http://www.vestnik.com/>
98. <http://www.neftepro.ru/>
99. <http://e-libra.ru/read/192016-sovetskie-inzhenery.html>
100. <http://www.masters.donntu.edu.ua/2012/igg/batyuta/diss/index.htm>
101. http://geo.lseptember.ru/view_article.php?ID=200901806
102. <http://placefound.ru/avstraliya-osobennosti-narodnogo-hozyaystva/>
103. <http://miningwiki.ru/wiki/>
104. <http://www.uran.donetsk.ua/~masters/2007/ggeo/yakushin/library/bibl5.htm>
105. <http://newzz.in.ua/culture/1148869804-issleduya-donbass-solyanye-shaxty-soledara.html>
106. <http://spelesto.ucoz.ru/photo/24-0-26>
107. http://www.str-mash.ru/ru/articles/mortar/sredstva_mehanizacii/
108. <http://library.stroit.ru/articles/gorkrep/>
109. http://www.msgpa.ru/education/specialities/2011_priem/gornye_machines.php
110. <http://vseslova.com.ua/word/>
111. <http://rossiya.cat.com/cda/layout?m=638395>
112. <http://www.faberg.de/0201.htm>
113. <http://www.diclib.com>
114. <http://nnrmpi.ucoz.ru/photo/1-0-6>
115. http://avails.org/slovari/tekhnika.php?dic_tid=507
116. <http://computerchoppers.ru>
117. <http://www.likebook.ru/books/view/124033/?page=30>
118. <http://rud.exdat.com/docs/index-619890.html?page=5>
119. <http://b3.edushkola.ru/docs/1156/index-44443.html>

120. http://saprex.blogspot.com/2013_05_01_archive.html
121. <http://www.litmir.net/br/?b=106219&p=42>
122. <http://lib.znate.ru/docs/index-22536.html?page=9>
123. <http://www.respublika.info/4831/government/article33658/>
124. <http://sibneft.net/sibneft/1006-burilnye-ustanovki-obshhie-ponyatiya-i-svedeniya-chast-64.html>
125. <http://www.urbnvodu.ru/tehnrezim.html>
126. <http://www.mgpkural.ru/index.php?page=catalog&pid=141>
127. <http://www.photoukraine.com/i/articles/Oil%20&%20Gas%20Photos/003.jpg>
128. <http://lib5.podelise.ru/docs/35800/index-40977.html?page=10>
129. <http://rushkolnik.ru/docs/114/index-2849413.html?page=27>
130. <http://knu.znate.ru/docs/index-449392.html?page=9>
131. <http://www.seaships.ru/ocean.htm>
132. <http://neftandgaz.ru/?p=939>
133. http://thelib.ru/books/pronin_serгей/o_nefti_i_gaze_dostupnym_yazykom-read-7.html
134. http://unicom-ru.com/tpl/my_functions.php?act=get_news_detail&ID=262
135. <http://typical.if.ua/news/view/1502>
136. <http://jzlrus.ru/vladimir-vernadskiy.html>
137. <http://www.psychologos.ru/articles/view/aristotel>
138. <http://www.mining-enc.ru/>
139. <http://ricolor.org/history/eng/est/mend/>
140. <http://www.astrokras.narod.ru/pub/perml.htm>
141. <http://s56.radikal.ru/i152/0808/8a/bee9fbe54dfe.jpg>
142. <http://donoblzem.gov.ua/bibliot/Rekultivacija%202012.htm>
143. <http://www.firmendb.de/deutschland/Nordrhein-Westfalen;Gelsenkirchen.php>
144. <http://nevsepic.com.ua/art-i-risovanaya-grafika/page,12,11008-kollekciya-rabot-hudozhnika-hansa-baldunga-492-rabot.html>
145. <http://turbina.ru/guide/Kutna-Gora-Tchekhiya-117291/Foto/V-sobore-Svyatoy-Barbary-41151/photo420063/>
146. http://www.spielzeugland-erzgebirge.com/Die-Region:_:11.html
147. <http://historycoal.narod.ru/forma.html>
148. http://www.art-catalog.ru/picture.php?id_picture=13286
149. http://sovcom.ru/pics/auctions/52940_110.jpg
150. http://bprice.ua/news/business_news/4756
151. <http://maxi-exkavator.ru/articles/encyclopedia/~id=710>
152. http://www.0zn.ru/ekologiya/vozdejstvie_gornogo_proizvodstva_na.html

