

## ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДКРИТОЇ РОЗРОБКИ НОВО-ДМИТРІВСЬКОГО РОДОВИЩА БУРОГО ВУГІЛЛЯ

### SUBSTANTIATION OF OPEN-CAST MINING ECONOMIC EFFICIENCY OF NOVO-DMITROVSKY DEPOSIT

Розглянуто сучасний стан видобутку бурого вугілля в Україні. Виконана економіко-математична оцінка витрат на добування корисної копалини в складних гірничогеологічних умовах з урахуванням параметрів виймально-навантажувального обладнання. Обґрунтована доцільність комплексного використання вуглистої глини та бурого вугілля з метою зниження коефіцієнту розкриття. Наведено рекомендації щодо зменшення часу на розкриття буровугільного родовища та його прискореного виходу на виробничу потужність.

Рассмотрено современное положение добычи бурого угля в Украине. Выполнена экономико-математическая оценка затрат на добычу полезного ископаемого в сложных горногеологических условиях с учетом параметров выемочно-погрузочного оборудования. Обоснована целесообразность комплексного использования углистой глины и бурого угля с целью снижения коэффициента вскрыши. Приведены рекомендации для уменьшения времени на вскрытие буровугольного месторождения и его ускоренного выхода на производственную мощность.

**Вступ.** Станом на 2017 р. Україна має вкрай обмежені можливості добування вугілля для забезпечення своєї незалежності у розвитку важкої індустрії. Особливо це стосується бурого вугілля. Олександрійський буровугільний район не має довгострокової перспективи підтримки своєї продуктивності. Інші перспективні родовища не розробляються, а деякі знаходяться в стадії пошуку і детальної розвідки. В той же час, Ново-Дмитрівське родовище детально розвідане, має значні запаси і може бути прикладом для початку відновлення вугільної промисловості у найближчий термін [1].

**Актуальність досліджень.** Ново-Дмитрівське родовище бурого вугілля відрізняється від родовищ Олександрійського району не тільки значними запасами різноманітних корисних копалин, а й складними умовами залягання: значною глибиною та великими водопритоками, що може істотно вплинути на економічну доцільність видобутку сировини [2]. Тому для його освоєння потрібна попередня оцінка родовища на предмет економічної доцільності будівництва гірничого підприємства. При цьому, поряд з розглянутими раніше, технологіями розробки родовищ корисних копалин із застосуванням напору води, доцільно виконати аналіз гірничотранспортних систем, які довгі роки експлуатуються при добуванні марганцевих руд і бурого вугілля в Україні [3]. У якості критерію ефективності розглянутих систем використовують мінімальне значення зведених витрат на добування основної корисної копалини, тобто 1 т сирого бурого вугілля.

Отже, обґрунтування економічної доцільності розробки Ново-Дмитрівського родовища з подальшим будівництвом гірничого підприємства являється надзвичайно актуальною науково-практичною **задачею**.

**Викладення основного матеріалу.** На підставі досвіду розкривних робіт, розкриття кар'єрного поля можливо здійснювати двома високопродуктивними роторно-конвеєрними комплексами: 1-й комплекс – у складі роторного екскаватора CPC-2000, з теоретичною продуктивністю 4900 м<sup>3</sup>/год., конвеєрного транспорту, міжступного перевантажувача і відвалоутворювача типу ARs-B 5000.60. Даний комплекс експлуатується з початкової фази будівництва і поступово пересувається на нижні робочі горизонти кар'єру; 2-й комплекс – розкривні роботи планується виконувати із застосуванням більш потужного роторного екскаватора SRs-6300 з теоретичною продуктивністю 14000 м<sup>3</sup>/год. та навантаженням породи на стрічковий конвеєр у складі з міжступним перевантажувачем та відвалоутворювачем.

Добувні роботи доцільно виконувати одноківшевою прямою мехлопатою з ємністю ковша не менше 12 м<sup>3</sup> в комплексі з автосамоскидами. Склад такого комплексу відповідає підвищеній міцності бурого вугілля у масиві.

Попередня оцінка капітальних вкладень для придбання й монтажу гірничотранспортного устаткування становить 680,7 млн. дол. США (табл. 1).

