

Б.Ю. Собко, д.т.н., проф.  
О.В. Ложніков, к.т.н., доц.  
НТУ «Дніпровська політехніка»

## Оцінка інвестиційної привабливості технологічних схем розробки обводнених титан-цирконієвих родовищ

*Встановлено ефективність технологічних схем розробки обводнених титано-цирконієвих родовищ на прикладі експлуатації кар'єра Мотронівського ГЗК за показником терміну окупності інвестицій. Розглянуто основні складові технологічних схем розробки обводненого родовища, які впливають на оцінку інвестиційної привабливості видобутку корисної копалини. Наведено розрахунок капітальних витрат на розробку родовища, які дозволили зробити попередню оцінку ефективності технологічних показників.*

*Результати отримані під час розрахунку експлуатаційних витрат свідчать про перевагу технологічної схеми, в якій розробка рудного пласта родовища виконується плавучим гідромеханізованим комплексом з поділом рудного піску на важкі мінерали, глину і пісок. У той самий час отримані результати свідчать, що найбільш енергоємною є технологічна схема, в якій рудний пласт розробляється екскаваторами драглайними.*

*Дослідження зі встановлення терміну окупності інвестицій ґрунтувалися на визначенні приведеної вартості грошових потоків на перший рік розробки кар'єру для кожної з чотирьох технологічних схем. Відповідно до зазначеного показника найбільш ефективною є технологічна схема, в якій розробка обводненого титан-цирконієвого родовища здійснюється земснарядом, а рудний пісок у вигляді пульпи подається на збагачувальну фабрику на борту кар'єра, в той час як найгірші показники у схемі, в якій рудний пласт розробляється екскаваторами драглайними. Отримані результати будуть використані у подальших дослідженнях зі встановлення ефективності залучення супутніх корисних копалин у розробку родовища.*

**Ключові слова:** кар'єр; обводнені родовища; титан-цирконієві руди; технологічні схеми; чиста приведена вартість; термін окупності.

**Постановка проблеми.** Питання вибору ефективної технології відкритої розробки родовищ корисних копалин є одним із найважливіших при освоєнні природних ресурсів. Від вибору правильної технології залежить успішне функціонування гірничовидобувного підприємства, а отже, і всього гірничопромислового регіону [1]. На вибір ефективної технологічної схеми розробки родовища впливає велика кількість вихідних параметрів, від деталізації яких залежить достовірність виконання науково-дослідних робіт [2].

У світовій практиці найбільш поширеним способом встановлення доцільності інвестицій у розробку родовищ корисних копалин є визначення інвестиційної привабливості, яка базується на показнику приведеної вартості проекту розробки (NPV) [3]. Саме такий підхід дозволяє оцінити грошові потоки при розробці родовища, які будуть змінюватися в часі при можливих технологічних схемах.

Однак слід зазначити, що визначення найефективнішої технологічної схеми за показником NPV не є гарантією того, що перевагу буде віддано їй, оскільки існують фактори охорони навколишнього середовища, ресурсо- та землезбереження, які в кінцевому підсумку можуть вплинути на рішення гірничодобувної компанії [4].

**Аналіз останніх досліджень.** Оцінка ефективності технологічних схем розробки обводнених титано-цирконієвих родовищ є комплексним завданням, яке має враховувати фактори ефективності технології, часу, впливу на навколишнє середовище. Тому його рішення має виконуватися як сукупність розв'язання складових задач. Питання вибору ефективної технології розробки титано-цирконієвих родовищ детально розглянуті в роботах [5, 6]. Авторами пропонується вибір найбільш оптимального рішення розробки певної ділянки розкривних або видобувних робіт кар'єру, проте не враховується, як це рішення відбивається на роботі інших ділянок кар'єру і збагачувальної фабрики.

Питання визначення інвестиційної привабливості відкритої розробки родовищ корисних копалин детально опрацьовувалися з середини минулого століття [7, 8]. При тому в кожній гірничодобувній країні був розроблений власний ряд інструментів для розрахунків у зв'язку із різними типами економік (ринкова, планова і змішана), а отже, різних видів відрахувань і податків. Незважаючи на існуючі роботи з детально опрацьованими питаннями вибору ефективної технології за показником чистої приведеної вартості, в даний час залишаються питання врахування екологічних і соціальних факторів, які важко оцінити фінансово, однак які істотно впливають на остаточне прийняття рішень на користь тієї чи іншої технологічної схеми.

Як показують результати аналізу світових науково-дослідних робіт, оцінка інвестиційної привабливості технологічних схем базується на визначенні обсягів грошових потоків, після встановлення капітальних і експлуатаційних витрат, та їх порівняння з прибутком підприємства від реалізації товарної продукції. Як було встановлено у раніше виконаних дослідженнях [4], можливі технологічні схеми розробки обводненого титано-цирконієвого родовища, на прикладі кар'єру Мотронівський ГЗК, охоплюють широкий спектр виймально-навантажувального обладнання, можливого до застосування. Особливо це стосується обладнання, яке використовується для розробки рудного пласта. У зв'язку з цим виникає необхідність виконати розрахунок інвестиційної привабливості технологічних схем розробки обводнених титано-цирконієвих родовищ з урахуванням основних параметрів кар'єру і гірничодобувного підприємства в цілому.

