

Міністерство освіти та науки України  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»  
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

### **Реферат**

**На тему** «Розвиток гірничої техніки в середньовіччя за книгою Агріколи про  
гірничу справу»

**З курсу** «Енергозберігаючі технології в гірництві»

Виконав:  
студент групи ОБ-51м  
Павленко М.О.

Прийняв:  
Гайко Г. І.

Вперше систематизував знання про збагачення корисних копалин Г.Агрікола у своїй знаменитій енциклопедичній роботі «De Re Metallica» (1556 р.), виклавши їх у окремії «Книзі восьмій». Він виділяє такі основні операції, застосовувані у збагаченні: селективне виймання, сортування, дроблення, подрібнення, грохочення, гравітаційні методи збагачення, промивання, амальгамування, а також підготовчі термічні методи, зокрема випалення і використання для збагачення корисних копалин рельєфу та природних потоків. Розглянемо стан розробленості цих технологічних процесів і операцій збагачення у середні віки. Селективне виймання і сортування (рудовибірка). Чи не вперше у гірництві Г.Агрікола описує селективне виймання рудокопами рудного ма-теріалу при розробці рудних жил: «цінну руду вони відкладають у рудопр-мивні корита, а малоцінну кидають окремо в бадді». Якщо ж цього рудо-коп не зробив на етапі виймання, то треба це зробити пізніше: «викопану руду треба уважно оглянути і відокремити частину, багату металом, від частини, яка не має металу» (зараз цю операцію попереднього збагачення називають «рудовибірка» або «сортування»). Для рудовибірки на копальнях залучали не тільки чоловіків-гірників, але й жінок та дітей, які «проводять цілі дні за рудорозбірним столом». Великі шматки руди розколювали молотами, дробили і товкли, після чого вибирали добірні грудки, а бідні на метал викидали.

Г.Агрікола так описує конструкцію рудорозбірного столу: «Найчастіше рудорозбірні столи виготовлені з щільно підігнаних дощок довжиною 4 фути, така ж і ширина стола; до трьох сторін столу припасовані борти висотою 1 фут, передній же край, де знаходиться розбірник руди, відкритий.» Для дроблення великих шматків «рудорозбірники кладуть на кожний рудорозбірний стіл твердий і широкий камінь».

**Професійні рудорозбірники** XVI ст. (наприклад, у м. Гослар, Німеччина) використовували захисні рукавиці та «наніжники», виготовлені з деревної кори. Самородні метали (срібло) рудорозбірники сплющували, розрізали залізними зубилами або ножицями на шматки і направляли на плавлення.

**Термічна обробка руд** при їх збагаченні. Інколи перед рудорозбіркою руду піддавали термообробці (випалювали), що, по-перше, зменшувало її міцність, покращувало дробимість і, по-друге, дозволяло видалити (випалити) ряд нерудних домішок – сірку, бітум, аурипігмент, реальгар тощо. При цьому вже у середньовіччі були вироблені різноманітні способи випалення – конусоподібних куп руди на відкритому майданчику і у спеціальних печах; з добавками купоросу, колчедану, змочуванням водою; у одну (дві, три) стадії. Інколи до випалювання видобутої руди її витримували в купах на відкритому повітрі – сонце, вітер, вода (дощі), температурні коливання дещо розпушували рудний матеріал.

Дроблення руди.

**Дроблення і подрібнення.** Дроблення рудного матеріалу у XVI ст. виконували двома шляхами – окремих валунів про сортуванні і крупних класів, які виділялися шляхом просіювання (грохочення).



A—MORTAR. B—UPRIGHT POSTS. C—CROSS-BEAMS. D—STAMPS. E—THEIR HEADS. F—AXLE (CAM-SHAFT). G—TOOTH OF THE STAMP (TAPPET). H—TEETH OF AXLE (CAM).