Експлуатаційні витрати на видобуток вугілля визначалися оціночно на базі рекомендацій німецького “Майстер-плану розвитку буровугільної промисловості України” [4]. За наведеною методикою розрахункові витрати на видобування відрізняються від класичної собівартості на рівень амортизаційних нарахувань та включають дисконтовану вартість обладнання. На основі застосуваного устаткування визначають експлуатаційні витрати. Потреба в персоналі залежить від встановленого технічного оснащення кар'єру й режиму його роботи (керування й технічне обслуговування устаткування – однозмінне, виробничий процес – трьохзмінний). Значення коефіцієнту відносини виробничого персоналу до других категорій розраховано по українських мірках. Потреба у персоналі для виконання допоміжних и проміжних робіт оцінювалася на досвіді вугільних підприємств Східної Європи. Для обраних видів витрат розраховані наступні передумови їх оцінки:

- термін експлуатації родовища 36 років;
- видобуток вугілля очікується на 6-й рік від початку монтажу обладнання й виконання гірничих робіт з будівництва кар'єру та розкриття вугільного шару.

Вартість технічного обслуговування приймається від встановленої суми інвестиції на рік:

- пристрої інфраструктури – 2 %;
- екскаватори ланцюгові, роторні – 3 %;
- стрічкові відвалоутворювачі – 3-3,5 %;
- екскаватори драглайни, прямі мехлопати – 4 %;
- автосамоскиди – 6 %;
- допоміжна техніка – 3 %;

- електроенергія – 80 дол./МВт годин без ПДВ; прогноз роздрібного тарифу на потребу електроенергії для промислових споживачів встановлюється на рівні першого класу;
- витрати на заробітну плату одного робітника становить в середньому 850 дол. США/місяць;
- нарахування на заробітну плату прийняті у розмірі 22 %;
- адміністративні та загальнозаводські витрати становлять 3 млн. дол. на рік;
- податок на землю, рентні платежі та інші витрати віднесені на невраховані витрати.

Таблиця 1

Очікувані вкладення на придбання гірничотранспортного обладнання для експлуатації Ново-Дмитрівського кар'єру

Найменування основного обладнання	Кількість, од.	Вартість, тис. дол. США	Вартість з ПДВ, тис. дол. США
Екскаватор з ковшем не менше 12 куб м	1	3 754	4 505
Роторний екскаватор SRs-2000	1	36 993	44 392
Роторний екскаватор SRs-6300	2	177 878	213 454
Відвалоутворювач типу ARs-B 5000.60	1	16 614	19 937
Відвалоутворювач типу Spreader ARs- (K) 8800.195	3	144 078	172 894
Перевантажувач типу BRs (K) 1800.65	1	4 543	5 452
Перевантажувач типу BRs 1600.47/72	2	23 364	28 037
Конвеєр забійний	2	23 665	28 398
Конвеєр торцевий	1	14 732	17 678
Конвеєр магістральний	2	29 446	35 335
Конвеєр відвальний	2	36 265	43 518
Автосамоскиди	5	4 358	5 230
Невраховане гірниче устаткування (10 %)		51 569	61 883
<b>Разом</b>		<b>567 260</b>	<b>680 712</b>

Додаткові експлуатаційні витрати по гірничому підприємству розраховані на період виходу на проектну потужність (9 млн. тонн на рік) і складають 4,71 дол./т.

Дані щодо вказаних капітальних вкладень і експлуатаційних витрат показують, що, не дивлячись на великі витрати на придбання гірничої техніки, експлуатаційні витрати на видобуток 1 т бурого вугілля, при виході кар'єру на проектну потужність очікуються на рівні 4,7 дол. США. При теплотворній здатності бурого вугілля в 2527 ккал/кг вартість видобутку 1-ї тонни умовного палива складає 13,1 дол. без ПДВ.

Однак, статичні дані, такі як CAPEX (англ. Сокр. от CApital EXpenditure – капитальные затраты) і OPEX (англ. сокр. от operating expenses – операционные расходы), не дозволяють судити про ефективність експлуатації того чи іншого родовища в цілому. Такого роду оцінки прийнято виконувати на базі прогнозування руху грошових коштів або кеш-флоу (від англ. Cash Flow).

Для можливості обґрунтування розвитку окремих ділянок кар'єру прийнята методика, що надійно зарекомендувала себе при розрахунку доцільності розвитку буровугільної галузі та енергетики, що застосовується в Німеччині й представлена в «Майстер-плані розвитку буровугільної промисловості України», виконаному німецькими буровугільними і енергетичними концернами. Відповідно до неї, варіанти розвитку проектів оцінюються загальними міжнародно-визнаними методами динамічного економічного розрахунку. При цьому визначаються щорічні витрати і доходи на повний період експлуатації родовища, або на термін планування гірничих робіт.

Витрати й доходи порівняні один з одним в фінансово-математичних усереднених витратах і визначені показниками:

- фактична вартість при різних калькуляційних процентних ставках;
- фінансово-математичні усереднені витрати (ФМУВ);
- внутрішня процентна ставка.

