

**The originality.** The system links between individual power generation sources are selected for the expedient energy supply systems for different territories, including recruitment of secondary and renewable resources depending on climatic conditions and geographic location, and comparative technical and economic performance indicators of the proposed system are formed.

**Practical implications.** The technique of combining different energy sources in one system for the use of secondary and renewable resources and technological schemes for implementing such solutions are proposed.

**Keywords:** *thermal energy generation, gasification systems, system approach, methods of statistical data processing, technological parameters of power generation, development of energy resources deposits, technical and economic indicators*

УДК 622.271

© С.О. Федоренко, С.О. Жуков, Р.С. Заярський, Д.А. Тітов

## **КОНВЕРСИЙНІ ПЕРСПЕКТИВИ ГЗК ЗА УМОВ ОБ'ЄДНАННЯ МЕЖЕВИХ КАР'ЄРНИХ ПОЛІВ РУДНОГО РОДОВИЩА**

© S. Fedorenko, S. Zhukov, R. Zayarskiy, D. Titov

## **CONVERSION PERSPECTIVES OF THE MINE COMPANIES UNDER CONDITIONS OF INTERMEDIATE QUARRY FIELDS OF IRON ORE DEPOSIT**

**Мета** досліджень – обґрунтування загального підходу щодо розробки породного масиву між двома сусідніми кар'єрами за умов комплексного використання рудної і нерудної побіжної сировини.

**Методика** досліджень включає методи аналітичних розрахунків, техніко-економічний аналіз; обґрунтування імітаційної моделі конверсії ГЗК; статистичний аналіз звітності рудників та виконаних спостережень. Застосовуються економіко-математичні методи вирішення задач та їх порівняльні оцінки. Описуються прийняті гіпотези, а також авторські пропозиції.

**Досліджено** сучасний стан, можливість та умови і перспективи об'єднання кар'єрів Південного ГЗК та АрселорМіттал (кар'єр №3) за умов ліквідації перемички, яка розділяє їх у теперішній час. Розглядається методика рейтингової оцінки щодо варіантів упровадження видобутку попутної сировини на діючому рудному кар'єрі. Пропонується алгоритм та організаційні заходи щодо компонування і поєднання в цілісний потік технологічних процесів при переході на комплексний принцип розробки родовищ.

**Наукова новизна** полягає в формулюванні авторської ідеї щодо конверсії рудників за умов об'єднання їхніх кар'єрних полів шляхом залучення в продуктивну переробку побіжної мінеральної сировини, та в аналітичному обґрунтуванні параметрів об'єктів і процесів для

ефективного упровадження розроблених пропозицій в умовах кар'єрів гірничо-збагачувальних комбінатів.

**Практичне значення** досліджень полягає в обґрунтуванні нового принципу розробки родового масиву, який розділяє два кар'єра різних підприємств, та алгоритмізації даного процесу.

**Ключові слова:** кар'єр, родовий масив, конвеєр, мінеральна продукція, суміщені потоки, комплексні технології.

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями.** Детермінативи нинішнього і подальшого існування гірничовидобувної галузі радикально відрізняються від колишніх, але в той же час вона є настільки інертною, що немає ніяких сумнівів в тому, що ще чималий час залишатиметься базовою для всієї промисловості України, враховуючи масштаби перетворень і те, що світовий сировинний ринок перелаштовується не відразу.

В той же час цілком неординарною і проблемною стає ситуація, зумовлена необхідністю відпрацювання і ліквідації масиву, що розділяє кар'єри ПівдГЗК та АрселорМіттал Кривий Ріг (АМКР).

