

## ПРОБЛЕМИ ЕКОНОМІКИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ І ВИРОБНИЧИХ КОМПЛЕКСІВ

УДК 622.22:553.4:519.85

doi: <http://doi.org/10.15407/econindustry2020.03.082>

**Володимир Герасимович Гріньов,**

*д-р техн. наук, професор*

E-mail: [grinevv@ukr.net](mailto:grinevv@ukr.net)

<https://orcid.org/0000-0003-2942-6518>;

**Андрій Олександрович Хорольський,**

*канд. техн. наук*

Інститут фізики гірничих процесів НАН України

49600, Україна, м. Дніпро, вул. Сімферопольська, 2-а

E-mail: [khorolskiyaa@ukr.net](mailto:khorolskiyaa@ukr.net)

<https://orcid.org/0000-0002-4703-7228>

### ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ОБСЯГУ ВИЛУЧЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН ІЗ НАДР: МАРЖИНАЛЬНИЙ ПІДХІД

Надра України наділені багатством у вигляді різноманітних родовищ корисних копалин, у тому числі стратегічних, але багато з наявних родовищ не освоєні належним чином. Одним із чинників такого становища є складність науково-технічної проблеми ефективної розробки цінних родовищ з екологічно шкідливим виробництвом, які розташовані фактично в центрі Європи.

Об'єктом дослідження виступають класичні економічні прийоми та екологічні питання з урахуванням технологічних аспектів виробництва кінцевої продукції при розробці родовищ. Із використанням відомих критеріїв ефективності та методів оптимізації можна обґрунтувати простір проектування – сферу, визначену всіма проєктними параметрами, які можуть забезпечити раціональне природокористування.

Для здійснення досліджень і надання практичних рекомендацій щодо скорочення витрат на розробку родовищ корисних копалин, а також зниження негативного впливу на довкілля розроблено відповідне програмне забезпечення.

Наведені підходи можуть бути застосовані при попередніх розрахунках раціонального обсягу виробництва конкретної продукції на стадії проектування експлуатації нового родовища гірничодобувним підприємством, а також при виконанні аналізу його діяльності для визначення раціонального обсягу одиниць конкретної продукції за фактичною статистичною вибіркою показників експлуатації родовища. Крім того, комп'ютерна програма дозволяє за результатами розрахунків побудувати криву пропозиції цього підприємства в даних ринкових умовах для конкретного періоду часу.

Дослідження технологічних аспектів формування раціонального рівня виробництва продукції свідчить, що він виступає основним технологічним параметром, від якого залежить ефективність вилучення корисної копалини з надр. Запропонований підхід дозволяє продемонструвати можливості ефективного освоєння запасів цінних родовищ, а також може бути застосований при створенні потужних якірних проєктів щодо нарощування власного мінерально-сировинного комплексу України. Це, у свою чергу, буде прикладом перетворення нових знань на конкретні прикладні розробки і технології.

Для подальшого розвитку запропонованого підходу необхідно зосередити увагу на створенні технології оптимального проектування природокористування із залученням сучасних інформаційних програм.

© В. Г. Гріньов, А. О. Хорольський, 2020

*Ключові слова:* освоєння родовищ, раціональне природокористування, технологічні параметри, маржинальний підхід, доходи, витрати, комп'ютерні програми, ефективна експлуатація.

*JEL:* P48, Q31, Q32, Q41, Q50, Q56

Надра України наділені багатством, яке включає понад два десятки видів корисних копалин, що мають велику перспективу для економіки країни. В умовах дефіциту державних фінансів важко переоцінити потребу України в ефективній експлуатації своїх надр, передусім в освоєнні стратегічної корисної копалини – вугілля, як показника енергетичної незалежності, а також рідкісних і благородних металів.

Наразі дати загальну оцінку фактичної ролі природних ресурсів в економічному розвитку України досить важко. Однак уже цей факт на тлі історії розвинутих й економічно відсталих країн, що мають власні природні багатства, свідчить про невисокий рівень національного розвитку в цій сфері.

У той же час сучасний рівень експлуатації родовищ із цінними корисними копалинами обумовлює високі вимоги до інженерного забезпечення гірничих робіт й обґрунтованості прийнятих рішень відповідно до чинних нормативів (Гринев, Череповський, Деуленко, 2015). Технологічна схема гірничодобувного підприємства реалізується у вигляді ланцюга послідовно здійснюваних процесів і включає основні та допоміжні ланки. Управління цими процесами і контроль за ними здійснюються за допомогою зміни великої кількості параметрів, які необхідно враховувати при експлуатації родовищ корисних копалин (Агошков, Антоненко, Арбиев и др., 1991).

Першочергові питання при прийнятті рішень щодо експлуатації родовища значною мірою пов'язані з кількістю продукції, яку реально можна вилучити з надр при існуючих витратах, і цінами, до яких можна «опускатися» при продажі кінцевої продукції. При цьому вельми важливим залишається вибір технології та відповідної гірничої техніки з точки зору платоспроможності виробника даної продукції. Та-

ким чином, обсяг робіт на гірничодобувному підприємстві пов'язаний як із технологією, так і з економікою. Технологічний аспект раціонального рівня виробництва продукції полягає в такому: роль технологічного параметра, що керує процесом вилучення корисної копалини з надр, слід відвести раціональному обсягу виробництва кінцевої продукції (Гринев, Череповський, Деуленко, 2014).

На практиці гірники зазвичай мають справу з дуже складними інженерними завданнями, у яких є свої особливості. По-перше, це завдання, які недовизначені, тобто невідомих параметрів значно більше, ніж рівнянь, а отже, існує нескінченна безліч рішень. По-друге, при трьох і більше параметрах цільова функція є гіперповерхнею, яка не піддається зображенню звичайними способами.