Передумовою для застосування методів динамічного економічного розрахунку є те, що всі витрати реєструються, як для інвестицій, так і для поточного виробництва по роках експлуатації на весь аналізований період у вигляді платіжного ряду. Амортизаційні відрахування і відсотки не враховуються. Можлива процентна ставка по кредиту або вартість інвестованого капіталу враховані в долях при прогнозуванні грошових потоків. Якщо є невраховані доходи, то вони обробляються аналогічно. При розрахунку передбачено щорічне перевищення доходів над витратами, а також перевищення доходів над витратами за весь період експлуатації родовища. Таким чином експлуатація підприємства повинна забезпечити позитивний NCF (від англ. Net Cash-Flow – чистий грошовий потік). При цьому необхідно дотримуватись наступного співвідношення:

$$NCF \geq 0 \quad (1)$$

Оплати здійснюються, як правило, в певні дати і окремі роки у різному розмірі. Щоб зробити їх, порівнянними між собою, вони оцінюються на певну дату експлуатації за допомогою калькуляційної процентної ставки. Внаслідок цього гарантується, що оплати, які за часом мають бути здійснені пізніше, незначні у розрахунку з тими, які мають бути виконані раніше. Використовувана кальку-

ляційна процентна ставка встановлюється в залежності від відсотка для довгота середньострокового кредиту та прийнятого розміру нарахування відсотків. Якщо прогнози для можливої майбутньої процентної ставки та очікуваного ризику інвестицій небезпечні, працюють, як правило, з більш високими процентними ставками. Для розгляду вибирається, як правило, початок усього періоду експлуатації або початок виробництва продукції. Сума всіх відповідних на цю дату виплат вказується як балансова вартість.

Реалізація проектів виробничо-економічно раціональна, якщо при заявленій калькуляційній процентній ставці (дисконтна процентна ставка) різниця між балансовою вартістю і внеском, щонайменше, дорівнює нулю, а ще краще – позитивна. Як правило, поряд з балансовою вартістю при твердо заявленій калькуляційній процентній ставці встановлюється така, при якій балансова вартість буде прагнути до нуля. Ця процентна ставка називається внутрішньою.

Застосування названих методів передбачає, що поряд з виробничими витратами також відомі очікувані ціни за кінцеву продукцію і досягаються доходи за весь проектний період. Часто буває так, що ціни на товарну продукцію ще невідомі, не затверджені й не вивчені. У цьому випадку встановлюються фінансово-математичні усереднені витрати, які можуть бути розглянуті у якості спеціальних форм представлення вартості капіталу. Розраховані витрати підприємства відповідають фінансово-математичній вартості одиниці продукції, яка повинна бути визначена на весь період експлуатації. Або, інакше кажучи, балансова вартість перевищення доходів над витратами буде прагнути до нуля. При цьому повинно дотримуватись наступне співвідношення:

$$NPV = 0 = -(CAPEX_i + CAPEX_{(i+1)} + CAPEX_{(i+n)}) + NCF_{(i+n+1)}/(1 + IRR) + NCF_{(i+n+2)}/(1 + IRR)^2 + NCF_{(i+n+3)}/(1 + IRR)^3 + NCF_{(i+n+4)}/(1 + IRR)^4 + NCF_{(i+n+5)}/(1 + IRR)^5 + (NCF_{(i+n+6)}/IRR)/((1 + IRR)^5) \quad (2)$$

Перевищення доходів над видатками при цьому встановлюється виходячи з витрат і очікуваних доходів від продажу кінцевої продукції й прирівнюється до вартості на рівні ФМУВ.

Для того щоб розглянути і оцінити нове родовище у порівнянні з іншими, з'ясовують значення вартості та фінансово-математичні витрати по цих підприємствах окремо. У результаті розрахунку ФМУВ отримані наступні значення фінансової оцінки експлуатації підприємства на базі Ново-Дмитрівського кар'єру (табл. 2).

Дані табл. 2 вказують, що для реалізації прийнятої відсоткової ставки рентабельності інвестованого капіталу в 10 %, ціна на видобуток рядового бурого вугілля повинна скласти не менше 17,5 дол./т без ПДВ, або 48,3 дол./т умовного палива. Розрахована ціна на паливо цілком порівнянна з ціною на добування кам'яного вугілля. Оскільки розрахунок виконувався з деякою часткою припущень, то для визначення стійкості наведеної ціни на базі ФМУВ, потрібно виконувати аналіз її чутливості за такими параметрами: зміна процентної ставки

на капітал -  $\pm 25\%$ ; зміна операційних витрат –  $\pm 25\%$ ; зміна капітальних вкладень –  $\pm 25\%$ . Результати моделювання наведені на рис. 1.

