

УДК 502+504

*П.І. Копач, Д.В. Чілій***АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ
ВІДХОДОУТВОРЕННЯ НА
ВИРОБНИЦТВАХ ГІРНИЧО-
МЕТАЛУРГІЙНОГО РЕГІОНУ***Інститут проблем природокористування та екології НАН України,
Дніпропетровськ, Україна*

Розглянуто функціонування територіального гірничо-металургійного комплексу України в контексті відходоутворення. Приведено наявний досвід та нормативно-правові основи діяльності країн Європейського Союзу в сфері поводження з відходами. Запропоновано підходи до вирішення проблем відносності стосовно гірничовидобувного та металургійного виробництв.

Рассмотрено функционирование развития территориального горно-металлургического комплекса Украины в контексте отхообразования. Приведен имеющийся опыт и нормативно-правовые основы деятельности стран Европейского Союза в сфере обращения с отходами. Предложены подходы к решению проблем относительности касающихся горнодобывающего и металлургического производств.

Вступ

Проблема технологічних відходів виникла з переходом суспільного виробництва на шлях інтенсивного розвитку. З розвитком промисловості зростали об'єми технологічних відходів. Особливо це стосується гірничодобувної та переробної галузей промисловості, сконцентрованих в гірничо-металургійному регіоні.

У процесі виробничого технологічного циклу на гірничо-збагачувальних і переробних підприємствах в Україні утворюється щорічно близько 600 млн м³ (або більше 1 млрд т) мінерально-сировинних відходів, у тому числі відходів збагачення - 75-80 млн м³, відходів вторинного переділу (металургійного, хімічного) - 20 млн м³. Полігони відходів деяких енергетичних, металургійних та гірничорудних підприємств за вмістом в них корисних компонентів стали багатіші за деякі природні родовища. Разом з тим потреба в багатьох видах сировини, у тому числі і в гірничорудному, будівельному, гірничо-хімічному, задовольняються далеко не повністю, а перспективи виявлення покладів, які б знаходилися в сприятливих гірничотехнічних та економічних умовах, з кожним роком скорочуються.

На даний момент сформувалася тенденція до виснаження найбільш доступних і ба-

гатих родовищ корисних копалин, які залягають на вже освоєних відносно невеликих глибинах.

У зв'язку з цим в багатьох публікаціях висунута ідея фізичної обмеженості корисних копалин у надрах земної кулі. Фактично мова може йтися лише про відносну їх обмеженість. Вона залежить від реальної можливості використання мінеральних ресурсів, яка базується, в першу чергу, на науково-технічному рівні добувної і переробної галузей та рівня цін на мінеральну сировину. Запаси мінеральної сировини можна підвищити, якщо залучити до практичного використання заскладовані на поверхні різного роду відходи промислового виробництва, у тому числі металургійного та гірничодобувного. При розробці нових або удосконаленні існуючих переробних технологій вони можуть стати цінними джерелами мінеральної сировини. Тому можна стверджувати, що немає мінерально-сировинної кризи, є криза техніки і технології видобутку та переробки мінеральної сировини низьких кондицій [1].

Будь-яке техногенне скупчення відходів є локальною аномалією концентрації окремих елементів або мінеральних утворень, яке сформовано з урахуванням технологічних та економічних чинників, але ніяк не з урахуванням природних законів міграції, розсіювання і взаємодії з компонентами навколиш-

нього природного середовища. Тому з техногенними скупченнями відходів промисловості пов'язана сукупність процесів негативної дії на природне середовище. Це забруднення повітряного басейну (пилоутворення), висока агресивність техногенних вод через наявність технологічних реагентів, токсичність деяких порід та їх елементів, наявність важких металів, вірогідність аварійних ситуацій на об'єктах їх знаходження тощо. За рахунок існування техногенного накопичення промислових відходів, природні системи

суміжних територій потрапляють до зони інтенсивного забруднення на значний період часу. Під зберігання цих відходів вилучено з обороту більше 230 тис. га родючих сільськогосподарських земель. Проблема утилізації техногенного скупчення технологічних відходів не може бути ефективно вирішена одними лише технологами чи одними екологами. Вона повинна вирішуватися в тісній взаємодії різних фахівців на єдиній концептуальній основі.

Загальна характеристика відходів

Відходи є небажаними, але і неминучими на даний час продуктами технологічної діяльності людини. За можливістю їх використання розрізняються утилізовані і неутілізовані відходи. Для перших існує технологія переробки і залучення до господарського обороту, для других вона на даний час відсутня. Відходи виробництва – ознака недосконалої технології і організації виробництва та споживання.

Відходи виробництва – це залишки сировини, матеріалів, речовин, напівфабрикатів, виробів та інших продуктів, що утворилися в процесі виробництва продукції, вироблення енергії або виконання робіт, які втратили повністю або частково початкові споживчі властивості; попутні речовини, що утворюються, які не є метою виробництва і не знаходяться застосування за своїми характеристиками в технологічному процесі, зокрема бракована продукція; вміщуючі та розкривні породи, що утворюються при видобутку корисних копалин; побічні і попутні продукти, уловлені при очищенні технологічних газів, і тверді речовини стічних вод; сільськогосподарські відходи.

Відходи споживання – усі види відходів, які утворюються в результаті споживання і експлуатації готової продукції, включаючи

тверді побутові відходи, медичні і біологічні відходи, пакувальні відходи, а також відходи, що утворюються при функціонуванні культурно-побутових, учбових установ, організацій і підприємств торгівлі, громадського харчування та інших підприємств і організацій суспільного призначення; залишки речовин, матеріалів, предметів, виробів, які частково або повністю втратили свої первинні споживчі властивості в результаті фізичного або морального зносу в процесах споживання і експлуатації, а також отримали несумісні з їх подальшим використанням пошкодження в результаті нештатних ситуацій.

Вторинні матеріали і ресурси – відходи виробництва і споживання, які на даному етапі розвитку науки і техніки можуть бути використані в народному господарстві як на підприємстві, де вони були утворені, так і за його межами. До вторинних матеріалів і ресурсів не відносяться зворотні відходи виробництва, які використовуються повторно, як сировина технологічного процесу, в якому вони утворюються.

Побічні продукти і відходи – можлива сировина для інших виробництв. Побічні продукти можуть бути планованими і давати прибуток з їх продажу або використання.

Коротка характеристика гірничо-металургійних регіонів

Прикладом типового гірничо-металургійного регіону може слугувати Дніпропетровська область. На прикладі Дніпропетровської області можна відслідкувати всі екологічні негаразди, пов'язані з існуючою диспропорцією в регіональному природокористуванні та розглянути можливі підходи до вирішення цієї проблеми. Дніпро-

петровська область є одним з найбільш індустріально-розвинених регіонів України. Мінерально-сировинна база області на 29,5 % складається з паливно-енергетичних корисних копалин (нафта, газ, конденсат, кам'яне та буре вугілля), на 38 % - із сировини для виробництва будівельних матеріалів, решта – це руди металів, а також прісні

та мінеральні підземні води. На території області налічується 293 родовища різноманітних корисних копалин, з них розробляються 82 родовища. Наявність потужних запасів мінеральної сировини зумовлює високу концентрацію промислових об'єктів на території області.