Як відомо, на кар'єрах Кривбасу діють комплекси циклічно-потоквої технології (ЦПТ), ефективність використання яких є підставою для вибору їх як генерального напрямку при відпрацюванні суміжних зон глибоких кар'єрів.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Проблема комплексного освоєння надр в останні роки набуває усе більшого значення в Україні. У той же час реальний стан вирішення даної проблеми перебуває на вкрай низькому рівні, незважаючи на достаток наукових досліджень у цьому напрямку [1-6]. Ідея використання комплексів ЦПТ для розробки декількох видів сировини – не нова. Ще Б.М. Тартаковський та інші вчені [7] неодноразово висували її. Однак у 70-80-х роках проблема не стояла так гостро, а зараз відсутність відповідних науково обґрунтованих технічних і технологічних рішень є найважливішим чинником, що стримує розвиток ЦПТ.

**Постановка завдання.** Одним з ключових питань у проблемі комплексного освоєння надр є методологія підходу до визначення геологічної комплексності родовища у взаємозв'язку з техніко-економічною його оцінкою. Конверсія рудника є неможливою без чіткого техніко-економічного обґрунтування розширення асортименту продукції, послідовності і динаміки цього процесу, його оптимізації за окремими позиціями й етапами, а також у масштабах усього підприємства, з відповідним коригуванням проектів стосовно розвитку і режиму гірничих робіт та перероблюючих виробництв. Складність планування розглянутого процесу пов'язана з динамічним характером роботи ГЗК.

#### **Викладення матеріалу і результати дослідження.**

Вирішення даної задачі може значно полегшити оцінювання та планування роботи кар'єрів, але є надзвичайно складним та досягається з певним ступенем умовності. Складність полягає в самому комплексному підході, коли необхідно враховувати цілий ряд різних факторів: геологічна і технологічна оцінка основної та побіжної сировини; експлуатаційна та технічна їх готовність; економічна й екологічна оцінка тощо.

В означеній зоні родовища надзвичайно складно формується вироблений простір, а відповідно – й транспортна ситуація, що наглядно видно на прикладі кар'єру №3 АМКР (рис. 1).