Таблиця 2

Фінансова оцінка експлуатації Ново-Дмитрівського кар'єру

Показник	Од. виміру	Витрати на добування 1 т рядового вугілля	Витрати на виробництво 1 т умовного палива
Капітальні витрати	дол./тонна	10,5	29,0
Експлуатаційні витрати	дол./тонна	7,0	19,4
Загальні витрати	дол./тонна	17,5	48,3

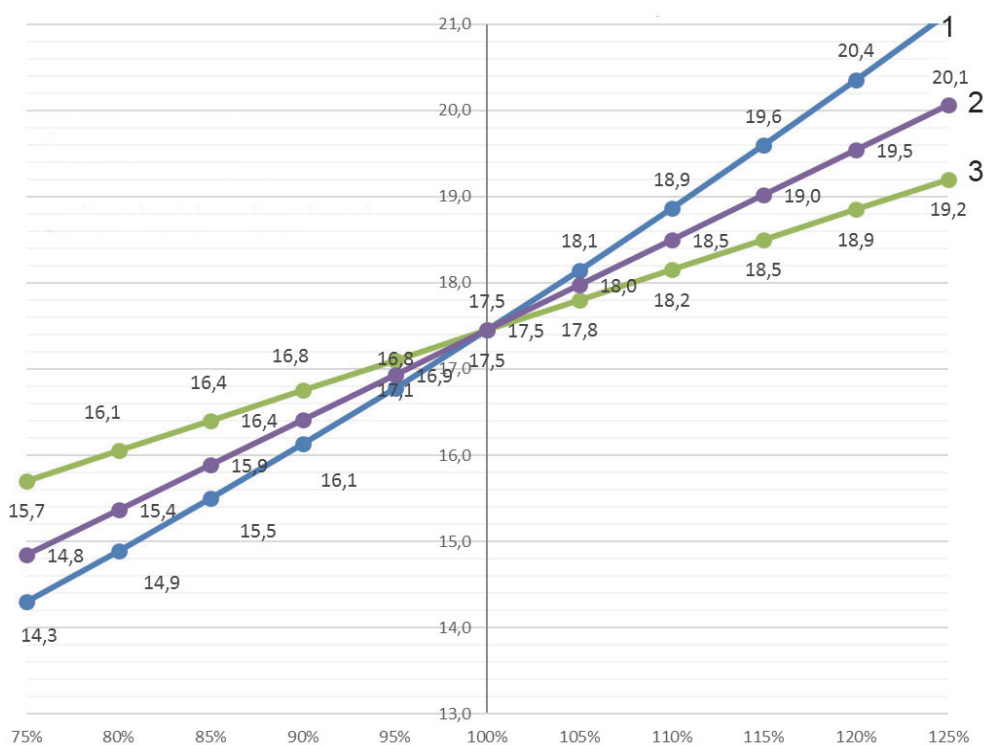


Рис. 1. Аналіз чутливості ФМУВ ціни палива, дол./т: 1 – зміна % ставки; 2 – зміна суми інвестицій; 3 – зміна операційних витрат на виробництво

З даних рис. 1 видно, що проект по розробці Ново-Дмитрівського родовища найбільш чутливий до вартості капіталу і, в найменшій мірі, до експлуатаційних витрат на виробництво. Це означає, що для підвищення фінансової стійкості гірничого підприємства на базі Ново-Дмитрівського родовища потрібно: залучення необхідного капіталу за якомога нижчим значенням процентної ставки й оптимізація капітальних вкладень в сторону зменшення. Зниження експлуатаційних витрат можливо тільки за рахунок власної генерації електроенер-

гії (будівництво власної технологічної ТЕЦ) та підвищення рівня доходів від реалізації продукції.