У даному випадку при дослідженні технологічних аспектів раціонального обсягу виробництва продукції проєктні параметри виступають незалежними змінними, а сфера, яка визначається цими параметрами, є простором проєктування. При цьому простір проєктування не настільки великий, як може здатися, оскільки він обмежений умовами, пов'язаними з фізичною суттю завдання. Обмеження можуть бути настільки значними, що завдання не матиме жодного задовільного вирішення.

Свого часу для вирішення гірничих завдань було запропоновано обґрунтовувати простір проєктування (Гринев, 1992), а деякими авторами (Порцевський, 2005; Пивняк, Пилов, Бондаренко и др., 2005) – між життєздатності проєкту – сферу, що забезпечує раціональну експлуатацію родовища, з використанням методів оптимізації та критеріїв ефективності. В останні декілька десятиліть цим методам приділялася велика увага, і в результаті вченими було розроблено цілу низку високоефективних

алгоритмів і відповідних програм для розрахунків.

Отже, формування раціонального рівня виробництва продукції при проектуванні розробки родовища полягає у виборі технології видобутку і переробки певного обсягу корисної копалини при відповідних витратах виробництва і діапазоні ринкових цін на продукцію, а цю технологію можна реалізувати на підприємстві за умови його платоспроможності. Для даного підприємства такий обсяг продукції є раціональним, а технологічні параметри – оптимальними у форматі наявного простору проектування.

*Метою* статті є демонстрація можливостей визначення раціонального обсягу вилучення не схожих між собою корисних копалин із надр, наприклад золота і вугілля, з використанням маржинального підходу для підвищення ефективності освоєння таких родовищ.

Сьогодні у зв'язку зі збільшенням навантаження від людської діяльності на довкілля і, відповідно, посилення уваги до раціонального природокористування доцільно розглядати питання раціональних обсягів вилучення корисної копалини з надр з урахуванням класичних економічних прийомів і екологічних аспектів (Грін'юв, Хорольський, Каліущенко, 2019). Узгоджена взаємодія економіки й екології в необхідному напрямі можлива з урахуванням технологічних аспектів формування постійних і змінних витрат при вилученні й переробці корисної копалини.

Із чотирьох несхожих ринкових ситуацій – моделей ринку у вигляді чистої конкуренції, чистої монополії, монополістичної конкуренції та олігополії – найбільш вагомим аналітичне і деяке практичне значення має перша, незважаючи на те що чиста конкуренція на практиці є доволі рідкісною. Фірма може тільки пристосовуватися до ціни, яка формується на конкурентному ринку в короткостроковому періоді.

Загальновідомо, що відмітною рисою короткострокового періоду є фіксовані виробничі потужності, а також деякі незмінні

ресурси, пов'язані з технічним устаткуванням. Інформацію про виробництво значною мірою об'єднують показники загальних витрат виробництва різних обсягів продукції та витрат у розрахунку на одиницю продукції, пов'язаних зі зміною обсягу виробництва. При цьому кількість змінних ресурсів приєднується до фіксованих ресурсів підприємства. Це завжди відбувається відповідно до закону спадної віддачі або спадного граничного продукту (Гринев, Череповский, 2011).

Особливості формування витрат на вилучення з надр і переробку корисної копалини полягають у тому, що витрати виробництва продукції залежать не лише від цін необхідних ресурсів, але і від технології – кількості ресурсів, потрібних для виробництва певного обсягу продукції.

Загальні (валові) витрати в короткостроковому періоді TC (total cost) є сумою постійних TFC (total fixed cost) та змінних витрат TVC (total variable cost) (Гринев, Изаксон, Зубков, 1999). Для гірничодобувних підприємств до постійних витрат (TFC) зазвичай відносять оплату зобов'язань по позиках, рентні платежі, частину відрахувань на амортизацію будівель й устаткування, страхові внески і заробітну плату управлінського персоналу, а також майбутніх фахівців. Показник постійних витрат, або накладні витрати виробництва, залишається незмінним при всіх рівнях виробництва, включаючи нульовий.

До змінних належать витрати, величина яких змінюється залежно від обсягу виробництва продукції. Для даних підприємств до змінних (TVC) відносять витрати на сировину, транспорт, паливо, трудові ресурси, енергію.

Характер зміни витрат формується за законом спадної віддачі, який пов'язує все більш інтенсивне використання фіксованих виробничих потужностей із динамікою обсягу виробництва продукції. Реакція на зростання обсягу виробництва продукції проявляється у збільшенні змінних витрат зростаючими темпами. Це пояснюється дією закону спадної віддачі на тлі стабіль-

ної вартості змінних ресурсів і падінням граничної продуктивності (Гринев, Череповский, 2011).

У світовій практиці відомі два підходи до визначення раціонального обсягу виробництва, при якому підприємство може отримувати максимальні прибутки або мінімальні збитки. Перший заснований на порівнянні валового доходу і валових витрат, при цьому фіксуються момент й умови перевищення доходів над витратами. Такий підхід рекомендований у нормативному документі (ДКУ, 2005), згідно з яким «виробничу потужність гірничодобувного підприємства належить визначати за методиками проектування, заснованими на гірничих можливостях родовища (покладу), з оптимізацією за мінімумом собівартості видобутку корисних копалин». При цьому допускається обмеження виробничої потужності підприємства за наявності зовнішніх обмежень комерційного, екологічного або іншого характеру (потреба в сировині, переробка, енергія, транспорт, водні, матеріальні та інші ресурси, технічне завдання користувача надр). Фактично такі додаткові умови зводять нанівець рекомендації щодо оптимізації за мінімумом собівартості видобутку.

Існуючі можливості економічних розрахунків дозволяють обґрунтувати відповіді на ключове запитання гірників: скільки та якої якості конкретної корисної копалини треба вилучати з надр. Найбільш надійним у цьому плані є маржинальний підхід, пов'язаний зі знаходженням раціонального обсягу виробництва шляхом порівняння сум, які кожна додаткова одиниця кінцевої продукції з надр додаватиме до валового доходу, з одного боку, і до валових витрат – з іншого (Гринев, 1993).