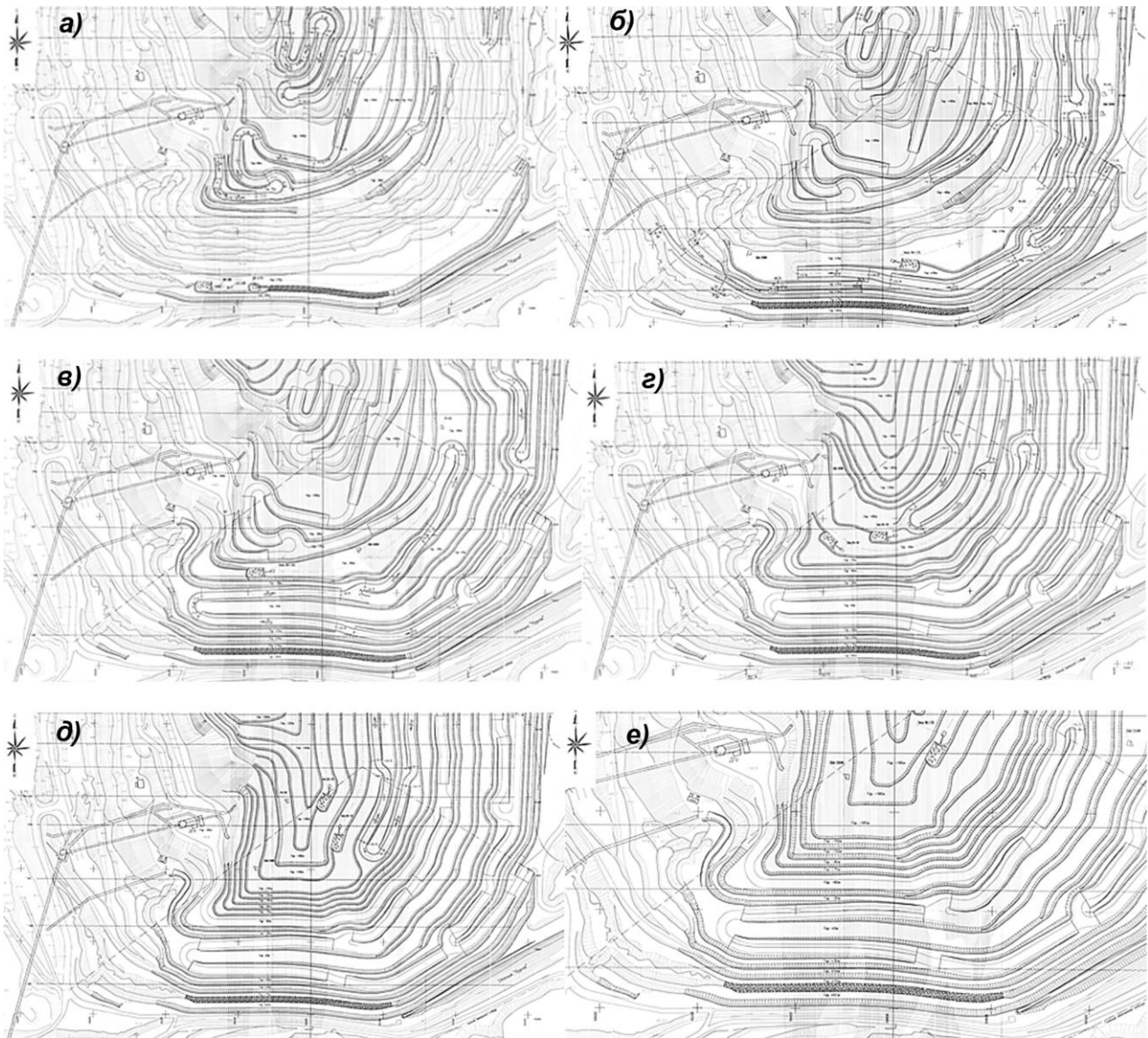


Рис. 1. Етапна послідовність формування транспортної зони кар'єру №3 АМКР:  
а – 2010 р., б – 2011 р., в – 2012 р., г – 2013 р., д – 2014 р., е – 2015 р.

Концептуальну схему рейтингової оцінки варіантів упровадження видобутку попутної сировини на діючому гірничовидобувному підприємстві наведено на рис. 2.