У структурі запасів по Ново-Дмитрівському родовищу присутні вуглисті глини, які віднесені до нижнього пліоцену (над V вугільним покладом) и до полтавської свити міоцену (між IV та V вугільними покладами) й розповсюджені на площі понад 6 км<sup>2</sup>. При середній потужності глин 75 м попередні їх запаси перевищують 450 млн. м<sup>3</sup>, що при питомій вазі 1,35 т/м<sup>3</sup>, перевищує 600 млн. т. Вуглисті глини у якості енергетичної сировини раніше не вивчались. Зольність їх і теплота згоряння, за аналогією з Дніпровським буровугільним басейном, у розрахунку на горючу масу і на робоче паливо відповідно дорівнюють 4500-5600 і 700-900 ккал/кг. Характерна зольність змінюється в межах 55 – 65 %

Дослідженнями встановлено, що вуглисті глини перекривають Верхній і Складний вугільні горизонти. Беручи до уваги їх високу зольність і низьку теплотворну здатність, використання всього їх обсягу в якості окремої попутної сировини не представляється можливим. Проте, в суміші з рядовим бурим вугіллям, гірнична маса (рядове буре вугілля + вуглиста глина) представляють собою вже енергетичну сировину, придатну для подальшого використання.

Для порівняння, нижча теплота згоряння гірничої маси зі значенням 1825,5 ккал/кг відповідає так званому енергетичному вугіллю, яке раніше спалювали на буровугільних ТЕЦ №1-3 в м. Олександрія. Спільний видобуток рядового бурого вугілля і вуглистої глини дозволяє збільшити обсяг корисної копалини на рівень більше, ніж 20 млн. тонн на рік з високими економічними показниками (табл. 3).

Таблиця 3

Дані розрахунку ФМУВ, дол. США/тонну

Показник	Видобуток рядового вугілля, млн. т/рік		Видобуток вуглистої глини, млн. т/рік	
	значення	на т.у.п.	значення	на т.у.п.
Капітальні витрати	10,5	29,0	4,7	18,0
Операційні витрати	7,0	19,4	3,2	12,1
Разом	17,5	48,3	7,9	30,1

Дані табл. 3 показують, що спільне видобування рядового бурого вугілля з вуглистими глинами дозволяє досягти зниження розрахункової ціни на паливо на 60 %. Аналіз чутливості показників за розрахунком ФМУВ виконаний аналогічно як і для видобутку рядового бурого вугілля.

### Висновки та рекомендації.

1. Попереднє техніко-економічне моделювання Ново-Дмитрівського родовища показує доцільність комплексного використання бурого вугілля з ураху-

ванням видобутку вуглистих глин. Не дивлячись на потребу значних капітальних вкладень, інтегральні фінансово-економічні показники гірничого підприємства знаходяться на високому рівні.

2. Враховуючи конфігурацію і контури родовища доцільно розглянути вилучення систему розробки з можливістю внутрішнього відвалоутворення, що дозволить більш ефективно використовувати параметри виймально-навантажувального обладнання. Використання продуктивної роторно-конвеєрної схеми розробки родовища регламентує терміни початку видобутку корисних копалин оскільки виготовлення і монтаж роторно-конвеєрного комплексу може становити до 3-х років.

3. З метою зменшення терміну вводу в експлуатацію гірничого підприємства та прискореного виходу його на проектну потужність, доцільно розглянути застосування техніки циклічної дії у складі гідравлічного екскаватора та кар'єрного автосамоскиду на стадії будівництва.

#### **Перелік посилань**

1. Дриженко А.Ю. Буре вугілля України: умови залягання та перспективи освоєння: навч. посіб. / А.Ю. Дриженко, О.О. Шустов; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпропетровськ: НГУ, 2015. – 332 с.
2. Шустов О.О. Обґрунтування основних методичних положень з формування системи розкриття буровугільних родовищ / О.О. Шустов // Зб. наук праць НГУ, №49. – Д.: ДВНЗ “НГУ”, 2015. – С. 95 – 104.
3. Дриженко А.Ю. Карьерные технологические горнотранспортные системы: моногр. / А.Ю. Дриженко. – Д-ск.: НГУ, 2011. – 542 с.
4. Генеральный план развития бурогольной промышленности Украины (Мастерплан): пер. с немец. – Laubag Consulting, 2000. – 152 с.

#### **ABSTRACT**

**Purpose.** To substantiate practicability of open-cast mining lignite deposit in difficult mining and geological criterions.

**The methodology** of research consists on establishment of lignite mining expenses in terms of economic and mathematical model considering the property life

**Findings.** The proximate technical and economic analysis of mine profitability is completed. This equates to establish expenses for one-ton lignite mining at a level of 4,7 USD in order to reach the mine capacity.

**The originality** is to determine the development financial method analysis of lignite mining considering extraction-and-loading parameters. They are related to sinking of mining, mining intensity and formation of goaf for miningwaste storage.

**Practical implications.** The research results allow to develop recommendations for complex lignite and coal clay in order to increase extraction volume to 20 million tpa.

**Keywords:** *lignite, financial and economical analysis, extraction-and-loading equipment, property life, mining mode, mine profitability*