


УДК 622.22.553.4:519.85

 <https://doi.org/10.31996/mru.2020.2.19-24>

**В. Г. ГРІНЬОВ**, д-р техн. наук, професор, завідувач лабораторії проблем розробки родовищ корисних копалин Інституту фізики гірничих процесів Національної академії наук України, <https://orcid.org/0000-0003-2942-6518>,

**А. О. ХОРОЛЬСЬКИЙ**, канд. техн. наук, старший науковий співробітник відділу управління станом гірничого масиву Інституту фізики гірничих процесів Національної академії наук України, <https://orcid.org/0000-0002-4703-7228>

**V. HRINOV**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Laboratory of problems of working mine (Institute of Physics of the Mining Processes of National Academy of Sciences of Ukraine), <https://orcid.org/0000-0003-2942-6518>,

**A. KHOROLSKYI**, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Department of management of mountain range the state (Institute of Physics of the Mining Processes of National Academy of Sciences of Ukraine), <https://orcid.org/0000-0002-4703-7228>

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВ ТЕХНОЛОГІЇ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЄКТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ РОДОВИЩАМИ ЦІННИХ КОПАЛИН

### STUDIES OF THE BASICS OF TECHNOLOGY FOR OPTIMAL DESIGN OF RATIONAL USE OF VALUABLE MINERAL DEPOSITS

Розглянуто питання створення сучасного математичного забезпечення, а також засобів ухвалення рішень для техніко-економічних обґрунтувань параметрів проектування розробки українських родовищ з цінними корисними копалинами й визначення оптимальної стратегії їхнього освоєння. Алгоритмічний опис процесу керування станом запасів родовищ і форма подання результатів дають змогу запровадити описані методи у виробництво, водночас родовище розглянуто не як окремий об'єкт, а як проміжну ланку в процесі отримання кінцевої продукції.

Сфера застосування технології оптимального проектування для раціонального використання родовищ не залежить від різновиду корисної копалини, оскільки оптимальний сценарій виробництва кінцевої продукції для конкретного родовища визначають за допомогою моделі зміни стану запасів копалини від балансових до кінцевого продукту, яку після перетворення ациклічних графів у мережу можна оптимізувати через класичні алгоритми.

**Ключові слова:** сценарій освоєння, цінні родовища, екологія, раціональне природокористування, оптимальне проектування, динамічне програмування, комп'ютерні програми.

The aim of this paper is to develop and validate methods of choosing the means of valuable mineral deposits. This paper describes a methodology for assessing deposits from both an economic and an environmental point of view. The questions of creation of modern mathematical support, as well as the means of decision making for the feasibility study of Ukrainian deposits with valuable minerals and determination of the optimal strategy for their development are considered. A new way of developing environmental scenarios for territorial development is proposed, which is to optimize network models that are consistent with environmental strategies for mineral exploration with a view to producing the final products. Unlike economic scenarios, the development of the field of environmental requirements takes into account the rating of man-made environmental hazards at each stage, which allows not only the benefit but also the risks of production. An algorithmic description of the process of managing the state of reserves and the form of presentation of the results make it possible to introduce the described methods into production, at the same time the field is considered not as a separate object, but as an intermediate element in the process of obtaining final products. In addition, the sequence of finding the optimal solution can be considered as from the beginning of development of the field to the stage of obtaining the final products, and in the opposite direction.

The field of optimal design technology for the rational development of fields is independent of the type of minerals, since the determination of the optimal scenario of production of final products for a particular field is due to the model of changing the state of mineral reserves from balance sheet to final products, which after the transformation of acyclic graphs in the network can be optimized using classic algorithms.

**Keywords:** development scenario, valuable mineral deposits, ecology, rational use of natural resources, optimal strategy, dynamic programming, software.

**Вступ.** Україна належить до країн з багатим природно-ресурсним потенціалом, який наразі не використовує вповні. Це зумовлено багатьма чинниками. Окрім того, що немає достатньо коштів на розвідку, розробку та експлуатацію родовищ, бракує ефективної технології оптимального проектування раціонального природокористування.

Під природокористуванням розуміємо сферу виробничої й наукової діяльності, всю сукупність засобів яких застосовують для комплексного вивчення, освоєння, використання, відновлення, поліпшення й охорони природного середовища та природних ресурсів задля розвитку продуктивних сил, забезпечення сприятливих умов життєдіяльності людини [14]. Водночас термін "природокористування" нерозривно пов'язаний не тільки з ефективним вилученням корисної копалини, а також із мінімізацією негативного впливу виробництва на довкілля.

Потребу раціонального використання українських надр важко переоцінити, але з часів незалежності жодне з родовищ рідкісних і благородних металів не освоєне належним чином.

Таку ситуацію можна пояснити браком уваги відповідних державних структур до проблеми ефективного вилучення корисних копалин з надр, що супроводжується шкідливим виробництвом, розміщеним фактично в центрі Європи. Відомчі норми, які регламентують технологічне проектування, затверджені для багатьох різновидів галузевої діяльності в Україні, але досі не підготовлено відповідних нормативів з розроблення кольорових металів.