ПЕРЕДМОВА	3
РОЗДІЛ 1. Планета Земля	
1.1. Будова Землі	10
1.2. Природні катастрофи. Їх наслідки	18
РОЗДІЛ 2. Надра землі — комора природи	
2.1. Гірські породи	31
2.2. Корисні копалини	33
2.2.1. Мінеральні корисні копалини	34
2.2.2. Природні енергетичні корисні копалини	51
РОЗДІЛ 3. Історія гірничої справи	
3.1. Початок видобутку твердих корисних копалин	63
3.1.1. Основні етапи еволюції в гірничій справі	63
3.1.2. Історична хронологія розвитку гірничої справи	65
3.2. Нафта і газ. З глибини століть	85
РОЗДІЛ 4. Основи гірничої справи. Елементи та поняття	
4.1. Гірнича справа та гірничодобувна промисловість	105
4.2. Першопрохідники гірничої справи	107
4.3. Способи розробки родовищ корисних копалин	108
4.4. Гірничі роботи	108
4.4.1. Елементи гірничих робіт за видобутку корисних копалин відкритим способом	109
4.4.2. Елементи гірничих робіт за підземного видобутку корисних копалин	111

РОЗДІЛ 5. Видобуток твердих корисних копалин

5.1. Фізико-механічні властивості гірських порід, що визначають їх руйнування під час видобутку	121
5.2. Мирні вибухи — помічники гірників.	131
5.2.1. Основні поняття.	131
5.2.2. Історія вибухової справи.	132
5.2.3. Методи і технологія вибухових робіт	138
5.3. Видобуток корисних копалин відкритим способом	154
5.3.1. Загальні відомості.	154
5.3.2. Технологія відкритих гірничих робіт.	156
5.4. Підземний видобуток корисних копалин	165
5.4.1. Проходка гірничих виробок	166
5.4.2. Кріплення гірничих виробок	181
5.4.3. Видобуток вугілля	184
5.4.4. Видобуток рудних і нерудних корисних копалин.	191
5.5. Свердловинні методи видобутку твердих корисних копалин	201
5.5.1. Підземне розчинення солей	203
5.5.2. Підземна виплавка сірки	206
5.5.3. Підземна газифікація вугілля.	207
5.5.4. Підземна переробка сланців.	210
5.5.5. Підземне вилуговування корисних копалин.	211
5.5.6. Видобуток корисних копалин гідравлічним способом	213
5.6. Підводний видобуток корисних копалин	215
5.7. Гідромоніторний видобуток корисних копалин	220

РОЗДІЛ 6. Видобуток нафти і газу

6.1. Основні форми залягання і характеристика порід, що містять нафту і газ.	225
6.2. Як утворилися нафта і газ?.	227
6.3. Пошук і розвідка нафтогазових родовищ	228
6.4. Буріння свердловин	229
6.5. Способи видобутку нафти	236
6.5.1. Фонтанний спосіб	237
6.5.2. Газліфтний спосіб.	239
6.5.3. Насосний спосіб.	240
6.5.4. Шахтний спосіб	243
6.6. Видобуток газу і газового конденсату	245
6.7. Видобуток нафти і газу на морському шельфі	247
6.8. Транспортування нафти і газу.	250

РОЗДІЛ 7. Розвиток гірничої науки, освіта і культура

7.1. Корифеї гірничої науки	257
7.2. Гірнича освіта.	271
7.3. Відображення гірничої справи в культурі	275

РОЗДІЛ 8. Гірнича справа та охорона навколишнього середовища

8.1. Охорона довкілля за видобутку твердих корисних копалин. . . .	288
8.2. Охорона довкілля за видобутку нафти і газу	293

РОЗДІЛ 9. Гірнича справа у ХХІ ст. 301

ПІСЛЯМОВА	313
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.	315

Науково-популярне видання

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГЕОФІЗИКИ ім. С.І. СУББОТІНА

В.П. НАГОРНИЙ
В.М. ГЛОБА

ГІРНИЧА СПРАВА

ДОРОГА ЗАВДОВЖКИ У ТИСЯЧОЛІТТЯ

За редакцією
доктора технічних наук,
професора **В.П. НАГОРНОГО**

Художнє оформлення *Є.О. Льницького*

Редактор *О.І. Калашикова*

Технічні редактори *Т.М. Шендерович, О.А. Бурдік*

Комп'ютерна верстка *О.В. Вакаренко*

Підписано до друку 09.09.2014. Формат 84 × 108/32.
Папір офсетний. Гарн. Ньютон. Ум. друк. арк. 17,01
Обл.-вид. арк. 17,5. Тираж 300 прим. Зам. № 3998.

Видавець і виготовлювач

Видавничий дім «Академперіодика» НАН України
01004, Київ, вул. Терещенківська, 4

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи серії ДК № 544 від 27.07.2001

ВИДАВНИЧИЙ
ДІМ



АКАДЕМ
ПЕРІОДИКА