Концентрація промислових потужностей області перевищує середньо-державний рівень у 2 рази. Кількість підприємств, виробничих об'єднань та комбінатів по галузях промисловості: енергетична – 19; гірничозбагачувальна – 49; вугільна – 30; хімічна – 21; нафтопереробна – 4; машинобудівна – 33; легка – 11; металургійна – 51; нафтохімічна – 18; металообробна – 51; деревообробна – 6; будівельні підприємства – 45; комунально-господарські підприємства – 52; інші підприємства, в т.ч. сільськогосподарські – 2502. Всього в Дніпропетровській області нараховується 3001 суб'єкт господарської діяльності.

Однією з основних екологічних проблем Дніпропетровська області є проблема утворення, збору, розміщення, складування, переробки та утилізації промислових відходів. Всього в області накопичено понад 8,0 млрд т твердих промислових відходів. В середньому на 1 км² території припадає близько 300 тис. м³ твердих і рідких відходів. Переважна їх кількість утворюється в результаті діяльності підприємств гірничо-металургійного комплексу.

Як видно з наведеного вище, гірничо-металургійний регіон – багатокомпонентна і поліструктурна система з різноманітністю складових елементів і виконуваних ними функцій, які вимагають системного підходу до вирішення регіональних проблем відходоутворення. Компонентами регіональної системи є природне середовище як природна ресурсна база виробництва і необхідна умова життєдіяльності населення, населення як продуктивна сила і споживач матеріальних і культурних благ, промислове виробництво матеріальних благ як сполучна ланка у взаємодії суспільства і природи, і разом з ним, джерело утворення відходів. По-елементний матеріально-сировинний баланс регіональної системи показує, що кожна з названих складових лише умовно може бути відокремлена одна від одної.

Відходність природокористування може розглядатися у складі наступних груп еле-

ментів: як елементу впливу на природні компоненти – умови розвитку і життєдіяльності населення (клімат, рельєф та ін.); як замінювачі або пошкоджувачі первинних ресурсів (корисні копалини, земельні, водні, біологічні ресурси, географічний простір, територіальні поєднання різних видів ресурсів); як вторинні ресурси – ресурси життя населення (тепло, світло та ін.); як вторинні природні ресурси – джерела забруднення середовища і невживані ресурси економіки); як показник комфортності життя населення – учасника і організатора природокористування, споживача природних благ; як показника досконалості технічних засобів, які використовуються для вилучення і переробки, відтворення природних ресурсів, вдосконалення процесів природокористування, вирішення екологічних проблем; як об'єкт прямих і опосередкованих елементів-зв'язків, які об'єднують природокористування з іншими функціональними підсистемами регіональної системи.

Розселення і життєдіяльність населення також так чи інакше впливають на відходність, яка супроводжує розвиток регіону. У широкому розумінні саме життєдіяльність населення, її економічні, соціальні і екологічні прояви пов'язують регіональну систему відходоутворення в єдине ціле.

Співвідношення і взаємозв'язки елементів цих функціональних підсистем утворюють функціонально-компонентну структуру регіону. В загальному вигляді гірничо-металургійний регіон – відкрита система з певною замкнутістю регіональних зв'язків і відносин. Ступінь відкритості і замкнутості (закритості) регіональної системи змінюється з масштабами виробництва і споживання в регіоні, розвиненістю регіонального відтворювального процесу, міжрегіональних і внутрішньо-регіональних зв'язків.

Як відкрита система регіон виконує функції забезпечення потреб країни (інших регіонів) шляхом експорту і власних потреб шляхом імпорту, відповідно, «надмірних» і «дефіцитних» для даного регіону товарів і послуг.

З точки зору відходності регіонального виробництва гірничо-металургійний регіон є закритою системою (в тому числі за фактором «викидів» та «скидів», які також повинні розглядатися як вид відходів.

Серед чинників, що впливають на динаміку структурних змін в сфері поводження з відходами регіонів, слід назвати капіталовкладення (розміри інвестицій) для вирішення проблеми відходів, регіональну політику, що визначає тактику і стратегію вирішення проблеми, активність дій органів державної влади з подолання кризових ситуацій і вирішення екологічних проблем. Слід також враховувати діяльність з впровадження досягнень науково-технічного прогресу. Але основним, при вирішенні проблеми відходів, все-таки повинна бути вимога забезпечення діяльності в рамках екологічної ємності території регіону.

Екологічна ємність території – характеризує можливість збереження екологічних умов, прийнятних для самофункціонування природних систем життєдіяльності людини. Але кількісних параметрів екологічної ємності до цього часу остаточно ще не вироблено, що пов'язано з безліччю чинників дії на природне середовище та складністю визначення ступеня впливу техногенезу на екологічний стан.

Відходність регіонального природокористування обумовлюється: виробничо-технологічними циклами, стадіями виробництва; виробничо-технічними й інфраструктурними елементами (станом основних фондів, транспортних та інших комунікацій, ліній зв'язку, енергетичної, будівельної і ремонтної бази, іншими елементами інфраструктури; вироблюваними і споживаними продуктами та послугами; міжгалузевими і територіальними поєднаннями та комплексами, різного роду об'єднаннями підприємств, окремими підприємствами, їх галузевими і територіальними підрозділами; виробничо-природними елементами (використовувані у виробництві первинні природні ресурси); виробничо-екологічними елементами (джерела забруднення середовища, забруднювачі, вторинні природні ресурси); виробничо-соціальними елементами (трудові ресурси, види і форми трудової діяльності).

Для характеристики з позиції відходності потужних гірничо-металургійних регіонів як системи, вперше введено поняття «міжгалузєвої відходності». «Міжгалузєва відходність» являє собою суму прямих і опосередкованих відходів, які утворюються при виробництві одиниці продукції (наприклад

прокату). В «міжгалузєву відходність» входять не тільки прямі відходи, що утворилися в процесі видобутку руди, її збагачення та металургійних переділів, але і відходи паливно-енергетичного циклу, комунального господарства та ін. супутніх виробництв, відповідно до кількості задіяного в технологічних циклах гірничих та металургійних виробництв відповідної продукції супутніх виробництв (наприклад, електроенергії, трудових ресурсів та ін.).

Показником ефективності за фактором «міжгалузєвої відходності» є коефіцієнт, що являє собою відношення фактичної «міжгалузєвої відходності» до величини «міжгалузєвої відходності» при застосуванні в регіональних виробництвах «найкращих доступних технологій». Найкраща доступна технологія (НДТ) – це технологія, заснована на останніх досягненнях в розробці виробничих процесів, установок або режимів їх експлуатації, які довели свою придатність для обмеження скидів, викидів та відходів. При визначенні того, чи представляють собою процеси, установки або режими їх експлуатації найкращу наявну технологію в цілому або в кожному окремому випадку, особливо враховуються:

- а) маловідходність і безвідходність технологій;
- б) технічний прогрес і зміни в наукових знаннях та розумінні проблем;
- в) економічна ефективність технології;
- г) строки впровадження як на нових, так і на існуючих підприємствах;
- д) характер та обсяг скидів і викидів.