Запаси корисних копалин і техніко-економічна оцінка їхнього розроблення, що затвердила ДКЗ України (Державна комісія України по запасах корисних копалин) [13], є підставою для складання проєктів добування корисних копалин. Технічно питання освоєння родовищ вирішуються в такий спосіб. Після проведення державної експертизи геологічних

матеріалів і встановлення кондицій на мінеральну сировину оцінюють запаси й ресурси на конкретному родовищі [8, 9].

ОПР (особа, що приймає рішення – власник ліцензії, інвестор) розглядає кілька варіантів отримання кінцевої продукції. Згідно із чинними нормативами [10, 12] під час визначення варіанта освоєння оцінюваного геологічного об'єкта перевагу дістає той, що забезпечує максимальні величини інтегрального економічного ефекту [4].

Обґрунтування способу й системи розроблення родовища, виробничої потужності й терміну дії підприємства, типів гірничого обладнання, засобів механізації, інших проектних рішень і параметрів рекомендовано проводити методами, які застосовують під час проектування гірничодобувних підприємств, з використанням чинних галузевих норм технологічного проектування, державних будівельних норм, проектів робочих підприємств-аналогів, даних науково-технічних досліджень.

Проти таких рекомендацій важко заперечувати, однак аналогічних підприємств з розроблення, наприклад, золоторудних родовищ немає ні в Україні, ні в Європі (за винятком скандинавських країн, які, порівнюючи зі світовим, мають низький рівень річного видобутку, що становить менш як 10 тонн).

Отже, дослідження основ технології оптимального проектування процесу освоєння родовищ корисних копалин із оцінкою та вибором параметрів експлуатації запасів і виробництва кінцевої продукції є актуальним науковим завданням. Розроблення засобів ухвалення рішень щодо раціонального використання родовищ цінних копалин формують наукову й практичну цінність роботи.

**Основні дослідження та публікації.** Цінний досвід і прогресивні технології вилучення з надр благородних металів відомі на американському, азіатському й африканському континентах [2, 4, 18]. Згідно з даними GFMS Gold Survey, до першої п'ятірки рейтингу понад 50 успішних світових виробників рудного золота ввійшли Китай, Австралія, Росія, США й Канада з річними обсягами від 200 до 400 тонн металу [11].

Історія спроб освоєння золоторудних родовищ в Україні розпочалася в часи незалежності. Ключові її моменти загальновідомі, а історія українського золота як “Клондайк для аферистів” доступна широкому колу користувачів мережі Internet [16]. До переліку цих моментів входять: розвідка понад десяти родовищ з промисловими запасами, програма “Золото України”, створення компанії “Укрзолото”, виготовлення золотого тризубу, ліквідація “Укрзолота” через неефективність роботи, створення ПАТ “Українські поліметали” на чолі з російською командою, неефективне розроблення Клишівського й Мужіївського родовищ з елементами декларативності і як наслідок – ліквідація ПАТ “Укра-

їнські поліметали”. Спроба інтенсифікації видобутку золота через залучення іноземних компаній у статусі повноправних надрокористувачів також не увінчалась успіхом.

Нині в Україні є кілька власників ліцензій (див. таблицю), а проте золота майже не добувають.

Багаторічний досвід наукових академічних досліджень одного з авторів цієї статті [3, 4] з оцінки й вибору параметрів підземного розроблення родовищ з рудами рідкісних і благородних металів у країні, яка входить до трійки світових лідерів з видобутку золота, дає змогу проводити дослідження в галузі створення технології оптимального проектування природокористування для раціонального освоєння вітчизняних родовищ корисних копалин.

Попри певні успіхи в цьому напрямі більшість малих золоторудних родовищ розробляють без залучення капітальних вкладень й розроблення генеральних проектів, а відтак освоюють тільки окремо взяті частини родовищ. Це часто призводить до вибіркового відпрацьовування багатих ділянок і як наслідок – до необґрунтованого списання решти запасів.

У країнах з розвиненим гірництвом відносини між ученими й галузевими проектувальниками в питаннях експлуатації родовищ визначаються технологічними регламентами, які розробляють, узгоджують і затверджують відповідні спеціалізовані державні структури. Проте в Україні рівень природокористування досі не відповідає світовому й за наявності такої різноманітної та перспективної мінеральної бази держава не отримує належних прибутків.

Під час розроблення родовищ рідкісних і благородних металів дуже важливим є питання технології видобутку руди. До умов, які мають вирішальне значення для вибору системи розроблення, належать потужність і кут падіння рудного тіла, уміст корисної копалини, стійкість порід, міцність і глибина залягання. Перші три параметри в умовах невеликих за запасами родовищ різко змінюються в межах очисного блоку. Проектуючи гірничі роботи, рекомендовано орієнтуватися на надійні прості технологічні схеми, здатні високопродуктивно працювати в різноманітних умовах. Найефективніше під час розроблення жил зі складною морфологією застосовувати самохідне устаткування. Це дає можливість швидко пристосовувати технологію до змінюваних умов залягання, а також ефективно відпрацьовувати окремі ділянки з промисловим умістом.