**Постановка завдання.** Для розробки методики вибору найбільш інвестиційно-привабливої технологічної схеми розробки обводненого титано-цирконієвого родовища необхідно встановити основні складові капітальних і експлуатаційних витрат. Встановити річні експлуатаційні витрати на виробництво відкритих гірничих робіт і функціонування гірничо-збагачувального комбінату. Визначити річні грошові потоки при роботі підприємства з розробки обводнених титано-цирконієвих родовищ. На підставі отриманих результатів встановити окупність проекту з використанням показника NPV для кожної технологічної схеми, що дозволить вибрати найбільш ефективну з них.

**Викладення основного матеріалу.** Ухвалення рішень з вибору технологічної схеми розробки родовища передбачає велику кількість обчислювальних операцій, які дозволяють отримати параметри, що піддаються порівнянню. Також обсяг обчислювальних операцій залежить від потужності гірничого підприємства, одиниць виймально-навантажувальної техніки, транспорту, а якщо мова йде про гірничо-збагачувальний комбінат, також необхідно враховувати параметри формування хвостосховищ.

В першу чергу визначаються вихідні дані для виконання розрахунку параметрів робочого проекту, які стосуються гідрогеологічних та фізико-механічних показників розробки родовища, а також виробничої потужності кар'єру. Оскільки мова йде про оцінку інвестицій у проєкт розробки, а виймально-навантажувальне і транспортне обладнання вже визначено раніше, вихідними даними для розрахунку приймаються показники річного вилучення корисної копалини, розкритих порід та загальний обсяг гірської маси. У таблиці 1 наведено дані за перші 12 років роботи кар'єру з розробки обводненого титано-цирконієвого родовища на прикладі Мотронівського ГЗК.

Таблиця 1

*Показники роботи кар'єру при розробці обводненого титано-цирконієвого родовища на прикладі Мотронівського ГЗК*

Рік	Продуктивність по руді, млн м <sup>3</sup>	Розкриті породи, млн м <sup>3</sup>	Гірська маса, млн м <sup>3</sup>
-2, 1	0,00	15,00	15,00
1, 2, ..., 10	2,70	15,00	17,70
<b>Разом:</b>	<b>27,00</b>	<b>180,00</b>	<b>207,00</b>

Як видно з даних таблиці 1, гірничі роботи починаються з (-2) року розробки. За цей період проводиться будівництво капітальної та розрізної траншеї наявним виймально-навантажувальним устаткуванням, а також споруджується збагачувальна фабрика і хвостосховище. Третій рік розробки кар'єру за фактом є першим роком видобутку корисної копалини і реалізації товарної продукції споживачу. В цей рік за планом підприємство отримує перший дохід і почне виплати за інвестиційними боргами.

Слід зазначити, що проєктний термін роботи підприємства становить 55 років, проте у розрахунках рекомендується розглядати перші десять років, тому що за цей період практично всі капітальні витрати, які були використані на придбання гірничо-транспортного обладнання, будуть амортизовані. Отже, через 10 років передбачається придбання нового гірничо-транспортного устаткування, а інвестиційний розрахунок показників роботи підприємства виконується за новими показниками.

Раніше виконані дослідження [9] показали, що найбільш перспективними є чотири технологічні схеми видобутку корисних копалин, які доцільно застосовувати при розробці обводненого титано-цирконієвого родовища (на прикладі кар'єру Мотронівського ГЗК):

1. Розробка видобувного уступу виконується крокуючим екскаватором ЕШ-10/70 з навантаженням у автотранспорт, після чого корисна копалина доставляється на пункт розмиву в кар'єрі, звідки системою трубопроводів переміщується на збагачувальну фабрику на поверхні кар'єру [9];

2. Видобувний уступ розробляється земснарядом ЗМД-200-50л, а корисна копалина у вигляді пульпи переміщується гідротранспортом на збагачувальну фабрику на поверхні кар'єру [10];

3. Розробка рудного пласта, як і в другій схемі, здійснюється земснарядами, при цьому в технологічний цикл вводиться плаваючий гідромеханізований видобувний комплекс, в якому здійснюється поділ рудного піску на чорновий концентрат і вміщуючі породи, представлені піщано-глинистою сумішшю [4];

4. Рудний пласт, як і в третій схемі, розробляється земснарядами в складі плаваючого гідромеханізованого видобувного комплексу, при цьому проводиться поділ корисних копалин на три види гірської маси: чорновий концентрат, пісок і глину. Очищений пісок пропонується направляти у внутрішній відвал кар'єру гідромеханізаційним способом, а очищену глину після згущення – споживачу або у техногенне родовище на борту кар'єру [11]. Розділення піщано-глинистої суміші дозволить відмовитися від формування хвостосховища.