НДТ для конкретного процесу буде з часом зазнавати зміни під впливом технічного прогресу, економічних і соціальних чинників, а також у світлі змін в наукових знаннях та розумінні проблем. У даному контексті термін «найкращі» означає «найбільш ефективні з точки зору запобігання, мінімізації або нейтралізації відходів. Термін «доступна» не означає, що дана технологія широко поширена, але вона повинна бути загальнодоступною. Термін «технології» включає як використовуваний процес, так і методи здійснення такого процесу. Таким чином, до цього поняття також входять підготовка співробітників, методи роботи, інструменти контролю і т. д. НДТ не повинні вимагати «зайвих витрат», що слід розглядати в двох контекстах - залежно від того, чи застосову-

ється вона в нових або в уже існуючих процесах. Вихідним посилом є те, що використовуватися повинні найкращі наявні технології, однак це правило може коригуватися економічними факторами, якщо вдається

продемонструвати, що вартість використання таких технологій буде надмірною порівняно з природоохоронними результатами, які вони можуть забезпечити.

Аналіз відходності залізорудних гірничо-збагачувальних комбінатів

В результаті видобутку і збагачення корисних копалин утворюються десятки мільйонів кубометрів відвальних порід і шламів. При цьому відбувається не тільки локалізація об'ємів порід і шламів; але й концентрація хімічних елементів, сполук і мінералів, оскільки у відходи потрапляють супутні корисні копалини та інші відходи виробництва, які є потенційно корисною сировиною. Останнім часом у всьому світі зріс інтерес до техногенних накопичень промислових відходів, і особливо, до накопичень, що виникли при функціонуванні гірничодобувних підприємств.

Відходи видобування та збагачення залізних руд. Як приклад можна розглянути ситуацію зі складуванням відходів збагачення залізистих кварцитів Кривбасу. Багаторічна експлуатація родовищ Криворізького басейну призвела до накопичення понад 3,6 млрд м³ розкривних порід і 2,0 млрд т відходів збагачення. На гірничо-збагачувальних комбінатах Кривбасу діють 8 хвостосховищ та 12 відвалів пустих порід, які займають площу близько 13 тис. га. Протягом року утворення відходів видобутку та збагачення залізних руд склало понад 234 млн т.

У Кривбасі діє п'ять гірничо-збагачувальних комбінатів, які за період з 1961 р. до нинішнього часу складували відходи збагачення залізистих кварцитів в шести хвостосховищах: балка «Петрова» (ПівнГЗК) – 375 млн м³; балка «Лозоватка» (ЦГЗК) – 246 млн м³; «Войково» (ПівнГЗК) – 106 млн м³; «Об'єднане» (ПівнГЗК, НКГЗК) – 250 млн м³; балка «Грушевата» (ПівнГЗК) – 19 млн м³; «Миролюбовка» – 105 млн м³; «Миколаївка» (ІнГЗК) – 283 млн м³. Всього в хвостосховищах Кривбасу (з урахуванням хвостосховищ ПО Кривбасруда) заскладовано більше 1400 млн м³ відходів збагачення. Проведена оцінка наявних літературних і архівних матеріалів дозволяє стверджувати, що навіть за найпесимістичнішим варіантом вміст заліза в хвостах збагачення складає 14-16% [1].

При видобутку бідних залізних руд, з кар'єрів на збагачувальну фабрику потрапляють залізисті кварцити з масовою часткою заліза загального 35-37%. Кондиційними за магнітним залізом вважаються кварцити з масовою його часткою 10-14%. Магнетитові кварцити з масовою часткою заліза < 10% вважаються некондиційними і вони потрапляють у відвали ГЗК.

Аналіз відвалів ГЗК Кривбасу, який був проведений на початку 80-х років минулого століття показав, що окремо складуються лише окислені кварцити, для яких в свій час були підраховані запаси, і вони вважались сировиною для Криворізького гірничо-збагачувального комбінату окислених руд. Всі інші породи (некондиційні залізисті кварцити, сланці, навіть четвертинні лесовидні суглинки) складуються у змішаних відвалах.

В процесі збагачення залізистих кварцитів утворюються відходи, які складуються у хвостосховищах, що займають приблизно 7-10 тис. га тільки в Кривбасі. Сумарний об'єм відходів збагачення близько 1,5-3,0 млрд м³, загальна маса – 4,0-6,0 млрд т.

За даними Мінпромполітики, тільки на ГЗК Кривбасу, щорічно утворюється близько 60 млн т відходів збагачення, наприклад, у 2003 р. утворилось 55791,7 млн т відходів збагачення.

Для оцінки розподілу заліза безпосередньо в хвостосховищах ГЗК і підрахунку запасів в середині 80-х років минулого століття були проведені геологорозвідувальні роботи. На хвостосховищі Центрального ГЗК пробурили 56 свердловин вздовж і навхрест дамби центрального пульпопроводу на всю глибину хвостосховища (30 м), на інших – по 20 свердловин вздовж дамб, що однозначно недостатньо.

Якщо врахувати, що середнє значення заліза загального в хвостосховищах становить 12 мас.%, то тільки в Кривбасі накопичено 600 млн т заліза при щорічному поповненні на 66 млн т.

Нижче наведено приклад «найкращої доступної технології» стосовно крупнотонажних відходів збагачення. Дослідження, які виконані в Інституті проблем природокористування і екології НАН України (ІППЕ НАН України), дозволяють припустити, що в процесі намівання хвостосховищ можлива локалізація металу в невеликих за площею зонах, конфігурація яких визначає межі покладу техногенного родовища. Параметри покладу можливо прогнозувати, вивчивши фізико-механічні характеристики хвостів, а також виконавши ретроспективний аналіз способів і параметрів намівання хвостосховищ. Таким чином, можливе орієнтовне визначення координат техногенного покладу в масиві хвостосховища. Детальне оконтурювання покладу можна здійснити звичайними методами геологічної розвідки.

Вищесказане відноситься до заскладованих раніше відходів ГЗКів. Проте можливим є й інший підхід – цілеспрямоване формування техногенних покладів мінерального компоненту з певними параметрами. Досвід Кривбасу й інших басейнів свідчить, що техногенні поклади в шламосховищах з промисловим вмістом корисних компонентів утворилися навіть випадково. При цілеспрямованому формуванні таких родовищ можна створити умови для швидкого залучення їх до експлуатації з порівняно низькими витратами, оскільки використовується вже подрібнений і відкласифікований матеріал. Технологічні параметри процесу локалізації мінеральних компонентів в техногенні поклади корисної копалини визначаються з використанням фізико-математичної моделі фракціонування пульпи при її переміщенні по пляжу хвостосховища. Спеціальна технологія намівання зводиться до проведення робіт з дотриманням певних контрольних параметрів: консистенції гідросуміші, розмірів технологічних карт та ін.

Період існування техногенного родовища можна розділити на такі проміжки: формування, консервація, депонування, розконсервовування, нормальна експлуатація і рекультивация. Деякі з даних проміжків часу включають роботи, які повною мірою вивчені в теорії та практиці відкритих гірничих робіт. До таких належать роботи з розконсервовування, які є аналогічні роботам з розкриття родовищ, а також рекультивациі відпрацьо-

ваних техногенних родовищ, економіки освоєння тощо.