У процесі виробництва продукції спостерігається стадія, коли граничний дохід почне перевищувати витрати на виготовлення одиниці продукції. Однак на певних стадіях підвищення обсягу виробництва викличе зворотню дію збільшення граничних витрат. Розділяє ці дві стадії точка, у якій граничний дохід дорівнює граничним витратам.

Таким чином, слід порівнювати граничний дохід  $MR$  (marginal return) і граничні витрати  $MC$  (marginal cost) кожної подальшої одиниці продукції. Ключ до правила, за яким встановлюється раціональний обсяг виробництва, – це визначення точки рівності  $MR$  та  $MC$ . Оскільки дане правило є точним орієнтиром максимізації прибутку або мінімізації збитків для всіх фірм незалежно від того, чи є вони чисто конкурентними або монополістично конкурентними, у сучасних умовах проектувати технологічні параметри експлуатації конкретного родовища необхідно на основі обсягу виробництва продукції, у прив'язці до діапазону рівноважних граничних витрат і доходів (Гринев, Изаксон, Зубков, 1999; Гринев, Череповский, Деуленко, 2015).

Визначення обсягу виробництва продукції підприємства, яке максимізує прибуток в умовах конкуренції за принципом рівності граничних витрат граничному доходу, наведено в таблиці даних з експлуатації реальних родовищ корисних копалин (золото, вугілля). Початкові дані для виконання необхідних розрахунків зазначено в стовпцях 1-4 таблиці: загальна кількість одиниць виробленої продукції ( $Q_0, Q_1... Q_n$ ), сукупні постійні ( $TFC$ ) і змінні ( $TVC_1... TVC_n$ ) витрати по цій продукції, а також ціна одиниці продукції ( $P=MR$ ), яка в конкретних умовах відповідає граничному доходу від відповідної одиниці продукції. Наведені техніко-економічні показники (ТЕП) при розробці родовищ (стовпці 5-11 таблиці) дозволяють візуалізувати точку рівності граничних витрат і доходів виробництва одиниці продукції. Ці результуючі значення показників для вирішення поставленого завдання розраховуються в такий спосіб:

валові витрати ( $TC$ ) – сума постійних і змінних витрат відповідних одиниць продукції;

середні постійні ( $AFC$ ) і змінні витрати ( $TVC$ ) відповідних одиниць продукції – результат ділення відповідних значень валових витрат на кількість продукції;

середні валові витрати ( $ATC$ ) – сума середніх постійних і змінних витрат;

Таблиця – Обсяг виробництва підприємства (одиниці продукції), що максимізує прибуток за принципом рівності граничного доходу граничним витратам (грошові одиниці) <sup>1</sup>

Загальна кількість одиниць продукції ( $Q$ )	Сукупні постійні витрати ( $TFC$ ) *	Сукупні змінні витрати ( $TVC$ ) *	Граничний дохід ( $MR$ ), ціна ( $P$ )	Валові витрати ( $TC$ )	Середні постійні витрати ( $AFC$ )	Середні змінні витрати ( $AVC$ )	Середні валові витрати ( $ATC$ )	Граничні витрати ( $MC$ )	Валовий дохід ( $TR$ ) *	Сукупний прибуток (збиток) ( $Pr$ )
Золото (прибуткове підприємство)										
0	400	0		400					0	-400
1	400	1846	1846	2246	400	1846	2246	1846	1846	-400
2	400	2538	1846	2938	200	1269	1469	692	3692	754
3	400	3608	1846	4008	133	1202	1336	1070	5538	1530
4	400	4769	1846	5169	100	1192	1292	1161	7384	2215
5	400	6154	1846	6554	80	1230	1310	1385	9230	2676
6	400	8076	1846	8476	67	1346	1413	1922	11076	2600
7	400	12114	1846	12544	57	1734	1792	4068	12922	378
8	400	19288	1846	19688	50	2411	2461	7174	14768	-4920
Вугільна продукція (прибуткове підприємство)										
8			1,4	32,772			1,54	0,415	32,156	
9			1,584	33,692			1,667	0,569	35,232	
10			1,769	35,232			1,769	0,723	38,616	
11			1,954	37,388			1,832	0,969	42,308	
12			2,108	39,848			2,015	1,277	46,431	
13			2,262	43,232			2,169	1,677	50,924	
14			2,415	46,924			2,323	2,2	55,232	
16			2,538				2,477	2,846		
Вугільна продукція (збиткове підприємство)										
2	3,24	1,6	2,6	4,84	1,62	0,8	2,42	4,84	5,2	-0,36
3	4,56	2,25	1,16	6,81	1,52	0,75	2,27	1,97	3,76	- 3,05
4	6,2	2,96	1,27	9,08	1,53	0,74	2,27	2,15	5,2	- 3,88
5	7,55	3,7	2,17	11,25	1,51	0,74	2,24	2,25	6,45	- 4,4
6	9,06	4,38	2,19	13,44	1,51	0,73	2,24	2,97	7,61	- 5,83
7	10,43	5,25	1,34	15,68	1,49	0,75	2,26	2,24	8,95	- 6,73
8	12,16	6,0	1,34	18,16	1,52	0,75	2,27	2,48	10,29	- 7,87
9	13,95	6,84	1,17	20,79	1,55	0,76	2,31	2,63	11,46	- 9,33
10	15,6	7,6	1,34	23,2	1,56	0,76	2,32	2,41	12,8	- 10,4

<sup>1</sup> Складено за джерелами (Гринев, Череповский, Деуленко, 2015; Амоша, Логвиненко, Гринев, 2007; Гринев, Хорольський, 2019).

\* Початкові дані для розрахунків.