У зв'язку з вищевикладеним дотримання раціонального надрокористування можливе тільки в разі опрацювання технологічних регламентів на проектування гірничодобувних підприємств спільними зусиллями геологів і гірників.

**Таблиця. Відомості про підприємства з видобутку рудного золота**

Назва об'єкта ліцензування	Власник спецдозволу/ Місцезнаходження	Дата видачі/ Дата закінч./ Ознака дії	Корисна копалина: О – основна, С – супутня	Експлуатація родовища	Доступна інформація про діяльність
Родовище Сергіївське	ТОВ “Камнеобробна компанія України”, м. Дніпро	14-10-2010 14-10-2030 Дійсний	О – Руди золота	Не здійснюється	Сайт не функціонує. Інформації про діяльність немає
Родовище Сауляк. Ділянка – Рудне тіло 1, ділянка – Рудне тіло 2	ТОВ “САУЛЯК”, Закарпатська обл., м. Рахів	22-12-2010 22-12-2030 Дійсний	О – Руди золота	Не здійснюється	Сайт не функціонує. Інформації про діяльність немає
Родовище – Мужіївське	ПРАТ “Карпатська рудна компанія” Закарпатська обл., м. Берегове	19-03-2012 19-03-2032 Дійсний	О – Руди золота, С – Води дренажні	Розроблення та утилізація відвалів	Сайт функціонує. Інформації про діяльність немає

Також під час підготування початкових даних для проектування підприємства потрібно зважати на низку особливостей експлуатації родовищ, не пов'язаних безпосередньо з гірничими процесами [3], а також визначення раціонального обсягу виробництва кінцевої продукції, за якого підприємство може отримувати максимальний прибуток [6]. І, нарешті, обов'язковою умовою проектування є оцінка екологічного аспекту виробництва [7].

**Формулювання мети.** Метою праці є розроблення підходів щодо раціоналізації параметрів природокористування під час розроблення цінних родовищ корисних копалин України в галузі мінімізації собівартості видобутку й негативного впливу на довкілля. Ідея полягає в створенні моделі родовища та етапів його освоєння у вигляді декомпозиційної системи з формалізацією завдань на кожному з етапів і застосуванням алгоритмів динамічного програмування.

**Викладення основного змісту.** Незалежно від типу корисної копалини алгоритм оптимального проектування процесу освоєння має відповідати на такі запитання.

– Що є критерієм кінцевої ефективності виробництва? Спочатку може видатися, що критерієм ефективності може слугувати економічна категорія “собівартість”, проте її не можна об'єктивно застосувати під час аналізу групи взаємопов'язаних підприємств, які виробляють продукцію. В умовах ринкової економіки неможливо не зважати на інтереси всіх гравців на ринку генерації енергії, металу або корисних копалин — кожне підприємство не є самостійним апіорі, а в процесі своєї господарської діяльності має розглядатись як проміжна ланка на стадії отримання продукції.

– Для якої галузі отримане рішення буде оптимальним? Потрібно знайти галузь у вигляді сукупності природних, технологічних, організаційних параметрів, що дасть змогу відтворити потрібний обсяг виробництва із заданим рівнем ефективності.

– Скільки треба виробити продукції? Відповідь на це запитання створює резерв для збільшення обсягів виробництва або, навпаки, оперативного керування на стадії згортання виробничих потужностей.

– Яким чином мінімізувати ризики виробництва? Для цього потрібно проаналізувати можливі варіанти розвитку виробництва, усі сприятливі й несприятливі сценарії, тобто здійснити перехід від невизначеності станів природи до встановлення об'єктивної вірогідності ризиків.

Лише після з'ясування відповідей на всі вищеперераховані запитання в наведеній послідовності можна перейти до питання раціоналізації параметрів експлуатації. Водночас треба зважати на екологічний аспект.

Відповідям на ці запитання присвячено це дослідження. До того ж характерною особливістю наведеного підходу є те, що запропоновано універсальний інструмент, який дає змогу здійснювати насамперед не кількісну, а якісну оцінку.

Потенціал розвитку досліджень у напрямі оптимізації мережевих моделей достатній для здійснення економічної оцінки екологічного аспекту освоєння родовищ корисних копалин [6, 7]. Процедура такої оцінки полягає у фінансовому порівнянні двох сценаріїв освоєння — оптимального з економічного погляду та екологічно ощадного. Реалізувати цю процедуру можна буде на базі моделювання процесів освоєння родовища, з одного боку, за економічними показниками собівартості й прибутку, а з іншого — з огляду на екологічні переваги на всіх етапах.