В існуючих техногенних родовищах знаходяться забалансові руди і гірські породи, що містять корисну мінералізацію, переробка яких за відомих на період розробки природного родовища технологічних схем була економічно недоцільною або в цей період були відсутні споживачі техногенної мінеральної сировини. Існуючі техногенні родовища формувалися традиційним способом або способом селективного відвалоутворення з урахуванням лише двох вимог - мінімуму витрат на відвальні роботи і забезпечення стійкості укосів відвалів. При цьому не враховувалася можливість їх розробки в майбутньому з урахуванням вдосконалення гірничо-збагачувальної технології та зміни кон'юнктурних умов ринку.

Оцінка можливості та часу споживання депонованих мінерально-сировинних ресурсів дуже важлива, проте важко здійснити, оскільки пов'язана з необхідністю виконання багатьох прогнозів: розвитку науково-технічної і технологічної бази, зростання чисельності населення, стану економіки, міжнародної співпраці тощо. Незалежно від будь-яких прогнозів, фахівцям-гірникам вже зараз потрібно задуматися про випереджаючу розробку нових технічних і технологічних способів видобутку та переробки мінеральної сировини низьких кондицій.

Найважливішим процесом, реалізація якого дозволить надалі організувати технічно можливу і економічно доцільну розробку техногенного родовища є процес локалізації мінеральних компонентів при формуванні техногенного родовища. Процес локалізації корисних мінеральних компонентів можливий на основі індивідуальних властивостей мінеральних компонентів, що становлять початкову гірничу масу, і повинен враховувати специфіку формування техногенних масивів, у межах яких утворюються техногенні родовища.

Особливістю відходів гірничого виробництва є великотоннажність. Об'єм техногенних відходів тільки на стадії розробки родовищ у 4-5 разів перевищує, об'єм видобутку, а на стадії виробництва концентрату при збагаченні – в 3-10 разів і більше. Статус "відходів" указує на відсутність в даний час економічно доцільних технологій вилучення корисного компоненту на стадії осно-

вного технологічного ланцюга існуючого виробництва. Виходячи з цього, локалізація мінерального компоненту відходів повинна здійснюватися при мінімумі енергетичних і матеріальних витрат.

Як приклад можна відзначити, що цілеспрямоване розділення великотоннажних потоків відходів гірничо-збагачувального виробництва для формування техногенних родовищ найбільш ефективно при використанні з цією метою природних сил гравітації. Дослідженнями встановлено [1], що при русі пульпи з швидкостями, близькими до критичних, розподіл консистенції пульпи та її крупної твердої складової за перетином потоку нерівномірний. В нижній частині перетину пульпа найбільш густої консистенції, з найкрупнішими та найгустішими твердими частками. Це явище можна використовувати при селективному намиванні з попереднім розділенням потоку пульпи на декілька (дві і більше) складових частин з різною крупністю та густиною. Використовуючи ці явища в практиці гідронамиву техногенного родовища, з урахуванням природної класифікації можливо здійснювати цілеспрямоване і кероване формування покладу мінеральної сировини. Обґрунтування параметрів технології гідронамиву, що забезпечує необхідне розділення мінеральних компонентів, включає два етапи. На першому етапі здійснюється дослідження особливостей процесу локалізації мінеральних компонентів. Наступним етапом є вибір параметрів технології намивання техногенного масиву на основі встановлених закономірностей.

Початок розконсервовування техногенного родовища встановлюється з урахуванням потреб ринку або необхідності в депонованій мінеральній сировині вітчизняної промисловості. Техногенне родовище вводиться в експлуатацію після закінчення робіт з розконсервування і будівництва перероблюючого комплексу, які дозволять розпочати та наростити видачу товарної продукції. В процесі розробки природного родовища є певний комплекс розкривних та видобувних робіт, які здійснюються на кар'єрі засобами механізації: гірничим, транспортним і допоміжним устаткуванням. Доцільним є використання цього устаткування також і при розробці техногенного родовища. В цьому випадку виїмка корисного компоненту та його подальша переробка здійснюються за

існуючою вже технологічною схемою. Таке рішення є доцільним, у випадку коли періоди відпрацювання природного і техногенного родовищ не розділені значним проміжком часу. В іншому випадку, за цих умов експлуатація техногенного родовища може бути більш ефективною при застосуванні нетрадиційних геотехнологічних або біотехнологічних способів.

Порівняно з традиційними способами видобутку геотехнологічні способи за своєю специфікою є найбезпечнішими по відношенню до природи. Корінним чином змінюється місце та роль людини в процесі видобутку корисних копалин, зміст і характер її праці. Свердловинна геотехнологія зводить до мінімуму застосування ручної, малокваліфікованої та фізично важкої праці. Потоківість та одноопераційність процесу видобутку та часткової переробки сировини в надрах за геотехнологічними способами забезпечує підвищення продуктивності праці [2]. Сутність геотехнологічних методів полягає в переведенні корисної копалини до рухомого стану. Розробка родовищ ведеться через свердловини, за допомогою яких здійснюється розкриття, підготовка та видобуток корисної копалини [3]. Родовище є об'єктом видобутку корисної копалини і місцем її часткової переробки, оскільки технологія видобутку передбачає вибіркоче її вилучення. Інструментом видобутку служать робочі агенти (енергія або її носії, які вводяться до робочої зони, наприклад, хімічні розчини, електричний струм, вода – теплоносій). Під впливом робочих агентів корисна копалина змінює агрегатний стан, утворюючи продуктивні флюїди (розчин, розплав, газ, гідросуміш), які характеризуються легкою рухливістю і здатністю до переміщення. В даний час існує цілий ряд способів переведення корисної копалини до рухомого стану: розчинення, вилучення, виплавка, сублимація, газифікація тощо.

Серед різноманіття способів переробки техногенних родовищ слід особливо виділити біотехнологічні способи, розвиток яких може спричинити революційні зміни у розвитку всієї гірничодобувної промисловості. Біотехнологія все ширше використовується у ряді закордонних країн. Цьому сприяють дві обставини. З одного боку, бурхливий розвиток сучасної молекулярної біології та генетики, новітні досягнення хімії та фізики,

які дозволяють використовувати потенціал живих організмів на користь господарської діяльності людини. З іншого боку спостерігаємо гостру практичну потребу в нових технологіях, які покликані ліквідувати брак енергії, мінеральних ресурсів, поліпшити стан навколишнього середовища.

Інтерес до біотехнології, як методу отримання металів, пояснюється її низькою енергоємністю, можливістю економічно доцільного вилучення корисних елементів зі збіднених та комплексних руд за практично повної відсутності відходів, які забруднюють навколишнє середовище. Бактерійне вилуговування перспективно застосовувати при отриманні міді, урану, нікелю, цинку, золота, срібла, титану, марганцю, алюмінію, сірки. При цьому вилучення титану, марганцю може досягати 80-96%, нікелю – 39%. Існуючі способи дозволяють досягти видобутку важко-розкривної і окисленої сировини: циркону – 71,3% (без бактерій – менше - 3%), гафнію – 80%, ітрію – 77,3%; торію – 89,8%; урану – 70,3%; рідкоземельних металів – 86,8%. Запропоновано ряд напрямів використання бактерійного вилуговування для отримання сурми, олова тощо [4].