граничні витрати ( $MC$ ) кожної одиниці виробленої продукції відповідають додатковому збільшенню суми валових витрат;

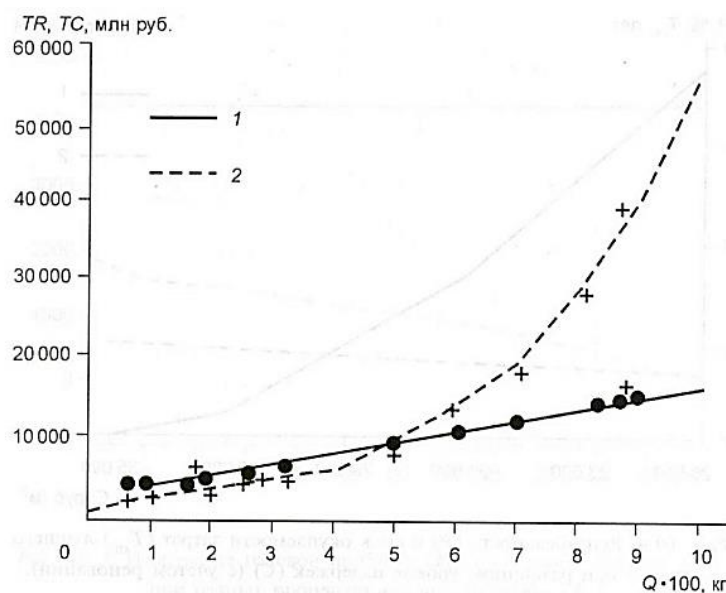
валовий дохід ( $TR$ ) – добуток ціни одиниці продукції та її кількості;

сукупний прибуток (збиток) ( $Pr$ ) від виробництва одиниці продукції визнача-

ється шляхом зіставлення значень відповідних валових витрат і доходу.

Визначення обсягу виробництва продукції для раціонального освоєння родовищ не залежить від виду корисної копалини та одиниць кінцевої продукції, оскільки оптимальний сценарій виробництва кінцевої продукції для конкретного родовища розробляється за рахунок моделі зміни стану запасів копалини від балансових до кінцевої продукції, яка після перетворення ациклічних графів на мережу може бути оптимізована за допомогою класичних алгоритмів.

Як перший приклад обґрунтування раціонального обсягу виробництва в таблиці наведено статистичний аналіз видобутку золота однією із старательських артілей у Республіці Саха, а також розрахунки необхідних показників (Гринев, Изаксон, Зубков, 1999). Дані аналізу ТЕП демонструють два підходи до визначення оптимального рівня виробництва фірми. Перший підхід відображено на рис. 1. Статистичний аналіз реалізації металу (доходу) ( $TR$ ) і витрат ( $TC$ ) залежно від обсягу видобутку золота ( $Q$ ) свідчить про перевищення витрат над доходами при виробництві більше 500 кг металу.



Умовні позначення: 1 –  $TR$ ; 2 –  $TC$

Рисунок 1 – Динаміка загальних витрат виробництва металу ( $TC$ ) і доходу (реалізації) ( $TR$ ) залежно від обсягу видобутку золота ( $Q$ )

Джерело: складено авторами.

Для визначення рівня виробництва з максимальним прибутком згідно з другим підходом виконано статистичний аналіз середніх постійних витрат ( $AFC$ ) (рис. 2), середніх змінних витрат ( $AVC$ ), середніх загальних витрат ( $ATC$ ) із побудовою кривих граничних витрат ( $MC$ ) і граничного доходу ( $MR$ ) на виробництво одиниці продукції. При цьому визначено і порівняно суми, які кожна додаткова одиниця про-

дукції (у даному випадку прийнято 100 кг металу) додаватиме, з одного боку, до валового доходу, з іншого – до валових витрат.

Раціональний обсяг визначається координатами точки рівності  $MR$  та  $MC$ . На рис. 2 графічно порівнюються ціна металу  $P$  для підприємства  $P = MR$  і граничні витрати  $MC$ .

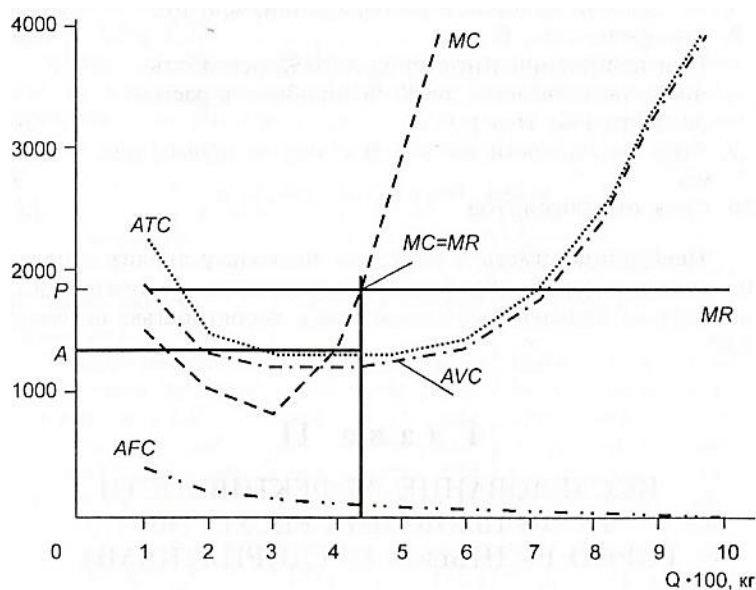


Рисунок 2 – Становище підприємства, яке максимізувало прибуток у короткостроковому періоді

Джерело: складено авторами.

Обсяг виробництва підприємства, яке максимізувало прибуток, дорівнює 400 кг металу. У межах цього обсягу для освоєння родовища рекомендовано оптимальні параметри розробки.

Другим прикладом оцінки ефективності розробки надр є дані з видобутку вугілля. У таблиці наведено результати розрахунків за 1998-2008 рр. по вугільній галузі Донецької області (Логвиненко, Гринев, 2005; Амоша, Логвиненко, Гринев, 2007; Логвиненко, Гринев, 2008).

Значення сукупних та середніх постійних і змінних витрат виробництва вугільної продукції шахти «Красноармійська-Західна» №1 одержано за результатами статистичної обробки даних щомісячного галузевого статистичного довідника за 2003-2004 рр. із побудовою відповідних кривих (стовпці 4, 5, 8-10 таблиці).

