

**РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ОСНОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ
МЕТАЛУРГІЇ: ГЛОБАЛЬНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА УКРАЇНСЬКИЙ КЕЙС**

Сучасний гірничо-металургійний комплекс (ГМК) перебуває в точці перетину технологічних викликів, глобальних економічних коливань та трансформації структури попиту на метали. На сьогодні галузь переживає один із наймасштабніших періодів переосмислення за всю свою історію. Це стосується як технологічних основ, так і організаційних моделей, а також загального стану підприємств – як у світі, так і в Україні. Серед ключових сучасних проблем гірничо-металургійного комплексу виділяється ціла низка взаємопов'язаних чинників. Суттєвий вплив мають сировинні та енергетичні обмеження, пов'язані з коливаннями цін на залізорудну сировину, високою залежністю від природного газу та коксу, періодичними енергетичними кризами та необхідністю переходу до альтернативних, зокрема водневих, технологій. Не менш значущими є екологічні виклики, що проявляються у високих викидах вуглекислого газу, пилу, оксидів азоту та сірки, а також у формуванні значних обсягів шламів, шлаків і хвостів. Додатковий вплив на розвиток гірничо-металургійного комплексу чинять геополітичні фактори, такі як порушення глобальних ланцюгів постачання, торговельні обмеження і війни, а також висока залежність підприємств від окремих ринків збуту металопродукції.

Шляхи вирішення цих проблем уже формуються, і одним із ключових напрямів стає реалізація концепції циркулярної економіки «Zero Waste» як важливого інструменту сталої трансформації галузі. Циркулярна економіка у загальному розумінні – це модель виробництва і споживання, орієнтована на мінімізацію відходів та максимальне повторне використання матеріалів: заміна лінійної схеми «видобуток – виробництво – викид» на цикл «проектування з урахуванням тривалого строку служби – скорочення використання первинних ресурсів – повторне використання і переробка – повернення матеріалів у виробництво». Вплив принципів циркулярної економіки на ГМК є багатограним – знижується потреба у первинних рудах, скорочуються обсяги відходів та пов'язані з ними витрати на захоронення й екологічну реабілітацію, зменшується вуглецевий слід (через скорочення видобутку, транспортування та переплавлення первинних матеріалів), підвищується стійкість ланцюгів постачання та зменшується залежність від імпорتنих критичних компонентів. Концепція також стимулює інновації у сфері хіміко-технологічної переробки шлаків, уловлювання і повторного використання флюсів та впровадження цифрових сервісів для відстеження «матеріального паспорта» виробів і партій металу.

Усі зазначені положення узагальнюють і детально висвітлюють великі промислові гравці – «ArcelorMittal» [1], «Voestalpine» [2] та низка інших, зокрема «ArcelorMittal» та «Voestalpine», системно впроваджують стратегії використання лому, переробки побічних продуктів і збільшення частки вторинних матеріалів, розробляють високоміцні та легкі сплави для скорочення споживання сталі у виробках, при цьому «ArcelorMittal» робить акцент на високому рівні повторного використання сталі (до 85-90 %) як основу циркулярної економіки, а «Voestalpine» планує довести частку вторинних матеріалів у виробництві до понад 90 % до 2030 року та активно розвиває переробку шламів, пилу і шлаків. Ці ініціативи демонструють, як промислова політика та продуктова інженерія спільно працюють для скорочення використання природної рудної сировини.

Конкретно український кейс циркулярної практики полягає у комерціалізації побічних продуктів металургії, насамперед гранульованого шлаку, як добавки при виробництві цементу та дорожнього будівництва [3]. Прикладом є експорт гранульованого шлаку та розвиток локальних ліній з його переробки (компанії, що спеціалізуються на гранулюванні та продажу шлакової продукції, у 2023 році суттєво збільшили обсяги експорту до ЄС [3]).

Таким чином, світовий та український досвід показує, що впровадження принципів циркулярної економіки стає не лише екологічною необхідністю, а й практичним інструментом підвищення ресурсної ефективності, зниження витрат і зміцнення стійкості галузі.

Список літератури

1. By-products, scrap and the circular economy | ArcelorMittal. Home Page | ArcelorMittal. URL: <https://corporate.arcelormittal.com/sustainability/by-products-scrap-and-the-circular-economy>.
2. Circular Economy | voestalpine HPM Division. voestalpine: technology group - voestalpine. URL: <https://www.voestalpine.com/highperformancemetals/en/company/inspire/circular-economy>.
3. Recycling Solutions is one of the largest suppliers of granulated slag to the European Union - RecyclingSolutions. URL: <https://re-solutions.com.ua/en/recycling-solutions-odyn-z-najbilshyh-postachalnykiv-granulovanogo-shlaku-do-yevropejskogo-soyuzu>.