Окрім чисто технологічних вимог, до конструкції такого роду техногенних родовищ висуваються особливі умови по забезпеченню комплексу природоохоронних заходів, у першу чергу, з охорони надр та підземних вод. До них слід віднести ретельне обґрунтування та оцінку сприятливості місця залягання техногенного родовища, детальне вивчення гідрогеологічних умов, здійснення спеціальних локалізаційних заходів.

Аналіз природних і техногенних скупчень мінеральних компонентів показує, що при оцінці доцільності та черговості їх освоєння (окрім урахування загальноприйнятих чинників і показників) необхідно виходити з умов збереження для нащадків природних родовищ та ступеню екологічної небезпеки техногенних скупчень. У зв'язку з цим, в нинішній економічній і екологічній ситуації, першочерговим повинно бути освоєння техногенних родовищ і лише потім - природних

родовищ. При цьому безумовною є вимога рекультивації території техногенного родовища після його відпрацювання, а також екологічної реабілітації суміжних з ним територій.

Таким чином, техногенні родовища є новим, нині широко поширеним і доступним джерелом мінеральної сировини, яке утворено в результаті невинновданого масштабної гірничодобувної діяльності у минулому. Подібні родовища вимагають детального їх вивчення із залученням сучасних аналітичних методів, розробки науково обґрунтованих методів освоєння, створення механізмів екологічного супроводу їх експлуатації, рекультивації та екологічної реабілітації суміжних територій.

Створення техногенних родовищ, окрім питань технічного характеру, породжує й чисто економічні проблеми. Основною з них є проблема визначення допустимого рівня витрат на його формування. Такі витрати виправдані, якщо по-перше, в осяжному майбутньому наступить момент залучення техногенного родовища до експлуатації, і по-друге, освоєння його не буде збитковим порівняно з освоєнням аналогічних природних родовищ.

Таким чином, цілеспрямоване складування порід розкриття, створення техногенних родовищ з великотоннажних промислових відходів, дозволить не тільки забезпечити повноту використання надр, істотно зменшити темпи пошкодження навколишнього середовища, а й наблизитись до вирішення проблеми «нульових відходів» навіть в такій області природокористування, як гірничодобувна. Природно, що для цього необхідна відповідна зміна нормативної і законодавчої бази.

Другим прикладом НДТ є створена в ІП-ПЕ НАН України технологія розробки крутопадаючих родовищ з внутрішнім відвалоутворенням, яка широко впроваджена на залізничних кар'єрах, закріплена нормативно-законодавчими документами, детально висвітлена в наукових публікаціях [5], оцінена Державною премією в галузі науки і техніки.

Відходність технологічних процесів металургійного виробництва

Процес виплавки чавуну і сталі супроводжується утворенням відходів у вигляді

скрапу, шламу, шлаку, залишків вогнетривкої цегли, сміття, пилу. Основну частину

твердих відходів та металургійних виробництв Дніпропетровської області складають шлаки, які представлені силікатними розплавами. Річне утворення – 5,44 млн т доменних шлаків, 2,92 млн т сталеливарних. Рівень використання доменного шлаку 80%. У відвалах знаходиться близько 12 млн т доменних шлаків, які займають 231 га землі.

Шлаки і шлами феросплавного виробництва. Щорічне утворення феросплавних шлаків складає 1,169 млн т. Шлаки використовуються як марганцевмісна сировина. У відвалах накопичено 7,7 млн т. Площа, яка зайнята під сховища складає 9,37 га. Шлами феросплавного виробництва вміщують до 25% марганцю, річне утворення – 180,08 тис. т. На площі 21,1 га заскладовано 170,07 тис. т шлаків.

Колошниковий пил. Колошниковий пил представляє собою уловлювані фільтрами продукти виносу із доменних і шахтних печей. За складом він містить усі компоненти шихти. Протягом 2007 року утворено 238,9 т цих відходів.

Окалина. Річне утворення окалини – більше 307,78 тис. т. За складом окалина представлена майже чистими окислами заліза.

Залізовмісні шлами. Шлами газоочисток сталеплавильного виробництва характеризуються високим вмістом заліза (до 67%), застосовуються, як правило, в агломераційному виробництві. Щорічний обсяг утворення 965 тис. т.

Відпрацьовані формовочні суміші. Основними джерелами їх утворення є ливарні цехи металургійних і машинобудівних підприємств. Утворення горілої землі становить 126,536 тис. т/рік.

Розглянемо більш детально відходність металургійних виробництв України.

Залізородний концентрат, який є кінцевою продукцією ГЗК, далі надходить до агломераційної фабрики для виробництва агломерату – частини доменної шихти. Воно є першою ланкою в ланцюгу металургійного виробництва.

Агломерат в Україні виробляється на 8 підприємствах: Південний ГЗК, ГЗК та агломераційна фабрика металургійного виробництва «Міттал Стіл Кривий Ріг» (Кривий Ріг), Єнакіївський металургійний завод, металургійний комбінат «Азовсталь», металургійний комбінат ім. Ілліча (Маріуполь), Ал-

чевський металургійний комбінат, металургійний комбінат ім. Дзержинського (Дніпро-Дзержинськ), металургійний комбінат «Запоріжсталь», де експлуатуються 63 агломераційні машини загальною площею спікання 4306,5 м² (без урахування Південного ГЗК) та проектною потужністю 51,35 млн т агломерату на рік. За такими характеристиками як витрати палива, питома продуктивність та «масова доля дрібної частки» вітчизняні агломераційні машини відстають від іноземних виробництв. В 2007 р. в Україні було вироблено 48,8 млн т агломерату, в 2008 р. – 42,7 млн т.[6].

Агломераційне виробництво вважається одним з найбільш екологічно небезпечних процесів в металургійному виробництві, тому що тут утворюється половина всіх викидів в атмосферне повітря.

За хімічним складом агломераційні шлами практично ідентичні шихті, що переробляється. Основна частина цих шлаків складається із сполук заліза, кремнію та кальцію. Друга частина складається з часток агломерату: руда, кокс, вугілля, вапняк. Масова частка заліза в агломераційних шламах складає 29-46% .

Агломерат, як компонент шихти, потрапляє в доменну піч (ДП). На балансах українських металургійних підприємствах знаходиться 43 ДП. В 2006 р. експлуатувалось 37 печей, в 2007 р. – 41. Станом на травень 2009 р. простоюють 14 печей, в тому числі 7 з них виведено з експлуатації, 6 печей ремонтуються, 1 піч зупинена за відсутністю реалізації продукції. Виробничі потужності ДП – 39,6 млн т чавуну на рік.

Масова частка заліза в доменних шламах українських металургійних комбінатів коливається в межах 29-37%, цинку - 0,5-3,5%.

В 2008 р. всіма заводами в Україні було вироблено майже 31 млн т чавуну, 36 млн т сталі, майже 31,5 млн т прокату та 2,5 млн т труб. В 1991 році (для порівняння) – 33,62; 44,99; 32,82 млн т відповідно (за виключенням виробництва труб).

Сталь в Україні виплавляється мартенівським, конверторним та електросталеплавильним способом в процентному відношенні відповідно (47, 49, 1,6%). На балансі металургійних підприємств знаходиться 21 конвертер, 42 мартенівські печі.