Відносно вугільної продукції, яка виробляється стабільно діючими вугільними підприємствами або тими, що мають пряму мотивацію ефективності своєї діяльності, метод порівняння граничних доходів і витрат працює та у форматі ринкової економіки дає класичні результати за умови дос-

товірності початкових даних. У свій час за статистичними даними було визначено рівні раціонального обсягу виробництва вугільної продукції деяких прибуткових підприємств, що працювали без державної дотації, – шахт «Красноармійська-Західна» №1 (рис. 3), «Краснолиманська» і «Комсомолец Донбасу».

В існуючих промислово-економічних умовах 2004 р. раціональний рівень виробництва шахти «Красноармійська-Західна» №1 відповідав фактично досягнутому, шахта «Краснолиманська» працювала в режимі, який перевищував раціональний рівень, а для шахти «Комсомолец Донбасу» цей рівень виявився вищим за досягнутий і шахта мала можливості для ефективного зростання обсягу виробництва. З часом оцінка рівня раціональності обсягів виробництва вугільної продукції в конкретних умовах підтвердилася фактами стабільного функціонування першого підприємства, нестабільною і збитковою роботою другого, а третє підприємство реалізувало наявні можливості для ефективного зростання обсягу виробництва й одержання максимального прибутку.

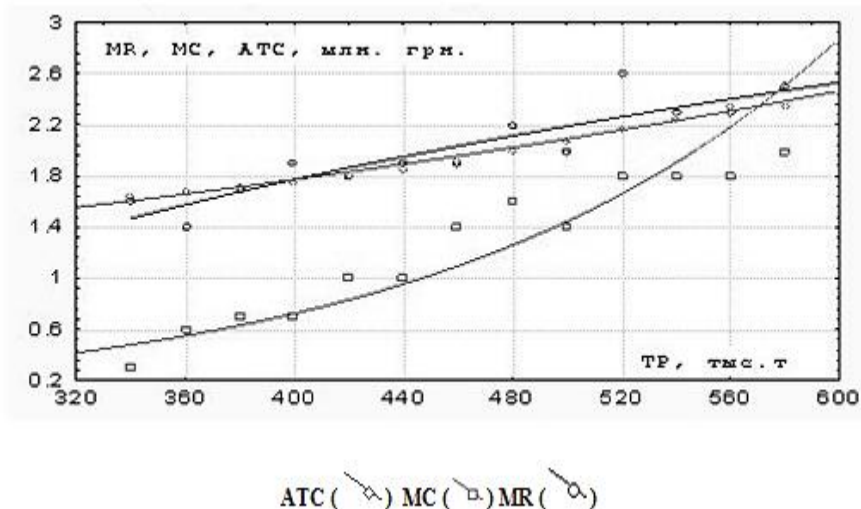


Рисунок 3 – Визначення раціонального рівня виробництва вугільної продукції на шахті «Красноармійська-Західна» №1 – криві загальних витрат ( $ATC$ ), граничних витрат ( $MC$ ) і граничного доходу ( $MR$ ) при зміні обсягу виробництва ( $TR$ )

Джерело: складено за даними (Амоша, Логвиненко, Гринев, 2007).

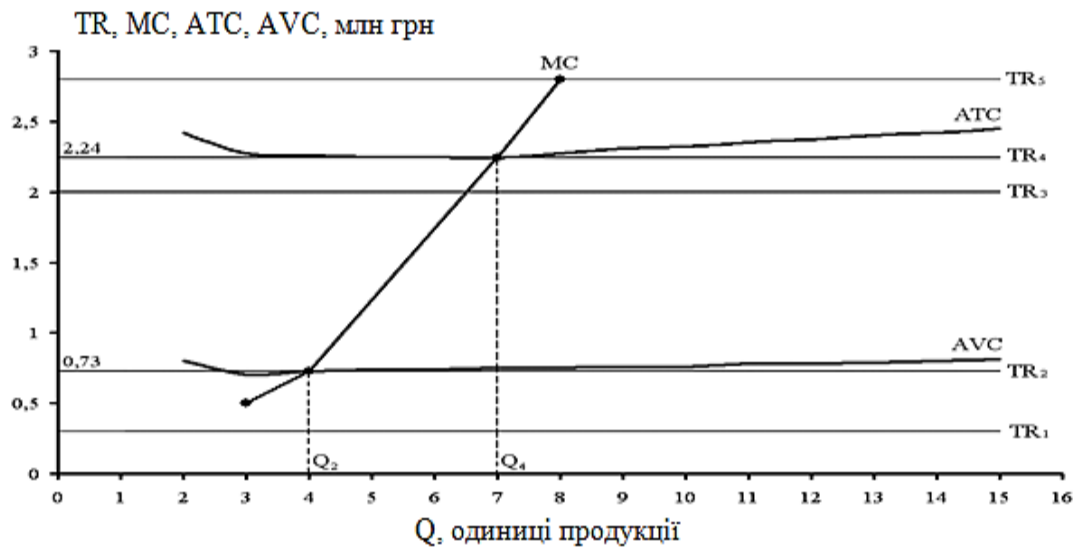
Для третього набору даних щодо видобутку вугілля в таблиці наведено ТЕП діяльності збиткового державного підприємства «Орджонікідзевугілля» в період 2008-2010 рр., яке розробляє вугільні родовища на шахтах із пластами крутого падіння. Аналіз результатів статистичної обробки фактичних даних свідчить, що в умовах невідповідності ціни на вугільну продукцію її фактичній собівартості правило рівності маргінальних (граничних) доходу і витрат не працює. Виходячи з існуючих витрат можна розглянути питання обсягу виробництва вугільної продукції при різних варіантах цін на неї. Саме ці дані (ціна продукту та його обсяг) утворюють криву пропозиції конкретного підприємства в короткостроковому періоді (Гринев, Череповський, Деуленко, 2015).