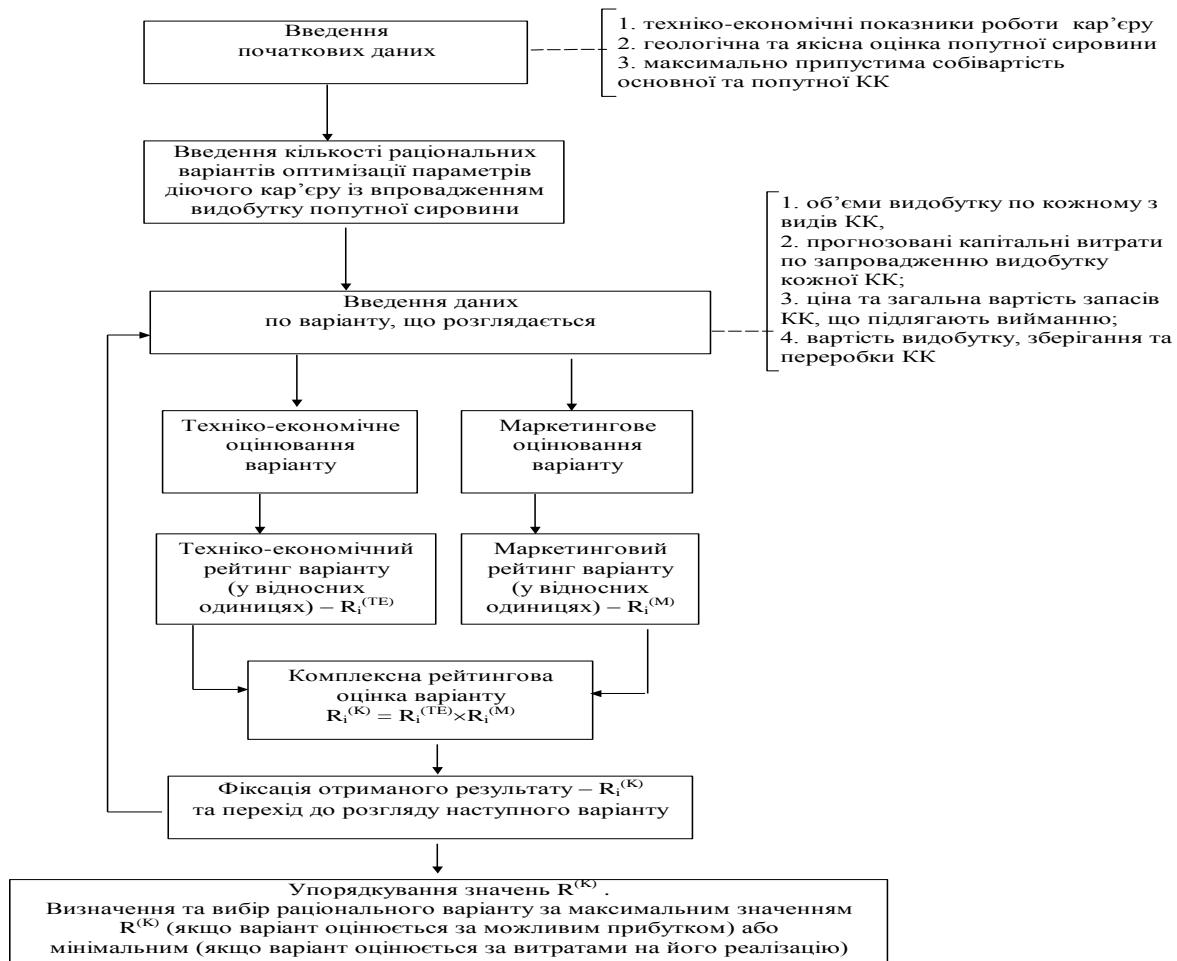


Рис. 2. Структурна схема рейтингової оцінки варіантів комплексної розробки родовища

На наступному етапі відбувається визначення економічно обумовленої доцільності першочерговості чи інтенсивності видобутку сировини. Причому проводиться детальна технологічна й екологічна оцінка варіанту. При цьому основними проблемними питаннями, від вирішення яких залежатиме ефективність подальшого використання ЦПТ, є:

- виробнича потужність кар'єру по кожному з видів нерудної сировини;
- місткість і розташування внутрішньокар'єрних складів різнотипної сировини;
- принципи організації та координації роботи комплексу ЦПТ при використанні його для загальних потреб;
- організація роздільних вантажопотоків різнотипних порід по загальному магістральному каналу зі створенням додаткових перевантажувальних внутрішньокар'єрних пунктів.

Застосовувані в схемах ЦПТ напівстаціонарні перевантажувальні пункти не дозволяють здійснювати одночасну розробку кількох видів сировини за наявності одного конвеєрного підйомника. У цьому випадку завдання вирішується за допомогою пересувних перевантажувальних пунктів (ППП) і внутрішньокар'єрних складів (ВКС), які в комплексі можуть забезпечити продуктивність до 15-17

млн. т. Перевантажувальні операції можуть здійснюватися при цьому за допомогою одного або декількох екскаваторів безперервної дії та перевантажувачів, працездатні конструкції яких були свого часу розроблені в ІГТМ НАНУ, починаючи від ПГС-2000 до пізніших варіантів розвитку його концепції. Перевантажувач грохоченням і дробленням забезпечує попередню підготовку доставленої автосамоскидами гірничої маси для транспортування конвеєрами (рис. 3,а).