Майже половина всієї сталі виплавляється застарілим мартенівським способом, чого

не має в жодній країні світу. Найпотужніші металургійні комбінати планують в найближчий час ліквідувати мартенівське виробництво та замінити його на конверторне. Планується також побудувати 4 міні-металургійних заводи (електропечі), які працюють лише на металобрухті.

Залізовмісними відходами виробництва сталі є шлами та шлаки, які мають назву в залежності від способу виробництва сталі (мартенівські, конверторні, електросталеплавильні).

Мартенівські шлами є найбільш високодисперсними серед металургійних шламів, що значно ускладнює процеси підготовки їх до утилізації. Масова частка заліза в них становить 47-58%.

Масова частка заліза в конверторних шламах нижча, ніж в мартенівських і складає 41-45%.

На металургійних підприємствах України накопичено 240 млн т шлаків, 128 млн т з яких є сталеплавильні.

Зазвичай доменні шлаки складаються у відвалах відокремлено від сталеплавильних. Масова частка заліза в них – 5% у вигляді корольків.

Сталеплавильні шлаки вміщують більше металу – 10-15%. Питомий вихід стале-

плавильних шлаків складає, в середньому, 160-170 кг/т сталі [7].

Наступна стадія металургійного виробництва – прокатне. Прокат в Україні виробляють на 10 металургійних комбінатах повного циклу, 1 металопрокатному, 9 заводах, спеціалізованих на виробництві труб.

До відходів прокатного виробництва відноситься окалина – дрібнодисперсний шлам з розміром часток 0,05-0,3 мм, в оболонці мінерального масла. Вона утворюється в процесі гарячої прокатки вуглецевих сталей, при різанні злитків, заготовок, іншого сортаменту та у процесі обробки їхніх поверхонь. Ці відходи відносяться до III класу небезпеки. В процесі гарячої прокатки вуглеводневих сталей утворюється 11,6-19,4 кг окалини на 1 т матеріалу, що обробляється. При вогневій зачистці металу утворюється 40 г окалини на 1 м² поверхні. Масова частка заліза в ній – 61-73%. Окалина, що відокремлюється від металу водою технологічних агрегатів та системою гідрозмиву, транспортується на очисні споруди. Одночасно з окалиною в воду потрапляє технологічне масло, вміст якого – 5,4-17%.

Вміст заліза в сировині та відходах виробництв гірничо-металургійного регіону наведена в діаграмі на рисунку 1.

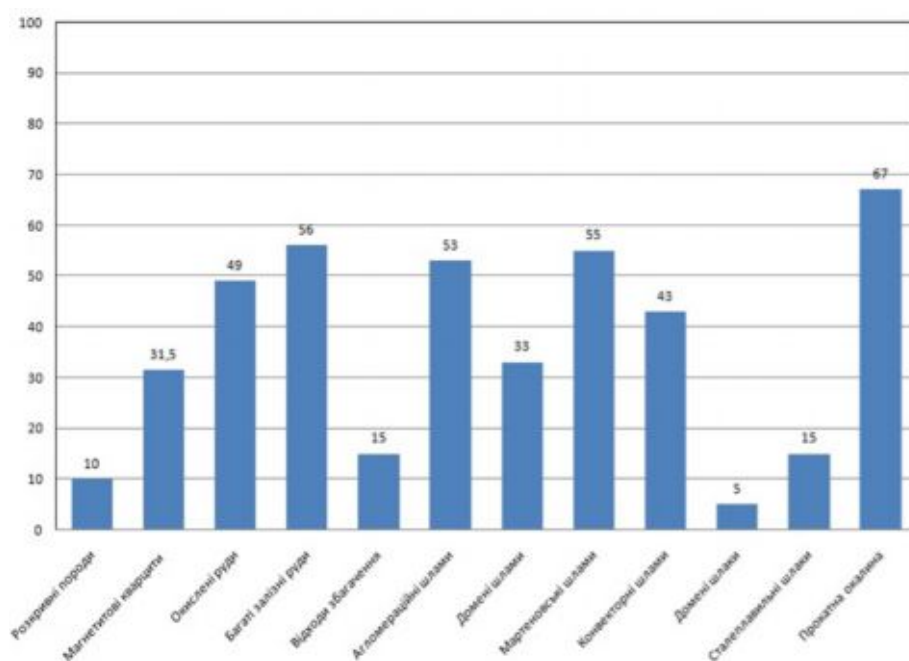


Рисунок 1 – Вміст заліза в сировині та відходах виробництв гірничо-металургійних регіонів

З викидами газів виноситься близько 31 кг заліза на 1 т сталі, при цьому в атмосферу

після очищення газів викидається 1,2-0,6 кг заліза. Зараз на підприємствах ГМК України

на 1 т сталі утворюється 100-200 кг пилу, 60-80 кг шламів. Практично повністю на комбінатах використовується колошниковий пил та первинна окалина, низький ступінь використання доменних – 43% та сталеплавильних шламів – 31,8%, вторинної окалини – 65% [16].

Нині на всіх українських металургійних підприємствах залізовмісні відходи використовують як компоненти агломераційної шихти. Для більшості підприємств технологічно допустимими є витрати підготовлених сипучих шламів в кількості 120-160 кг на 1т агломерату. Обсяги та види залізовмісних відходів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Обсяги та види відходів виробництв гірничо-металургійного регіону

Виробництво	Відходи	Кількість продукції, кг/т
Відкриті гірничі роботи	Магнетитові кварцити	110
	Розкривні породи	1570
Підземні гірничі роботи	Багаті залізні руди	150
Збагачення	Шлам	1250
Агломерація	Шлам	30-32
Доменне виробництво	Шлам	38-42
	Шлак	400-450
Сталеплавильне виробництво	Шлам	16-26
	Шлак	120-170
Прокатне виробництво	Окалина	10-20

Значна кількість шламів у відходах металургійних підприємств містить від 45% до 52% заліза, 6,0-9,5% вуглецю з невеликим вмістом цинку (0,5-4%). Ця сировина разом з іншими побічними продуктами металургійного виробництва (дрібним коксом, окалиною, залишками вапна та інше) після попередньої підготовки може ефективно використовуватись при агломерації та у конверторному виробництві сталі [6]. Але, як пра-

вило, шлами металургійних заводів після різних металургійних процесів складуються разом в одних і тих же шламонакопичувачах, де вони усереднюються. Це призводить до того, що багатші за масовою часткою заліза шлами, наприклад агломераційного та мартенівського виробництва, збіднюються за рахунок менш багатих на залізо шламів конверторного виробництва

Відходи супутніх виробництв

Відходи вугледобування та вуглезбагачення Обсяг утворення відходів вуглевидобутку та вуглезбагачення становить 3,743 млн т в рік. На площі понад 200 га зосереджено близько 53 млн т відходів.

Відходи коксохімічного виробництва. Основні відходи – кам'яновугільні фуси, кисла смолка сульфатного відділення, кисла смолка ректифікації бензолу, лугові води обеззолнення кубових залишків. Річне утворення відходів коксохімічного виробництва 28 тис. т. Основна їх частина продукту використовується як добавка до шихти, а також для отримання дорожнього дьогтю та дорожньої смоли.

Відходи підприємств хімічної промисловості. У накопичувачах площею близько 620 га заскладовано 100 млн т відходів.