Фактично перетини кривої граничних витрат виробництва одиниць продукції ( $MR$ ) із кривими середніх змінних ( $AVC$ ) і валових витрат ( $ATC$ ) у точках їх мінімумів дають необхідну інформацію про раціональні обсяги виробництва продукції при ринкових цінах. Узагальнення правила  $MR$

( $P$ ) =  $MC$  є перетином цієї кривої з валовими доходами  $TR$  при можливих п'яти рівнях цін:  $P_1$  – збитки перевищують постійні витрати і виробництво треба закрити;  $P_2$  – виробництво перебуває у стані рівноваги, а збитки дорівнюють постійним витратам;  $P_3$  – валовий дохід покриває валові витрати і виробництво мінімізує свої збитки;  $P_4$  – виробництво відшкодовує свої витрати;  $P_5$  – при будь-якій ціні, що перевищує  $P_4$ , виробництво максимізує свої прибутки.

Крива пропозиції добре характеризує ситуацію на збиткових шахтах. Наведена на рис. 4 крива пропозиції ДП «Орджонікідзевугілля» у грудні 2010 р. дозволяє дійти таких висновків. У даному періоді ціна  $P_2$  складала 365 грн/т. При будь-якій ціні нижче цього значення настає умова закриття підприємства. Ціна  $P_4$  дорівнювала 1120 грн/т. За умови збереження рівня витрат можливість держпідприємства отримувати прибуток була лише при ціні вище 1120 грн/т. В умовах 2010 р. валовий дохід покривав валові витрати тільки при виробництві 7 од. продукції, або 14 тис. т вугілля.





Одиниця продукції відповідає 2 тис. т вугілля.

Рисунок 4 – Крива пропозиції вугільної продукції ДП «Орджонікідзевугілля» в короткостроковому періоді (грудень 2010 р.)

Джерело: складено за даними (Гринев, Череповский, Деуленко, 2015).

Аналіз економічних результатів експлуатації збиткових вугледобувних підприємств з позицій ринкової економіки свідчить, що головна причина їх нестабільної діяльності полягає в неадекватності ціни собівартості вугільної продукції. У 2011 р. ситуація погіршилася, а в подальші роки і до сьогодні вона не поліпшилася (Гринев, Калиушенко, 2016). Уряд країни досі не надав конкретних відповідей на ключові питання про кількість і якість вугільної продукції.

В Інституті фізики гірничих процесів НАН України для обґрунтування рішень щодо раціонального обсягу виробництва продукції підприємства, що максимізує прибуток або мінімізує збитки, розроблено програмне забезпечення із сучасним інтерфейсом щодо втілення правила діапазону рівноважних граничних витрат і доходів. Комп'ютерна «Програма визначення рівня виробництва продукції з надр» (*Rational LP.v1.2020*) дозволяє оперативно розраховувати раціональний обсяг вилученої з надр корисної копалини. При цьому програма може бути застосована у двох варіантах розрахунків:

виконання попередніх розрахунків раціонального обсягу виробництва конкретної продукції на стадії проектування експлуатації нового родовища гірничодобувним підприємством;

аналіз діяльності гірничодобувного підприємства для визначення раціонального обсягу одиниць конкретної продукції за фактичною статистичною вибіркою показників експлуатації родовища.

Крім того, програма дозволяє за результатами розрахунків побудувати криву пропозиції цього підприємства в даних ринкових умовах конкретного періоду часу.

**Висновки.** Запропоновано підхід до обґрунтування раціонального обсягу вилучення корисних копалин із надр, який дозволяє ефективно розробляти родовища. Досліджено виробничі потужності золотодобувних підприємств, приватних і державних вугільних шахт.

Незалежно від типу корисної копалини підхід передбачає проектування технологічних параметрів експлуатації конкретного родовища, виходячи з обсягу виробництва кінцевої продукції, у прив'язці до діапазону рівноважних граничних витрат і

доходів, які підприємство може контролювати безпосередньо, що дозволяє вирішити проблему визначення раціонального рівня виробництва продукції.

На конкретному прикладі продемонстровано визначення раціонального обсягу видобутку золота, який дозволив максимізувати прибуток фірми у короткостроковому періоді. Щодо продукції, виробленої стабільно працюючими вугільними підприємствами, то доведено, що маржинальний підхід до порівняння доходів і витрат є дієвим і у форматі ринкової економіки.

Встановлено, що в умовах невідповідності ціни на вугільну продукцію її фактичній собівартості правило рівності маржинального доходу та витрат не працює. Виходячи з існуючих витрат можна розглянути питання визначення обсягу виробництва вугільної продукції при різних цінах на неї. Саме дані про ціну продукту та його обсяг утворюють криву пропозиції конкретного підприємства в короткостроковому періоді. Аналіз економічних результатів експлуатації збиткових вугледобувних підприємств із позицій ринкової економіки свідчить, що головна причина нестабільної роботи шахт полягає в неадекватності ціни собівартості вугільної продукції. Для застосування відповідного підходу необхідна наявність точних даних, що не завжди можливо у добувній промисловості. У зв'язку з цим доцільно створити умови для прозорого функціонування галузі.

Подальші дослідження слід спрямувати на розробку сучасної технології проєктування сталого природокористування, яка б дозволила створювати технічні завдання, а також на розробку родовищ з урахуванням як гірничо-геологічних умов, так і економічних вимог.

### Література

Агошков М.И., Антоненко Л.К., Арбиев К.К. и др. (1991). Горная энциклопедия. Е.А. Козловский (гл. ред.). Москва: Сов. Энциклопедия. 607 с.

Амоша А.И., Логвиненко В.И., Гринев В.Г. (2007). Комплексное освоение угольных месторождений Донецкой области: монография. Донецк: ИЭП НАН Украины. 216 с.

Гринев В.Г. (1992). Решение проблем разработки рудных месторождений Севера: монография. Новосибирск: Наука, СО РАН. 205 с.