Серйозним утрудненням щодо забезпечення необхідної ємності ВКС є мала ширина берм. У цьому випадку рішення забезпечується здвоюванням або об'єднанням більшого числа уступів. ППП у порівнянні з напівстаціонарними пунктами мають ряд переваг: висока пропускна здатність автосамоскидів за досить великої довжини фронту розвантаження; можливість частого переміщення по глибині; незалежність роботи навантажувального і транспортного устаткування від простоїв ППП і конвеєра.

В даному контексті корисно проаналізувати досвід зарубіжних країн, які, не маючи настільки високоякісних нерудних сировинних ресурсів, повністю задовольняють власні потреби, при цьому часто використовуючи поклади, розкриті виведеними з експлуатації рудними і вугільними кар'єрами. Особливо широко подібна практика застосовується в Австрії, Німеччині та Франції. Прикладом сказаного може слугувати французька фірма GSM, яка в провінції Бретань має п'ять розосереджених по споживачам місць з виробництва щебеню [8], схеми дії яких можуть бути скомпонованими з наведеною вище, продовжуючи її (рис. 3,б).

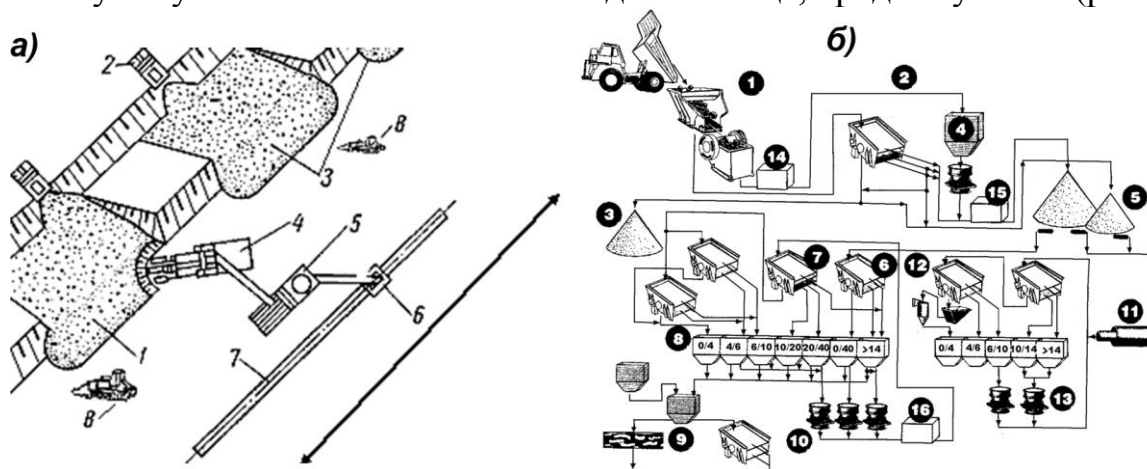


Рис. 3. а – пересувний внутрішньокар'єрний перевантажувальний пункт: 1 – руда; 2 – автосамоскид; 3 – нерудна різнотипна сировина; 4 – екскаватор; 5 – перевантажувач; 6 – бункер-живильник; 7 – магістральний конвеєр; 8 – бульдозер; б – технологічна схема переробного комплексу кар'єру Gourin (Франція)

Серйозним утрудненням щодо забезпечення необхідної ємності ВКС є мала ширина берм. У цьому випадку рішення забезпечується здвоюванням або об'єднанням більшого числа уступів. ППП у порівнянні з напівстаціонарними пунктами мають ряд переваг: висока пропускна здатність автосамоскидів за досить великої довжини фронту розвантаження; можливість частого переміщення по

глибині; незалежність роботи навантажувального і транспортного устаткування від простоїв ППП і конвеєра.