Дроблення валунів при сортуванні. Поширеність операції сортування руд, використання його протягом століть виробили специфічні знаряддя дроблення рудних валунів, які за Г.Агріколою «на вигляд були схожі на кувалди, а за призначенням – близькі до цівів. Ці знаряддя мають довжину 1 фут, шириною в 1 долоню, товщиною в палець; посередині зроблено, як у кувалдах, отвір, в який вставлено не товстий дерев'яний держак довжиною 3,5 фута. ... Широким боком цього залізного знаряддя робочі товчуть руду так само як молотять зерно на току гладенькими дерев'яними ціпами, навішеними на ціповища.»

Дроблення надрешітного матеріалу. Г.Агрікола описує, що всю руду просіювали на ситі вилучаючи крупні класи (діаметром з горіх і більше). Надрештний продукт піддавали дробленню ударним способом у дробарці оригінальної конструкції, яку називали «товчільний ящик» (рис.). По суті вся його конструкція була підпорядкована одній меті – механізації процесу товчіння крупного матеріалу на міцній підложці (дубовій колоді, камені або залізній плиті) спеціальними товкачами

із залізними головками. Пристрій, мав 3-4 таких товкачів і прямокутну робочу зону дроблення, а іноді (Східні Альпи – нині територія Італії, Швейцарії, Австрії, а також у Карпатах) – до 20 товкачів уряд і видовжену робочу зону дроблення. Товкачам надавали зворотно-поступального руху у вертикальній площині. Приводом, як правило, слугував водяний млин, який виконували у закритому приміщенні, що покращу-вало умови його експлуатації в зимовий час. Така «товчільна дробарка» працювала у замкненому циклі з контрольним грохотом, - на дроблення повер-тався надрешітний продукт. Зрозуміло, що вся схема працювала у періодич-ному режимі: спершу дробарку завантажували крупними грудками руди, потім приводили товкачі в рух, після певного часу зупиняли товкачі, вивантажували дроблену руду, просіювали її на ситі, завантажували нову порції крупного класу руди і недороблений (надрешітний) матеріал.

Проривне рішення в галузі дроблення застосував Йоганн фон Мальтіц (єпископ Мейссенський), який у 1512 році на саксонських руднях у Німеччині замість сухого застосував мокре дроблення (дроблення попередньо змоченого матеріалу), яке було більш ефективним. По суті емпірично чи не вперше масово у збагаченні корисних копалин було використано розклинюючий ефект, який чинить вода у порах і мікротріщинах, зменшуючи у такий спосіб міцність суцільного рудного матеріалу, полегшує його руйнування. Сьогодні це явище відоме під назвою «ефект Ребіндера» і застосовується при дробленні та подрібненні різних корисних копалин, приготуванні водовугільного високонцентрованого палива.

### **Грохочення.**

Подрібнення рудного матеріалу у часи Г.Агріколи виконувалося водя-ними або мускульними млинами, конструктивно виконаними на основі жорен. Подрібнення золотоносної руди виконувалося в декілька стадій (до 3-х). Інколи дроблення і подрібнення суміщали з операцією промивки. Промиту руду направляли на амальгамацію.



A—SIEVE. B—SMALL PLANKS. C—POST. D—BOTTOM OF SIEVE. E—OPEN BOX. F—SMALL CROSS-BEAM. G—UPRIGHT POSTS.

Грохочення. Для виконання цієї операції у XVI ст. використовували ряд методів і пристроїв. Так, для крупного грохочення, за Г.Агріколою, засто-совували «короткий ящик» з мідною сіткою замість дна, який підв'язували до крюка на стовпі або до сука на дереві. Робітник багатократно притягував ящик заповнений рудою до себе і відпускав його, сильно вдаряючи об стовп чи дерево. При цьому матеріал просіювався.