Відходи енергетики. Головними відходами спалення вугілля є золошлаки, утворення яких становить майже 1,26 млн т/рік. Кількість золи і золошлаків у відвалах перевищує 72 млн т, а площа їх розміщення складає близько 850 га.

Побутові відходи. В області щорічно утворюється близько 4 млн м³ твердих побутових відходів, які розміщуються на 201 звалищі, лише 10 з яких – це організовані звалища загальною площею понад 111 га. Крім цього вони спалюються на Дніпропетровському заводі з термічної переробки відходів.

Розробка імітаційної моделі управління відходами в гірничо-металургійному регіоні

Формування тактики і стратегії при поводженні з відходами в гірничо-металургійному регіоні повинне базуватися, перш за все, на інтеграції управління утворенням відходів і поводженням з ними в загальну систему. На етапі дослідження ця інтеграція здійснюється шляхом розробки імітаційної моделі відходоутворення в гірничо-металургійному регіоні. Вибір типу і структури моделі обумовлено складністю і громіздкістю об'єкту моделювання, (рисунок 2). Як видно з рисунку 2, регіональна імітаційна модель являє собою сукупність інженерних моделей виробництв. Ця сукупність, в різноманітній їх інтерпретації дозволяє імітувати різні функціональні стани систем. В цьому випадку інженерні моделі, об'єднані ідеєю зниження відходності складної регіональної системи слугують для виявлення суті явища регіональної відходності. Результати такого моделювання дають матеріал для осмислення складної модельної ситуації і розробки наукових рекомендацій, але вже на новому якісному рівні.

Одним з основних етапів є перевірка та узгодження імітаційної моделі гірничо-металургійного регіону згідно складеного матеріально-сировинного балансу (який дозволяє перевірити повноту обліку і виявити втрати, які не враховуються), при цьому виконується ресурсна оцінка відходів, яка полягає в оцінці втрат з відходами матеріальних ресурсів. В ході ресурсної оцінки з використанням баз даних інформаційно-аналітичного забезпечення виконується порівняльний аналіз питомих показників утворення відходів з показниками аналогічних виробництв в світі, а також аналіз залежності питомого утворення відходів від якості сировини і технологічних параметрів, на підставі яких виявляються неточності і спотворення виробничого обліку відходів та виконується коректування матеріально-сировинного балансу.

Матеріально-сировинний баланс є підставою для складання енергетичних балансів, визначення енергетичної ефективності технологічного процесу і кількісної оцінки величини втрат з відходами енергетичних ресурсів. Матеріально-сировинний баланс

використовується також для економічної оцінки відходів, що полягає в розрахунку витрат, пов'язаних з утворенням того чи іншого відходу, включаючи вартість втрачених з відходами сировинних компонентів, витрат по даному металургійному переділу, витрат на транспортування, знешкодження, захоронення відходів і так далі.

На завершальному етапі перевірки та узгодження імітаційної моделі виконується екологічна оцінка всіх видів відходів, що включає врахування їхнього класу небезпеки і рівень негативного впливу процесів їх утилізації чи поховання на навколишнє середовище та здоров'я людини. При виконанні енергетичної, економічної і екологічної оцінок відходів також використовується інформаційно-аналітичне забезпечення даного технологічного процесу або виробництва в цілому.

Для вибору пріоритетних видів відходів проводиться їх ранжирування з урахуванням наступних характеристик:

- кількість відходу або питома утворення на 1 тонну приведеної продукції (рисунок 3);
- вміст цінних для технологічного процесу компонентів;
- вміст потенційно цінних компонентів;
- ступінь впливу на втрати енергії технологічного процесу;
- величина витрат, пов'язаних зі знешкодженням і видаленням;
- ступінь небезпеки відходу для навколишнього середовища.

З використанням імітаційної моделі планується здійснити ряд чисельних експериментів реалізації варіантів стратегій поводження з відходами в гірничо-металургійному регіоні.

Апробація імітаційної моделі відходності гірничо-металургійного регіону, перевірка та узгодження моделі здійснена на статистичних матеріалах звітності виробництв регіону.

Причому, на першому етапі побудови моделі в неї закладено найпростіші (лінійні) залежності і не враховується фактор часу. Однак, ці спрощення не позначилися на точності результатів.

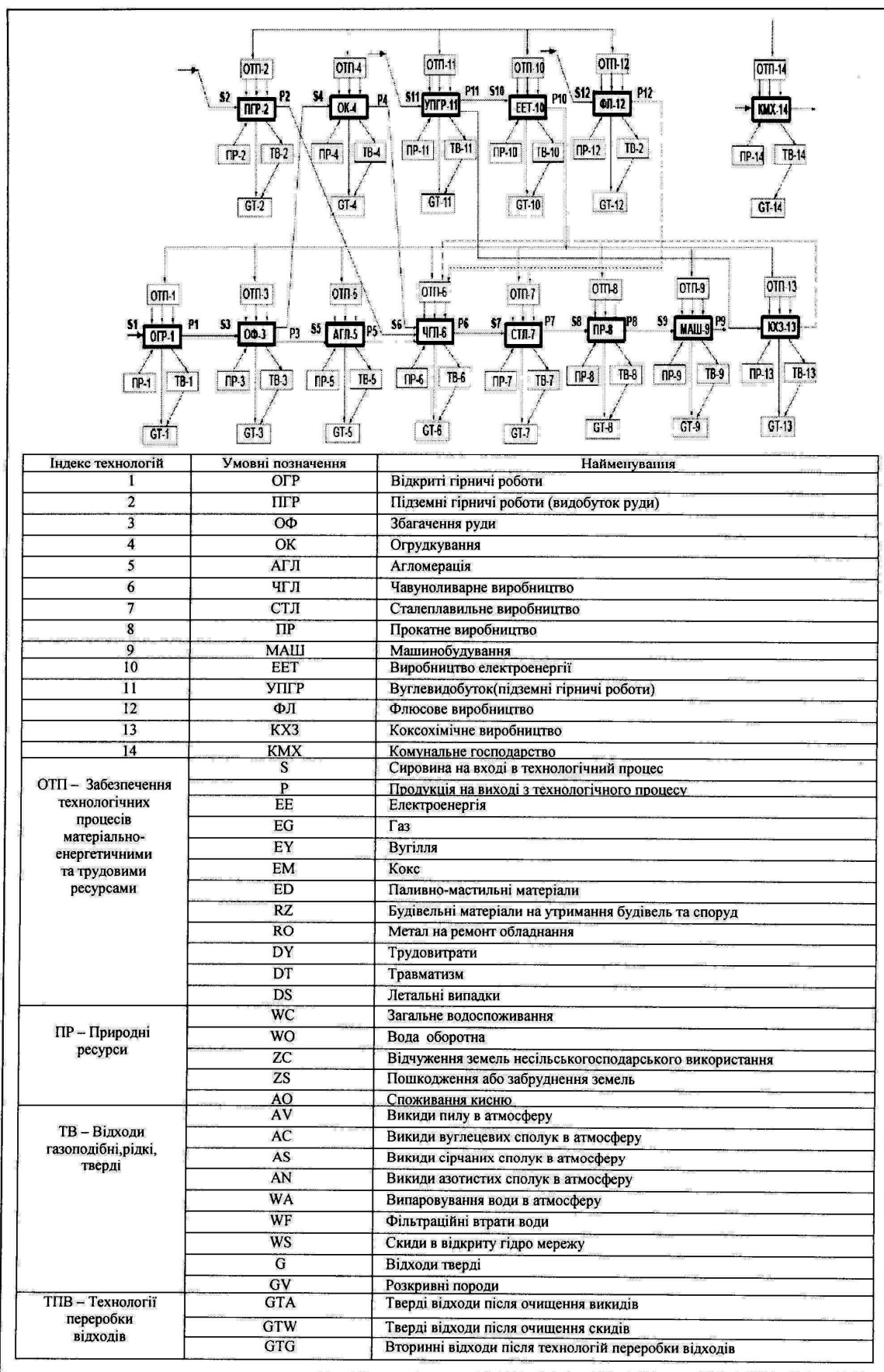


Рисунок 2 – Блок-схема імітаційної моделі відходоутворення в гірничо-металургійному регіоні