В даному контексті корисно проаналізувати досвід зарубіжних країн, які, не маючи настільки високоякісних нерудних сировинних ресурсів, повністю задовольняють власні потреби, при цьому часто використовуючи поклади, розкриті виведеними з експлуатації рудними і вугільними кар'єрами. Особливо широко подібна практика застосовується в Австрії, Німеччині та Франції. Прикладом сказаного може слугувати французька фірма GSM, яка в провінції Бретань має п'ять розосереджених по споживачам місць з виробництва щебеню [8], схеми дії яких можуть бути скомпонованими з наведеною вище, продовжуючи її (рис. 3,б).

GSM щорічно виробляє 1,5-2 млн. т продукції, маючи загальний штат 60 осіб. Два кар'єри розробляють вулканічні породи: Gourin в Finistère (350 000 т/рік) і Kernivagné в Riec-sur-Belon (300 000 т/рік). Три інших виробництва переробляють пліоценові породи в Morbihan: два – з піщаними кар'єрами Ville-Caro в Mauron (250000 т/рік) і Moulin в Radenac (300 000 т/рік), і в Finistère – піщаний кар'єр Bodonou в Saint-Renan (300 000 т/рік). Портові склади розташовано в Saint-Malo, Saint-Brieuc і Treguier. Найбільший інтерес представляє Gourin-Conveau, який продає щорічно близько 350 000 т. матеріалів різного фракційного складу.

Продуктивну сировину розробляють чотирма уступами. Перший розробляється групою пересувних дробарок. Роботи з буріння і проходки доручають підприємству Lefeuvre. Свердловини діаметром 105 мм сіткою 4×4,5 м буряться установкою Atlas-Copco. Кожним вибухом підготовляється близько 20 000 т. сировини фракцій 0/1000. На нижньому майданчику навантажувач на пневмоколісному ході Caterpillar-980 приймає гірську масу 0/1000 і відвантажує в два самоскиди Caterpillar-769, які доставляють її до установок переробки. Всі ці операції передані субпідряднику Barazer TP.

Кар'єр Gourin має два комплекси, здатні дробити породу і просівати її з середньою продуктивністю 200 т/год. сухим методом або з промиванням, схему яких наведено на рис. 3. Робота комплексу координується з центрального посту чотирма автоматами, які керують усім обладнанням та операціями. Догляд за обладнанням та його поточний ремонт здійснюється трьома фахівцями підприємства, виділеними постійно.

Комплекс з сухої переробки матеріалів (1-10 на схемі) виробляє класифіковані щебні фракції від 0-40, а також гравійні суміші типу GRH 0/20 і 0/31, 5, перекласифіковані (0/10-0/70) і типу GNT. Він включає: перша стадія (1) – бункер ємністю 40 м<sup>3</sup>, живильник і обдирщик Hewitt-Robins, дробарку Dragon MPE 2000 з прийомним отвором 1250×2000 мм; друга стадія (2) обладнана високоенергетичним ситом для усунення порожньої породи від 0/10 до 0/30, штабелеукладальниками порожньої породи (3), буферним бункером, що живить роторну вторинну дробарку Bergaud HP 3000 (4), і буферним складом загальною місткістю 2000 м<sup>3</sup> (5); третю стадію становить двох'ярусне решето Chauvin-Roll HN площею 12 м<sup>2</sup> (6) і тріярусне сито Neyrtec H133 площею 13 м<sup>2</sup>, за якими