Гринев В.Г. (1993). Оценка и выбор рациональных параметров подземной разработки рудных месторождений Якутии: автореф. ... д-ра техн. наук. Новосибирск: ИГД СО РАН. 43 с.

Гринев В.Г., Изаксон В.Ю., Зубков В.П. (1999). Решение горных задач на ЭВМ при освоении рудных месторождений. Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН. 215 с.

Гринев В.Г., Калиущенко Е.П. (2016). Судьба украинского угля на фоне ситуации в Донбассе. *Физико-технические проблемы горного производства*: зб. наук. праць. Вип. 18. С. 135-144.

Гринев В.Г., Череповский П.В. (2011). Исследование влияния убывающей отдачи и издержек производства на выбор рациональных параметров добычи угля. Гринев В.Г., Калиущенко Е.П. (2016). Судьба украинского угля на фоне ситуации в Донбассе. *Физико-технические проблемы горного производства*: зб. наук. праць. Вип. 14. С. 166-172.

Гринев В.Г., Череповский П.В., Деуленко А.И. (2014). Технологический аспект формирования объема добычи угля с позиции рыночных моделей. *Физико-технические проблемы горного производства*: зб. наук. праць. Вип. 17. С. 117-125.

Гринев В.Г., Череповский П.В., Деуленко А.И. (2015). Инновационные перспективы эксплуатации угольных пластов крутого падения: монография. Днепропетровск: Пороги. 180 с.

Гриньов В.Г., Хорольський А.О. (2019). Оптиміальне проєктування параметрів гірничозбагачувальних підприємств для раціонального освоєння цінних ро-

довищ України. *Фізико-технічні проблеми горного виробництва*: зб. наук. праць. Вип. 21. С. 128-145. doi: <https://doi.org/10.37101/ftpgp21.01.008>

Грінюв В.Г., Хорольський А.О., Каліущенко О.П. (2019). Розроблення екологічних сценаріїв ефективного освоєння цінних родовищ корисних копалин. *Мінеральні ресурси України*. № 2. С. 46-50. doi: [doi.org/10.31996/mru.2019.2.46-50](https://doi.org/10.31996/mru.2019.2.46-50)

Логвиненко В.И., Гринева В.Г. (2005). Определение рационального уровня производства угольной продукции. *Экономика Украины*. № 9. С. 84-88.

Логвиненко В.И., Гринева В.Г. (2008). Судьба украинского угля на фоне мировых тенденций. *Экономика промышленности*. № 3 (42). С. 48-54.

Пивняк Г.Г., Пилов П.И., Бондаренко В.И. и др. (2005). Внутренние резервы повышения эффективности угольной промышленности в условиях рыночной трансформации экономики Украины. *Горный журнал*. № 5. С. 61-63.

Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах (2005): Наказ ДКУ по запасах корисних копалин.

Порцевский А.К. (2005). Подземные горные работы. Москва: Мос. гос. открытый ун-т. 450 с.

### References

Agoshkov, M.I., Antonenko, L.K., Arbiev K.K., and etc. (1991). *Mining Encyclopedia*. In E.A. Kozlovsky (Ed.). Moscow: Sovet Encyclopedia [in Russian].

Amosha, A.I., Logvinenko, V.I., & Grinev, V.G. (2007). *Integrated development of coal deposits in the Donetsk region*. Donetsk: Institute of Industrial Economics of the NAS of Ukraine [in Russian].

Grinev, V.G. (1992). *Solving the problems of developing ore deposits in the North*. Novosibirsk: Science, SPC RAN [in Russian].

Grinev, V.G. (1993). *Assessment and selection of rational parameters for underground mining of ore deposits in Yakutia* (Extended abstract of doctor thesis). Novosibirsk: IGD SO RAN [in Russian].

Grinev, V.G., Isakson, V.Yu., & Zubkov, V.P. (1999). *The solution of mining problems on a computer in the development of ore deposits*. Novosibirsk: Science, SPC RAN [in Russian].

Grinev, V.G., & Kalyushenko, E.P. (2016). The role of Ukrainian coal for the situation in the Donbass. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy gornogo proizvodstva*, Iss. 18, pp. 135-144 [in Russian].

Grinev, V.G., & Cherepovsky, P.V. (2011). Study of the influence of diminishing returns and production costs on the choice of rational parameters of coal mining. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy gornogo proizvodstva*, Iss. 14, pp. 166-172 [in Russian].

Grinev, V.G., Cherepovsky, P.V., & Deulenko, A.I. (2014). The technological aspect of the formation of coal production from the position of market models. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy gornogo proizvodstva*, Iss. 17, pp. 117-125 [in Russian].

Grinev, V.G., Cherepovsky, P.V., & Deulenko A.I. (2015). Innovative prospects for the exploitation of steep fall coal seams. Dnepropetrovsk: Porogy [in Russian].

Grinev, V.G., & Khorolsky, A.O. (2019). Optimal design of parameters of mining and processing enterprises for rational development of valuable deposits of Ukraine. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy gornogo proizvodstva*, Iss. 21, pp. 128-145. doi: <https://doi.org/10.37101/ftpgp21.01.008> [in Ukrainian].

Grinyov, V.G., Khorolsky, A.O., & Kaliushchenko, O.P. (2019). Development of ecological scenarios of effective development of valuable mineral deposits. *Mineralny Resursy Ukrainy*, 2, pp. 46-50. doi: <https://doi.org/10.31996/mru.2019.2.46-50> [in Ukrainian].

Logvinenko, V.I., Grinev, V.G. (2005). Determining the rational level of coal

- production. *Econ. of Ukraine*, 9, pp. 84-88 [in Russian].
- Logvinenko, V.I., & Grinev, V.G. (2008). The role of Ukrainian coal against the background of world trends. *Econ. promisl.*, 3(42), pp. 48-54 [in Russian].
- Pivnyak, G.G., Pilov, P.I., Bondarenko, V.I. and etc. (2005). Internal reserves to increase the efficiency of the coal industry in the conditions of market transformation of Ukraine's economy. *Gorny journal*, 5, pp. 61-63 [in Russian].
- Regulations on the procedure for development and substantiation of conditions for mineral raw materials for calculating the reserves of solid minerals in the subsoil.* (2005). Order of the STU on mineral reserves [in Ukrainian].
- Portsevsky, A.K. (2005). *Underground mining*. Moscow: Mos. Gos. Otkrytyy univ-t [in Russian].