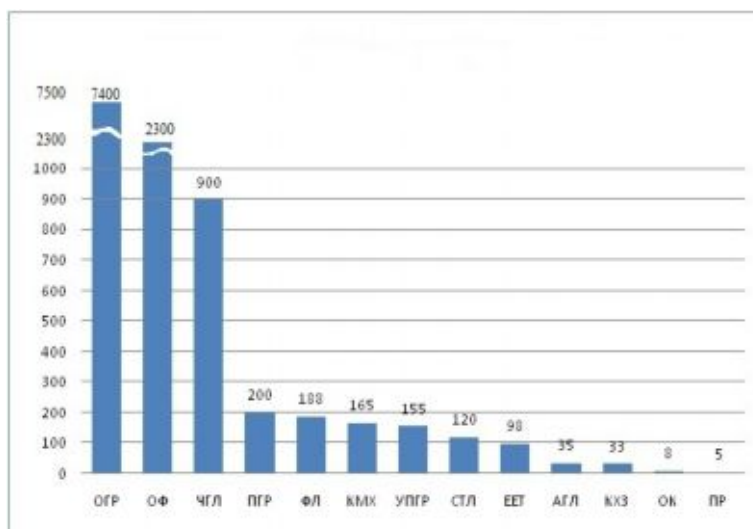


Рисунок 3 – Структура «міжгалузевої відходності» при виробництві 1 т сталевого прокату

Деякі попередні наукові результати, отримані при роботі з імітаційною моделлю відходності гірничо-металургійного регіону наведено на рисунку 3, де показано складові «міжгалузевої» відходності при виробництві листового прокату. Величина «міжгалузевої» відходності 1 т сталевого прокату становить 11,607 т. Ця величина складається з

відходності окремих технологічних процесів, величини яких (в кілограмах) наведено на рисунку 3.

Таким чином, імітаційна модель відходоутворення дозволяє з нових позицій та більш глибоко розглянути цю «вічну» проблему і ми сподіваємося отримати нові наукові результати.

Post scriptum

Проблема відходів гірничо-металургійного комплексу, без сумніву, є надзвичайно актуальною науково-практичною проблемою. Але вона мізерніє на фоні існуючого «бедламу», який ми спостерігаємо за останні роки в цій галузі промисловості. Ось декілька прикладів.

Загальновідомо, що отримання сталі з залізного лому супроводжується зменшенням викидів в шість разів, скидів - в чотири рази, зменшенням утворення відходів – в 16 разів, зниженням вартості сировини – в 20 разів ніж при отриманні сталі з руди. Проте металолом десятиліттями вивозився і продовжує вивозитися за межі України. За період з 1991 року металобазис України зменшився, за оцінками різних експертів, на 135 – 170 млн т.

Про те, що більш вигідним є реалізація високотехнологічної продукції, знають уже в старших класах середньої школи. Однак частка чавуну в основних виробках вітчизняної промисловості орієнтовно становить 33%, сталі в злитках - 34%, прокату – 22 %, при тому, що виробництво дефіцитних в усьому світі труб, лише 1,9%.

Напівфабрикати були і є головною складовою експорту. Проте в галузі виникають абсолютно парадоксальні ситуації, коли 25% необхідних українській промисловості чорних металів було завезено із-за кордону.

Експорт металопродукції супроводжувався демпінговими судовими процесами за кордоном, судовими процесами, пов'язаними з порушенням правил відшкодування ПДВ в Україні.

Галузь характеризується застарілими технологіями, високою енерговитратністю. Зношеність основних фондів перевищує 65%, проте інвестиції залучаються лише для підтримки в робочому стані наявних потужностей. За останні 20 років гірничо-металургійний комплекс не розвивався, а лише експлуатувався. Оптимізація виробництва проводилася виключно в напрямку управління персоналом (його скорочення).

Ситуація не була б настільки катастрофічною, якби не те, що саме ця галузь є головним постачальником до України вільноконвертованої валюти, що обумовлює як стабільність гривні так і соціальну стабільність і, в кінцевому рахунку, безпеку держави.

Перелік посилань

1. Трубецкой К.Н. Малоотходные и ресурсосберегающие технологии при открытой разработке месторождений / К.Н. Трубецкой, А.Г. Шапарь – М.: Недра, 1993. – 272 с.
2. Аренс В.Ж. Скважинная добыча полезных ископаемых (геотехнология) / В.Ж. Аренс – М.: Недра, 1986. – 279 с.
3. Обогащение руд цветных металлов: Обзорная информация Серия «Горное дело». – М., 1989. – Вып. 2. - 56 с.
4. Перспективы получения цветных и редких металлов из техногенных отходов в Украине / [Галецкий Л.С., Бент О.И., Макогон В.Ф., Польской Ф.Р.] – К.: Общество «Знание» Украины. Укр. Дом экон. и науч.-техн. знаний и др., 1994. – 29 с.
5. Положення про проектування внутрішнього відвалоутворення та складування відходів виробництв залізорудних і флюсових кар'єрах. - Кривий ріг: Мінерал, 2004.- 52 с.
6. Вивчення можливості використання відходів збагачення залізистих кварцитів в народному господарстві / В.Г. Губіна, В.М. Кадошніков, В.С. Заборовський [та ін.]. // Геохімія та екологія: Зб наук. пр. ІГНС НАН України. - Вип.14. - 2007. - С. 156-165.
7. Комплексная утилизация заскладированных отходов черной металлургии / В.И. Ростовский, О.И. Бондарь, О.И. Раджи, [и др.] // Проблемы сбора переработки и утилизации отходов: Сб. науч. ст. – Одесса, 2001. – С. 300-304.

P.I. Kopach, D.V. Chily

**STUDY OF WASTE PRODUCTION IN
THE MINING AND METALLURGICAL
REGION**

*Institute for Nature Management Problems and Ecology of National Academy
of Sciences of Ukraine, Dnipropetrovsk, Ukraine*

Considers tendencies of further development of the territorial mining and metallurgical complex of Ukraine in the context of waste generation. Present experience over and normatively-legal bases of activity of countries of European Union are brought in the sphere of handling wastes. Offered approach to the decision of problems of relativity in relation to mining and metallurgical productions.

*Надійшла до редколегії 10 жовтня 2011 р.
Рекомендовано членом редколегії канд. геол.-мін. наук О.К. Тяпкіним*