йдуть два паралельні двоярусні сита: Hewitt-Robins площею 8 м<sup>2</sup> і Hewitt-Robins 10 м<sup>2</sup> (7); силосна вежа (8), що складається з семи бункерів загальним обсягом 500 м<sup>3</sup> для продуктів, виділених ситами (0/4, 4/6, 6/10, 10/20, 20/40 і > 40). Бункери обладнано живильниками і стрічковими транспортерами, що живлять килімовий колектор, що формує заданий фракційний склад сировини (9), і дозволяє завантажувати 80 т/год. у промивальне двох'ярусне сито Chauvin площею 4 м<sup>2</sup> з естакадами промивання й мішалкою продуктивністю 120 т/год. Постійно під бункерами серія маленьких транспортерів підбирає надлишки сировини і направляє їх у дробарки; стадію дроблення-просіювання (10) оснащено трьома обертальними класифікаторами: Bergeaud 1144, CFBK 1150 і Bergeaud 36; пиловловлювання забезпечується системою Brunone і Traon з трьома незалежними установками (14), (15) і (16), розташованими на транспортерах, первинній та вторинній дробарках, машинах просіювання; промивна установка Perotin 1850 мм діаметром і 5 м у довжину (11) використовується для матеріалів 0/80, вдруге видобутих зі складу; установка просіювання-промивки (12) включає два послідовних ідентичних двоярусних сита Vabbitless C-600 площею 5 м<sup>2</sup>. Сита виділяють митий гранулят фракцій 0/4, 4/6, 6/10, 10/14 і >14 у силосну вежу з п'ятьма бункерами загальним об'ємом 50 м<sup>3</sup>; піст подрібнення (13) має дві обертальні ідентичні дробарки Bergeaud 36, які працюють в режимі закритої обертальної циркуляції.

Крім того, є також інші установки, відносно незалежні від головних: установка промивки, що складається з двох живлячих бункерів, сита Bergeaud-1540 площею 6 м<sup>2</sup> і стейкера (укладальника) для розміщення на майданчику митих матеріалів (100 т/год.); централь SAE для виробництва гравію GNT 0/20 і 0/31, 5 (200 т/год.). Ця одиниця включає чотири бункери живлення з екстрактором-дозатором і транспортер-складальник, змішувач і бункер зберігання-відвантаження гравію.

Описана схема має принциповий характер. На її базі можуть бути створені типові комплекси для Кривбасу, адаптовані до різних умов, продуктивності та типів гірських порід. При цьому ступінь конструктивного та технологічного варіювання може бути найрізноманітнішою, але в цілому принципова схема повинна бути при цьому збережена, і, як показує аналіз досвіду роботи таких підприємств, часткова заміна імпортного обладнання вітчизняним є вкрай неефективною, оскільки останнє часто виходить з ладу і зумовлює часті і тривалі простої всього іншого – дуже дорогого, рентабельного тільки при інтенсивній і безперервній експлуатації. Аналогічні комплекси особливо ефективно можуть експлуатуватися при переробці щільних напівскельних порід розкриття саме за умов сполучення кар'єрів №3 «АМКР» та ПГЗК.

**Висновки.** Вищесказане зумовлює необхідність розробки методів оптимізації комплексної розробки родовищ з комплексним використанням ЦПТ. При цьому повинні враховуватися:

- а) гірничо-геометричні та геологічні параметри кар'єрів;
- б) всі види мінеральної сировини та її стан, набутий в процесі видобування і переробки;

в) усі існуючі ланки технологічної схеми комплексного освоєння родовища;  
г) взаємозв'язки і взаємодія всіх внутрішньовиробничих і зовнішніх структур;  
д) дані маркетингових досліджень і споживчий потенціал існуючих і перспективних покупців можливого асортименту мінеральної продукції.

Створення об'єднаного комплексного виробництва на такій основі має забезпечити не тільки підвищення прибутковості взаємодіючих гірничих підприємств, але й вирішення цілого ряду екологічних та соціальних проблем регіону.