Відповідно до вищесформованих завдань дослідження запропоновано новий підхід щодо підвищення ефективності процесу розроблення родовищ корисних копалин. На першому етапі слід зосередити увагу на критерії оптимальності в категорії “якість”. Це філософська категорія, що виражає сукупність істотних ознак, особливостей і властивостей, які відрізняють один предмет або явище від інших і надають йому визначеності. Якість предмета або явища зазвичай не обмежується його окремими властивостями. Вона пов'язана з предметом загалом, охоплює його повністю й невіддільна від нього. Тому поняття якості пов'язується з буттям предмета. Предмет не може, залишаючись самим собою, втратити свою якість [17]. У такий спосіб ця категорія є універсальною незалежно від типу корисної копалини. Для вугілля категорією “якість” виступає зольність, а для руди — ступінь зuboжіння. Також в умовах екологічно забруднювального виробництва для особливо цінних корисних копалин (наприклад, золота) до категорії “якість” можна зарахувати ступінь негативного впливу на довкілля, який визначено на основі експертної оцінки екологів [1, 2, 19, 20]. Із категорії “якість” випливає, що сукупність ознак визначає сам процес, це і є зміна стану запасів, тобто вугілля проходить етап від добутої корисної копалини до електроенергії або металу. Аналогічна ситуація і з рудою або цінною корисною копалиною.

Енциклопедичне завдання гірничої технології полягає в сукупності прийомів і способів зміни природного стану надр Землі, а її розвиток пов'язаний з потребою дедалі досконаліших технічних прийомів [1]. Оскільки технологічна схема гірничодобувного виробництва реалізується у вигляді ланцюжка послідовно виконуваних процесів, то технологія проектування — це сукупність методів і засобів проектування.

Формат технології оптимального проектування процесу освоєння пропонується як сукупність інструментів, підходів, засобів ухвалення рішень, які дають змогу отримати адекватне, а головне достовірне рішення в межах визначеної галузі раціонального проектування. Тобто під час розгляду процесу освоєння родовища загалом через зміну стану запасів у вигляді ланцюжка можна скористатися методами динамічного програмування [6], адже для ефективного переходу до наступного етапу кожне попереднє рішення буде найкращим проти можливих. Це потребує більших зусиль, обчислювальних ресурсів, проте на виході кожне рішення задовольнятиме головному принципу динамічного програмування Р. Беллмана із додатковими вимогами [19].

Незалежно від типу інструменту (мережева модель й алгоритми мережевої оптимізації, динамічне програмування) є спільний принцип — визначені параметри можна представити у вигляді єдиної структури, а не окремо кожен. У такий спосіб відбувається оптимізація процесу отримання кінцевої продукції. Водночас ефективність усього процесу залежить від сукупної ефективності заданої кількості параметрів на всіх попередніх етапах, яка також залежить від одного (двох, трьох) параметрів. Запропонований декомпозиційний підхід дає змогу визначати пріоритетні (керівні) чинники для кожної стадії виробництва.

На рис. 1 зображено альтернативний граф освоєння реального родовища.

Зауважимо, що вершини з'єднані між собою відповідно до реальних зв'язків. Після цього аналізуємо мережеву модель на кожному етапі. Для знаходження найкоротшого шляху від вузла 1 до вузла 37 використовується метод динамічного програмування.

Процес ухвалення рішень може бути розглянуто за допомогою функціонального рівняння

$$\frac{\partial x(t)}{\partial t} = f(x(t), u(t), t); x(\tau) = y; \tau \leq t \leq t_1, \quad (1)$$

де  $\tau$  – довільний параметр;

$y$  – довільний вектор.

Інваріантний спосіб з прямим зануренням дає змогу розглянути виробничий процес у часі  $t$  з обмеженим обсягом ресурсів. Водночас розглядаються всі можливі рішення й кожне наступне рішення (альтернатива) не гірше за попереднє (рис. 2).

В альтернативному графі з 37 вузлами визначення стратегії освоєння золоторудного родовища кожна дуга  $(i, j)$  має свою довжину  $t_{ij}$ . У спрямованому ациклічному графові можна позначити вузли цілими числами від 1 до  $N$  у такий спосіб, що для кожної дуги  $(i, j)$  справедлива нерівність  $i < j$ . Найкоротший шлях від вузла 1 до вузла  $j$  має містити деяку дугу як кінцеву й тому

$$f_j = \min_{i(i,j)} (f_i + t_{ij}). \quad (2)$$

Для знаходження найкоротшого шляху від вузла 1 до вузла 37 використано метод динамічного програмування із застосуванням алгоритму Белмана-Форда [19]. Безліч рішень оптимізаційних завдань описується функціональними рівняннями, аналогічним рівнянню (2). Функціональне рівняння є системою рівнянь, які пов'язують кілька оптимізаційних завдань. У такій системі кожне рівняння відповідає одному вузлу. Рішення безлічі оптимізаційних завдань можна знайти за допомогою так званого алгоритму зворотного прогону, рівнозначного впорядкованій процедурі рішення послідовності функціональних рівнянь.