**Владимир Герасимович Гринев,**

*д-р техн. наук, профессор*

E-mail: grinevv@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0003-2942-6518>;

**Андрей Александрович Хорольский,**

*канд. техн. наук*

Институт физики горных процессов НАН Украины  
49600, Украина, г. Днепр, ул. Симферопольская, 2-а

E-mail: khorolskiyaa@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-4703-7228>

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ОБЪЕМА ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ИЗ НЕДР: МАРЖИНАЛЬНЫЙ ПОДХОД

Недра Украины наделены богатством в виде разнообразных месторождений полезных ископаемых, в том числе стратегических, но многие из имеющихся месторождений не освоены должным образом. Одним из факторов такого положения является сложность научно-технической проблемы эффективной разработки ценных месторождений с экологически вредным производством, которые расположены фактически в центре Европы.

Объектом исследования выступают классические экономические приемы и экологические вопросы с учетом технологических аспектов производства конечной продукции при разработке месторождений. С использованием известных критериев эффективности и методов оптимизации можно обосновать пространство проектирования – сферу, определенную всеми проектными параметрами, которые могут обеспечить рациональное природопользование.

Для проведения исследований и представления практических рекомендаций по снижению расходов на разработку месторождений полезных ископаемых, а также уменьшению негативного влияния на окружающую среду разработано соответствующее программное обеспечение.

Приведенные подходы могут быть применены при предварительных расчетах рационального объема производства конкретной продукции на стадии проектирования эксплуатации нового месторождения горнодобывающим предприятием, а также при осуществлении анализа его деятельности для определения рационального объема производства конкретной продукции по фактической статистической выборке показателей эксплуатации месторождения. Кроме того, компьютерная программа позволяет по результатам расчетов построить кривую предложения этого предприятия в данных рыночных условиях для конкретного периода времени.

Исследование технологических аспектов формирования рационального уровня производства продукции показало, что он выступает основным технологическим параметром, от которого зависит эффективность извлечения полезного ископаемого из недр. Предложенный подход позволяет продемонстрировать возможности эффективного освоения запасов ценных месторождений, а также может быть применен при создании мощных якорных проектов по развитию собственного минерально-сырьевого комплекса Украины. Это, в свою очередь, будет примером трансформации новых знаний в конкретные прикладные разработки и технологии.

Для дальнейшего развития предложенного подхода необходимо сосредоточить внимание на создании технологии оптимального проектирования природопользования с привлечением современных информационных программ.

*Ключевые слова:* освоение месторождений, рациональное природопользование, технологические параметры, маржинальный подход, доходы, расходы, компьютерные программы, эффективная эксплуатация.

*JEL:* P48, Q31, Q32, Q41, Q50, Q56

**Volodymyr H. Hrinov,**

*Doctor of Technical Science, Professor*

E-mail: grinevv@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0003-2942-6518>;

**Andrii O. Khorolskyi,**

*PhD in Technical Science,*

Institute for Physics of Mining Processes of the NAS of Ukraine

2A Simferopolska Street, Dnipro, Ukraine, 49005

E-mail: khorolskiyaa@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-4703-7228>

## **DETERMINING THE RATIONAL AMOUNT OF SUBSURFACE MINING: MARGINAL APPROACH**

The bowels of our country are endowed with wealth in the form of various mineral deposits, including strategic ones, but none of these deposits has been properly developed even since times of independence. One of the factors of this situation is the lack of professional attitude to the complex scientific and technical problem of the effective development of valuable deposits with environmentally harmful production, which is located almost in the center of Europe.

The purpose of the paper is to solve the problem of effective development of mineral deposits by determining the format of shaping the rational volume of the mineral wealth mining.

The object of the study is the classic economic techniques and environmental issues, taking into account the technological aspects of the final product manufacture in the development of deposits. Based on this material, using well-known performance criteria and optimization methods, we can justify the design space – an area defined by all design parameters that can ensure rational nature management.

In order to conduct research and to develop recommendations for reducing the cost of the mineral deposit developing, as well as for decreasing the negative impact on the environment, the appropriate software has been developed.

The approaches presented in the study can be applied for preliminary calculations of the rational volume of the specific product production at the design stage of the operation of a new field by a mining enterprise.

Thus, the research of the technological aspects of rational level of production formation shows that it serves as the main technological parameter which affects the efficiency of subsurface

mining. The proposed approach may be used to demonstrate possibilities of the effective development of valuable mining resources and it also may be used for the creation of powerful anchor projects regarding the development of Ukraine's own mineral resources sector. This, in turn, will be an example of transforming new knowledge in specific applied methods and technologies.

For further development of the proposed approach, we should focus on the creation of the optimal environmental design technology involving modern information technology.

*Keywords:* opening of a deposit, environment conservation, final output, technological parameters, marginal approach, profit, outlay, software, efficient operation.

*JEL:* P48, Q31, Q32, Q41, Q50, Q56

*Формат цитування:*

Грінюв В. Г., Хорольський А. О. (2020). Визначення раціонального обсягу вилучення корисних копалин із надр: маржинальний підхід. *Економіка промисловості*. № 3(91). С. 82-95. doi: <http://doi.org/10.15407/econindustry2020.03.082>

Hrinov, V., & Khorolskyi, A. (2020). Determining the rational amount of subsurface mining: marginal approach. *Econ. promisl.*, 3(91), pp. 82-95. doi: <http://doi.org/10.15407/econindustry2020.03.082>

*Надійшла до редакції 15.06.2020 р.*