#### Перелік посилань

1. Шапар А.Г. й ін. (1998). Ресурсозберігаючі технології видобутку корисних копалин на кар'єрах України. Київ: Наукова думка.
2. Виницкий К.Е. (1989). О ресурсосберегающих технологиях и комплексном освоении недр. / Горные науки и промышленность. М.: Недра.
3. Мининг С.Э., Мининг С.С. (2002). Об оценке стоимости запасов твердых полезных ископаемых // Горный журнал, № 9 (pp. 6-8).
4. Яковлев В.Л. (1998) Проблемы и перспективы развития открытых горных разработок // Проблемы геотехнологии и недроведения (Мельниковские чтения): Докл. международной конференции, 6-10 июля 1998г. Екатеринбург: УрО РАН, Т. 2.
5. Воловик В.П., Голярчук Н.И., Бельченко Е.Н. (2000) Современное состояние горно-обогатительных комбинатов Кривбасса и перспективы их развития // Metallургическая и горнорудная промышленность. № 4. (pp. 59-61); № 5. (pp. 80-83).
6. Куделя А.Д. (1984). Комплексное использование минеральных ресурсов железорудных горно-обогатительных комбинатов УССР. Киев: Наукова думка.
7. (1978). Циклично-поточная технология добычи руды на карьерах Кривбасса. (Под ред. Б.Н. Тартаковского). Київ: Техніка.
8. Roger Vernieres (2002). Quartzite et gres Breton a Gourin-Conveau (GSM) / Mines & carrieres. Paris: Mars. №147. vol. 84.

#### АННОТАЦИЯ

**Цель исследований** – обоснование общего подхода к разработке породного массива между двумя соседними карьерами в условиях комплексного использования рудного и нерудного попутного сырья.

**Методика** исследований включает методы аналитических расчетов, технико-экономический анализ; обоснование имитационной модели конверсии ГОКа; статистический анализ отчетности рудников и выполненных наблюдений. Применяются экономико-математические методы решения задач и их сравнительные оценки. Описываются основные принятые гипотезы, а также авторские предложения.

**Исследовано** современное состояние, возможности, условиях и перспективы объединения карьеров Южного ГОКа и «АрселорМиттал» (карьер №3) в условиях ликвидации перемычки, разделяющей их в настоящее время. Рассматривается методика рейтинговой оценки по вариантам внедрения добычи попутного сырья на действующем рудном карьере. Предлагается алгоритм и организационные мероприятия по компоновке и сочетанию в целостный поток технологических процессов при переходе на комплексный принцип разработки месторождения.

**Научная новизна** заключается в формулировке авторской идеи по конверсии рудников в условиях объединения их карьерных полей путем привлечения в продуктивную переработку



попутного минерального сырья, и в аналитическом обосновании параметров объектов и процессов для эффективного внедрения разработанных предложений в условиях карьеров горно-обогатительный комбинатов.

**Практическое значение** исследований заключается в обосновании нового принципа разработки породного массива, который разделяет два карьера различных предприятий, и алгоритмизации данного процесса.

**Ключевые слова:** карьер, породный массив, конвейер, минеральная продукция, совмещенные потоки, комплексные технологии.

### ABSTRACT

**Purpose.** The aim of the research is to substantiate a general approach to the development of a rock massif between two adjacent quarries in the context of the integrated use of ore and non-ore passing raw materials.

**Methods.** The research methodology includes methods of analytical calculations, technical and economic analysis; substantiation of the simulation model of mining plants conversion; statistic analysis of mine reporting and completed observations. Economic and mathematical methods for solving problems and their comparative estimates are applied. The main accepted hypotheses, as well as author's proposals, are described.

**Investigated.** The current state, possibilities, conditions and prospects of the quarries joining of "Yuzhnyy GOK" and "ArcelorMittal" (quarry No. 3) are studied for the conditions of the dams working out that separates them at the present time. The methodology of rating assessment is considered in terms of options for introducing associated ore production at the operating ore quarry. The algorithm and organizational arrangements for combination in a complete flow of technological processes in the transition to a integrated principle of field development are proposed.

**Scientific originality** lies in the formulation of the author's idea of the mines conversion in the context of combining their open pit fields by involving in the processing of associated mineral raw materials, and in the analytical justification of the parameters of objects and processes for the effective implementation of developed proposals in conditions of ore mining and processing plants.

**Practical significance** is to justify a new principle for the development of a rock massif that divides two quarries of different enterprises, and the algorithmization of this process.

**Keywords:** quarry, rock massif, conveyor, mineral products, combined flows, integrated technologies.