Алгоритм зворотного прогону наведено в праці [4]. Він придатний для обчислень в ациклічних мережах. Крім того, розрахунки можна починати в будь-якому кінці мережі й рухатися у зворотному напрямі. Водночас передбачається проведення однієї обчислювальної операції для кожної дуги. Тож навряд чи є ефективніший алгоритм, ніж зворотний прогін. На рис. 1 показано результати розрахунків мережевої моделі освоєння родовища у вигляді найкоротшого маршруту (червона суцільна лінія): 1–2–5–15–18–20–24–28–33–37.

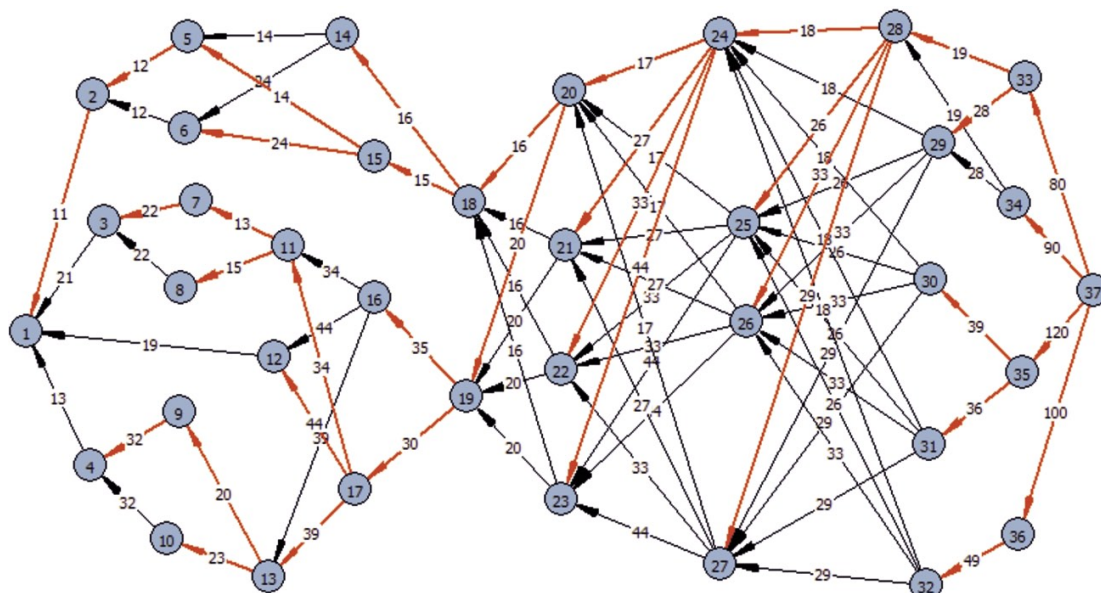


Рис. 1. Альтернативний граф з 37 вузлами визначення стратегії освоєння золоторудного родовища на фрагменті програми динамічного програмування [6]

Отже, для пошуку оптимальної стратегії освоєння родовища всі можливі варіанти потрібно представити у вигляді впорядкованої структури – графа. Після задаємо значення оптимізаційного параметра (витрати на проведення кожного етапу розробки родовища) у вигляді відстані між вершинами графа. Сукупність вершин, що відповідають етапам, і відстаней між ними й становлять значення оптимізаційного параметра та формують мережеву модель. Залежно від порядку розгляду моделі можна аналізувати як екологічні, так і економічні варіанти освоєння родовищ.

В Інституті фізики гірничих процесів НАН України для вирішення гірничих технологічних завдань методами дискретної математики також розроблено програмне забезпечення із сучасним інтерфейсом щодо втілення алгоритмів динамічного програмування на мережевих моделях (“Програма динамічного програмування альтернативного графа на мінімум” “DinMin.v2\_2019”) [15].

Окрім цього, потрібно визначити й порівняти суми, які кожна додаткова одиниця продукції додаватиме, з одного боку, до валового доходу, з іншого – до валових витрат. Результати варіантних розрахунків на моделі освоєння родовища дають змогу виконати статистичний аналіз середніх постійних витрат, середніх змінних витрат і середніх загальних витрат з побудовою кривих граничних витрат і граничного доходу для визначення рівня виробництва. Координати точки рівності цих показників укажуть на раціональний рівень виробництва, який максимізує прибуток. Це буде ключовим показником для базового варіанта проектування експлуатації родовища із оптимальними параметрами гірничо-збагачувального підприємства для раціонального освоєння цінних корисних копалин [6, 20].

Отже, в основі технології оптимального проектування природокористування лежить обов'язкове вирішення таких завдань:

- 1) Застосування категорії “якість” як критерію оптимальності, що дає змогу врахувати зміну стану запасів корисної копалини.
- 2) Представлення всього процесу отримання кінцевої продукції у вигляді єдиної структури – мережевої моделі. Застосування декомпозиційного підходу дає змогу перейти від багатоманіття параметрів, різних за своєю природою, до пріоритетних керівних чинників.