Підрешітний продукт першого ящика (грохота) направляли у

подібний «короткий ящик» але з меншими отворами сита і виконували ті ж операції для розсіювання матеріалу на класи крупності. Підрешітний продукт другого ящика направляли у третій ящик зі ще меншими отворами сита. Для виділення найменших (пилеподібних) класів крупності застосовували мокре просіювання – шляхом «прополіскування в діжці з водою». Просіюючими поверхнями таких грохотів у Рудних горах були дротяні – мідні і залізні сита, які підтримувалися прутами. Барабан сита – дерев'яний, виконаний у формі бочки, скріплений залізними ободами. Чеські гірники того часу для просіювання дрібнодисперсного матеріалу використовували також плетені кошики, які розгойдували і трясли у бадді чи діжці, майже повністю заповненій водою.

**Амальгамування** у XVI ст. виконували у послідовно встановлених пе-реливних ємностях (бочках), куди поміщали ртуть. Пульпа золоторудної муки послідовно надходила у кожен бочку (з верхньої до нижньої), де перемішувалася, частинки золота при контакті з ртуттю створювали золото-ртутну амальгаму (сплав ртуті з металом).

**Гравітаційне збагачення і водна промивка руд.** Г.Агрікола описує шість способів промивки металовмісних руд: «у простому жолобі, у жолобі, який розгороджений дощечками, у великому баці, у короткому герді або планен-герді, похилому герді – шлемграбені (пристрої для промивки корисних копалин), або на густому ситі» (рис.). При цьому він називає вказані способи «старими».

У той же час застосовували і більш сучасні – модернізовані промивні машини, наприклад двоповерхові промивні жолоби, нижнє і верхнє відділення яких розділяло залізне сито (поєднання грохота і жолоба).

Гравітаційне збагачення виконували у жолобах (шлюзах) різних конструкцій, сучасним аналогом яких є вашгерд. Техніка гравітаційного збагачення корисних копалин, зокрема золота, олова і інших металів розсипних родовищ з високою питомою вагою, а також гранатів у водних потоках, що течуть по похилій поверхні у XVI ст. досягла високого рівня. Показником цього є залучення до збагачення найтонших класів – для їх уловлювання застосовували покриття дна гердів шкірами волів, кінськими шкірами, зеленим сукном тощо (сьогоднішні аналоги – ворсисті шлюзи). Для підвищення ефективності збагачення у шлюзах мийник (як правило хлопчик) мав весь час перемішувати руду (спеціальними гребками або струшуючи герд) – важкі часточки золота чи олова опускалися на дно і застрягали у ворсинах підстилки, а легші вимивалися потоком води. Після накопичення значної кількості важкої фракції у ворсяній підстилці процес припиняли і споліскували її, вилучаючи цінний метал.

Промивка золота.

**Процес промивки водою**, який використовується і сьогодні, забезпечує відмивання від щільного матеріалу пухких глинистих та тонких піщаних фракцій, які вловлюються у фільтрах, а найтонші – у мулонакопичувачах.



Цікаво, що нинішні шламовідстійники та мулонакопичувачі мали своїх аналогів-попередників у середньовіччі. Так, у Саксонській Швейцарії, на притоках Ельби у XVI ст. було влаштовано ряд ставків-відстійників для тонкодисперсної оловоносно́ї руди і ці відстійники були частиною технологічно-го циклу промивочних рудень.

**Використання для збагачення корисних копалин рельєфу та природних потоків.** Г.Агрікола описує оригінальні способи гравітаційного збагачення (промивки) з використанням природних перепадів висот (зокрема в горах) та потоків, невеликих

річок, вказуючи, що його використовували, зокрема, португальці. Зауважимо, що сучасне людство ці способи не використо-вує. Суть технологічних рішень давніх збагачувальників полягала у використанні снігових (льодовикових) або дощових вод для промивки корисних ко-палин. При цьому в ущелинах гір, на їх схилах влаштовувалися спеціальні штучні русла, канали, по яких спрямовувалися водні потоки. Після попереднього збагачення рудного матеріалу в таких природних умовах і сходження вод осад штучних русел (канал) видобувався і перезбагачувався у пристроях-гердах.