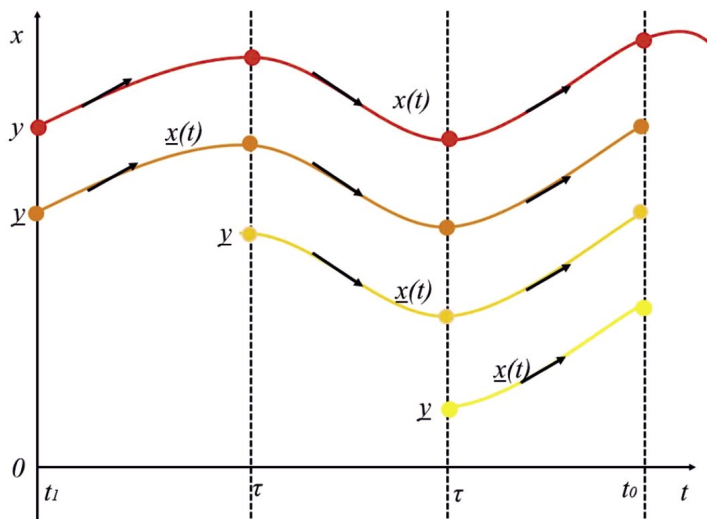


Рис. 2. Схема процедури пошуку оптимального рішення

3) Застосування адекватних інструментів ухвалення рішень для вирішення конкретних завдань.

4) Рішення ухвалюються для сукупності гірничо-геологічних, технологічних, організаційних чинників, що визначає галузь раціонального проектування.

5) Вирішення питання про встановлення раціонального об'єму виробництва.

6) Порівняння екологічного й економічного сценаріїв освоєння родовищ. Це реалізується зіставленням економічно обґрунтованого сценарію отримання кінцевої продукції з екологічними оцінками (визначеними на основі даних екологів), які характеризують ступінь техногенного навантаження на довкілля. У такий спосіб можна передбачити додаткові етапи для збагачення корисної копалини або організацію заходів із рекультивації площ тощо.

Перш ніж братися за розроблення технічних рішень, проектування й упровадження тієї або іншої технології видобутку й перероблення корисної копалини, потрібно зіставляти й аналізувати можливості розробника й показники родовища. З одного боку, є суб'єкт в ролі власника ліцензії з правом на користування надрами з його фінансовими можливостями, трудовими й матеріальними ресурсами. З іншого боку, аналізується об'єкт розробки – вилучена цінність родовища з надр, міра освоєння території, можливість збагачення й збуту продукції. На цьому матеріалі, використовуючи відомі критерії ефективності й методи оптимізації, можна обґрунтувати простір проектування – сферу, визначену всіма проектними параметрами, які можуть забезпечити раціональну експлуатацію родовища.

**Висновки.** У праці запропоновано новий підхід щодо інноваційної технології оптимального проектування параметрів усіх ланок процесу експлуатації запасів родовищ корисних копалин. Утілення підходу відбувається через створення технології раціонального користування родовищами цінних копалин, що дає змогу оцінити ефективність застосування різних варіантів видобутку корисних копалин з позиції економічних та екологічних переваг, а також визначити раціональний обсяг виробництва.

Наведені в цій праці методики й результати досліджень з оптимального проектування параметрів експлуатації родовищ цінних копалин України є основою методології вирішення складних завдань. За допомогою цього інструмента-

рію можна готувати обґрунтування для надкористувача, що ухвалюватиме аргументовані рішення з основних питань технічного завдання на проектування експлуатації конкретного родовища, розміщеного на освоєній території України.

Кінцевим результатом створеної технології є можливість розроблення технічного завдання щодо освоєння конкретного родовища корисних копалин з огляду на етапи експлуатації цінних копалин, ризики виробництва, заходи з мінімізації техногенного навантаження на довкілля, а також граничний обсяг виробництва.

Отже, на основі достовірної геолого-гірничої інформації про стан родовища й сучасних технологій, а також за наявності класичних обчислювальних методів можна втілити нові підходи до геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалини та їхньої раціональної експлуатації.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Горная энциклопедия/Гл. ред. Е. А. Козловский. – М.: Сов. энциклопедия в 5 т. – 1991.
2. Гринев В. Г. Оценка и выбор рациональных параметров подземной разработки рудных месторождений Якутии//Автореф. ... докт. техн. наук. – Новосибирск: ИГД СО РАН, 1993. – 43 с.
3. Гринев В. Г. Решение проблем разработки рудных месторождений Севера. – Новосибирск: ВО “Наука”, 1992. – 205 с.
4. Гринев В. Г., Изаксон В. Ю., Зубков В. П. Решение горных задач на ЭВМ при освоении рудных месторождений. – Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1999. – 215 с.
5. Гринев В. Г., Петров А. Н., Зубков В. П. Определение области проектирования эффективной разработки рудных месторождений Якутии// Горное дело в Арктике. – Санкт-Петербург, 1994. – С. 56–60.
6. Гриньов В. Г., Хорольський А. О. Оптимальне проектування параметрів гірничозбагачувальних підприємств для раціонального освоєння цінних родовищ України//Фізико-технічні проблеми горного виробництва. – 2019. – № 21. – С. 128–145. <https://doi.org/10.37101/ftpgr21.01.008>
7. Гриньов В. Г., Хорольський А. О., Калиуценко О. П. Розроблення екологічних сценаріїв ефективного освоєння цінних родовищ корисних копалин//Мінеральні ресурси України. – 2019. – № 2. – С. 46–50. <https://doi.org/10.31996/mru.2019.2.46-50>
8. Кодекс України про надра//Відомості Верховної Ради України. – 1994. – № 36.
9. Методика визначення вартості запасів і ресурсів корисних копалин родовища або ділянки надр, що надаються у користування// Кабінет Міністрів України. – 2004.
10. Методика визначення початкової ціни продажу на аукціоні спеціального дозволу на право користування надрами//Кабінет Міністрів України. – 2004.
11. Мировая экономика: 10 главных золотодобывающих стран мира//Електронний ресурс: <https://ktovcourse.com/mirovaya-ekonomika/10-glavnyh-zolotodobyvayushhih-stran-mira> – Загол. з екрана.
12. Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах//Наказ ДКУ по запасах корисних копалин. – 2005.
13. Рудько Г. І., Григіль В. Г., Ловилюков В. І. Правовий стан і напрями вдосконалення державної експертизи й оцінки запасів корисних копалин//Мінеральні ресурси України. – 2016. – № 1. – С. 3–7.
14. Словарь иностранных слов. – М., 1988. – 608 с.
15. Хорольський А. О., Гриньов В. Г. Оцінка і вибір параметрів при розробці родовищ корисних копалин//Фізико-технічні проблеми горного виробництва. – 2020. – № 22. – С. 118–140.
16. Черная Н. Украинское золото: Клондайк для аферистов/[Електронний ресурс]//Режим доступу: <https://economics.unian.net/industry/1167150-ukrainskoe-zoloto-klondayk-dlya-afelistov.html>.
17. Cargile J. Qualities. in Honderich, T. (Ed.) (2005). The Oxford Companion to Philosophy (2nd ed.). Oxford – 1995. – 640 p.
18. Hrinov V. Gold-ore deposits underground mining design taking into account cryolith zone//Mining in the Arctic proceedings of the 2nd International symposium. – AA Balkema/Rotterdam/Brook-field. – 1992. – 315 p.

19. Kellerer H., Pferschy U., Pisinger D. Knapsack Problems. – Springer Science+Business Media, 2004. – 548 p.

20. Khorolskyi A., Hrinov V., Kaliushenko O. Network models for searching for optimal economic and environmental strategies for field development. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. – 2019. – Vol. 6. – №. 3. – P. 463–471.

#### REFERENCES

1. Mining Encyclopedia/Ch. ed. E. A. Kozlovsky. Moskva: Sov. encyclopedia in 5 volumes. – 1991. (In Russian).

2. Grinev V. G. Evaluation and selection of rational parameters of underground mining of ore deposits of Yakutia. *Dr. tech. Science*. – Novosibirsk: IGD SO RAN, 1993. – 43 p. (In Russian).

3. Grinev V. G. Solution of the problems of the development of ore deposits of the North. – Novosibirsk: Nauka, 1992. – 205 p. (In Russian).

4. Grinev V. G., Izakson V. Yu., Zubkov V. P. The solution of mountain problems on a computer during the development of ore deposits. – Novosibirsk: Nauka, Siberian Publishing Company of the Russian Academy of Sciences, 1999. – 215 p. (In Russian).

5. Grinev V. G., Petrov A. N., Zubkov V. P. Determination of the field of designing the effective development of ore deposits in Yakutia//*Gornoe delo v Arktike*. – St. Petersburg, 1994. – P. 56–60. (In Russian).

6. Hrinov V. H., Khorolskyi A. O. Optimal design of parameters of mining and processing enterprises for the rational development of valuable deposits of Ukraine//*Fiziko-tehnicheskie problemy gornogo proizvodstva*. – 2019. – № 21. – P. 128–145. <https://doi.org/10.37101/ftpgp-21.01.008>. (In Ukrainian).

7. Hrinov V. H., Khorolskyi A. O., Kaliushchenko O. P. Development of ecological scenarios of effective development of valuable mineral deposits//*Mineralni resursy Ukrainy*. – 2019. – № 2. – P. 46–50. <https://doi.org/10.31996/mru.2019.2.46-50>. (In Ukrainian).

8. Code of Ukraine on subsoil//*Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*. – 1994. – № 36. (In Ukrainian).

9. Methodology for determining the starting price of an auction for a special permit for the right to use the subsoil//*Kabinet Ministriv Ukrainy*. – 2004. (In Ukrainian).

10. The methodology for determining the value of reserves and resources of the mineral or subsoil provided for use//*Kabinet Ministriv Ukrainy*. – 2004. (In Ukrainian).

11. World economy: 10 major gold mining countries of the world//*Electronic resource: https://ktovkurse.com/mirovaya-ekonomika/10-glavnyh-zolotodobyvayushih-stran-mira*. – The headline from the screen. (In Russian).

12. Regulations on the procedure for development and justification of mineral raw material conditions for the calculation of mineral resources in the bowels//*Nakaz DKZ Ukrainy*. – 2005. (In Ukrainian).

13. Rudko G. I., Grygil V. G., Lovyniukov V. I. Legal status and directions of improvement of state expertise and evaluation of mineral resources//*Mineralni resursy Ukrainy*. – 2016. – № 1. – P. 3–7. (In Ukrainian).

14. Dictionary of foreign words. – Moskva, 1988. – 608 p. (In Russian).

15. Khorolskyi A. A., Hrinov V. G. Estimation and choice of parameters in the development of mineral deposits//*Fiziko-tehnicheskie problemy gornogo proizvodstva*. – 2020. – № 22. – P. 118–140. (In Ukrainian).

16. Chernaja N. Ukrainian gold: Klondike for swindlers/[*Electronic resource*]//*Access mode: https://economics.unian.net/industry/1167150-ukrainiskoe-zoloto-klondayk-dlya-afelistov.html*. (In Russian).

17. Cargile J. Qualities. in Honderich, T. (Ed.) (2005). *The Oxford Companion to Philosophy* (2nd ed.). Oxford – 1995. – 640 p.

18. Hrinov V. Gold-ore deposits underground mining design taking into amount cryolith zone//*Mining in the Arctic proceedings of the 2-nd International symposium*. – AA Balkema/Rotterdam/Brook-field. – 1992. – 315 p.

19. Kellerer H., Pferschy U., Pisinger D. Knapsack Problems. – Springer Science+Business Media, 2004. – 548 p.

20. Khorolskyi A., Hrinov V., Kaliushenko O. Network models for searching for optimal economic and environmental strategies for field development. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. – 2019. – Vol. 6. – №. 3. – P. 463–471.

Рукопис отримано 28.04.2020.

## ДО ВІДОМА АВТОРІВ

## МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

З метою подальшого підвищення наукового рейтингу журналу та його дописувачів варто звернути увагу на наступне:

1. Кожна публікація не англійською мовою супроводжується анотацією англійською мовою обсягом не менш як 1800 знаків (з ключовими словами). Якщо видання не є повністю українськомовним, кожна публікація не українською мовою супроводжується анотацією українською мовою обсягом не менш як 1800 знаків (з ключовими словами, урахувавши пропуски).

2. Вимоги до анотацій англійською мовою: інформативність (без загальних слів); змістовність (відображення основного змісту статті та результатів досліджень); застосування термінології, характерної для іноземних спеціальних текстів; єдність термінології в межах анотації; без повторення відомостей, що містяться в заголовку статті.

3. Прізвища авторів статей надаються в одній з прийнятих міжнародних систем транслітерації (з української — відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 55 від 27.01.2010 “Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею”; з російської — відповідно до “Системы транслитерации Библиотеки конгресса США”). Зазначення прізвища в різних системах транслітерації призводить до створення в базі даних різних профілів (ідентифікаторів) одного автора.

4. Для повного й коректного створення профілю автора дуже важливо наводити місце його роботи. Дані про публікації автора використовуються для отримання повної інформації щодо наукової діяльності організації і загалом країни. Застосування в статті офіційної, без скорочень, назви організації англійською мовою заповігати втраті статей у системі аналізу організацій та авторів. Бажаємо вказувати в назві організації її відомство за належністю.

5. В аналітичній системі SCOPUS потрібні пристатейні списки використаної літератури латиницею. Можливості SCOPUS дають змогу проводити такі дослідження: за посиланнями оцінювати значення визнання робіт конкретних авторів, науковий рівень журналів, організацій і країн загалом, визначати актуальність наукових напрямів і проблем. Стаття з представленим списком літератури демонструє професійний кругозір та якісний рівень досліджень її авторів.

6. Правильний опис джерел, на які посилаються автори, є запорукою того, що цитовану публікацію буде враховано в процесі оцінювання наукової діяльності її авторів, а отже й організації, регіону, країни. За цитуванням журналу визначається його науковий рівень, авторитетність тощо. Тому найважливішими складниками в бібліографічних посиланнях є прізвища авторів і назви журналів. В опис статті треба вносити всіх авторів, не скорочуючи їхньої кількості. Для уникнення неточностей в ідентифікації авторства й визначення персональних метрик (показників) бібліометрії авторам наукових публікацій потрібно використовувати персональні коди ORCID.

7. Для українсько- та російськомовних статей з журналів, збірників, матеріалів конференцій структура бібліографічного опису така: автори (транслітерація), переклад назви статті англійською мовою, назва джерела (транслітерація), вихідні дані, у дужках — мова оригіналу, ідентифікатор DOI.

8. Список використаної літератури (References) для SCOPUS та інших закордонних баз даних наводиться повністю окремим блоком, повторюючи список літератури до українсько- та російськомовної частини незалежно від того, містяться в ньому чи ні іноземні джерела. Якщо в списку є покликання на іноземні публікації, їх повністю повторюють у списку, який створюють у латинському алфавіті.

Рукопис статті до редакції автори подають зі своїми підписами.