Виконані раніше дослідження дозволили встановити, що в кожній з чотирьох запропонованих технологічних схем розробка розкривних порід здійснюється гідравлічними екскаваторами на верхніх уступах кар'єру і драглайнів на надрудному уступі з транспортуванням розкривних порід автосамоскидами у внутрішній відвал.

Для зазначених технологічних схем у першу чергу визначаються капітальні витрати:

$$A_K = A_{ET} + A_O + A_B + A_I, \text{ млн у.о.}, \quad (1)$$

де  $A_{ET}$  – капітальні витрати на виймально-навантажувальне і транспортне обладнання, млн. у.о.;  $A_O$  – витрати на спорудження збагачувальної фабрики, млн. у.о.;  $A_B$  – витрати на допоміжне обладнання, млн у.о.;  $A_I$  – витрати на спорудження інфраструктури, млн у.о.

Відповідно до (1) та ринкових цін на гірниче обладнання, виконано розрахунок капітальних витрат для чотирьох технологічних схем розробки кар'єру Мотронівського ГЗК. Результати розрахунку наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

*Капітальні витрати на спорудження гірничо-збагачувального комбінату з розробки обводненого титано-цирконієвого родовища, млн у.о.*

Капітальні витрати	Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4
Екскавація і транспортування	56,44	33,03	33,29	33,26
Збагачувальна фабрика	80,00	80,00	90,00	90,00
Додаткове обладнання	4,00	4,00	4,00	4,00
Інфраструктура	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Усього</b>	<b>142,44</b>	<b>119,03</b>	<b>129,29</b>	<b>129,26</b>

Згідно з даними, наведеними в таблиці 2, найбільш витратною є перша технологічна схема. Це пов'язано з необхідністю придбання екскаваторів драглайнів для розробки видобувного уступу. В інших схемах витрати на екскавацію і транспортування зменшуються за рахунок застосування засобів гідромеханізації. У третій і четвертій схемі збільшуються витрати на збагачення, оскільки додатково до збагачувальної фабрики колективного концентрату на поверхні кар'єру застосовується плаваючий гідромеханізований видобувний комплекс в кар'єрі. За допомогою його здійснюється відділення титано-цирконієвих мінералів від вміщуючих порід піщано-глинистої суміші. Витрати на додаткове обладнання та інфраструктуру прийняті відповідно до існуючих даних на гірничодобувних підприємствах зі схожою продуктивністю [9, 12–14].

Після встановлення капітальних витрат проводиться розрахунок експлуатаційних витрат, які необхідні для функціонування гірничодобувного підприємства. До експлуатаційних належать витрати на виконання видобувних і розкривних робіт, а також збагачення. Для схем 1–3 також передбачаються витрати на спорудження хвостосховища. Визначення експлуатаційних витрат виконується окремо для видобувних і розкривних робіт, оскільки видобування відбувається різним обладнанням, а обсяги розкривних і видобувних робіт мають різні значення. В першу чергу проводиться розрахунок експлуатаційних витрат на видобувні роботи відповідно до виразу:

$$A_{E,D} = \frac{A_S + A_E}{Q_{П.И}}, \text{ у.е./м}^3, \quad (2)$$

де  $A_S$  – річні витрати на заробітну плату на видобувній ділянці, млн у.о.;  $A_E$  – річні витрати на паливо, електроенергію та матеріали на видобувній ділянці, додаткові послуги, млн у.о.;  $Q_{П.И}$  – виробнича потужність кар'єру, млн м<sup>3</sup>.

Розрахунок експлуатаційних витрат на розкривні роботи відповідно до виразу:

$$A_{E.B} = \frac{A_{S.B} + A_{E.B}}{Q_{B.П}}, \text{ у.е./м}^3, \quad (3)$$

де  $A_{S.B}$  – річні витрати на заробітну плату на розкривній ділянці, млн у.е.;  $A_{E.B}$  – річні витрати на паливо, електроенергію та матеріали на розкривній ділянці, додаткові послуги, млн у.о.;  $Q_{B.П}$  – виробнича потужність кар'єру за розкривними породами, млн м<sup>3</sup>.

Оскільки більшість технологічних схем розробки титано-цирконієвих руд супроводжуються формуванням внутрішніх і зовнішніх хвостосховищ, при розрахунку інвестиційної привабливості прийняті усереднені показники експлуатаційних витрат на їх спорудження для підприємств з подібною виробничою потужністю і складають 0,3 у.о. при розробці 1 м<sup>3</sup> корисної копалини [5].

Річні витрати на збагачення корисних копалин для всіх чотирьох технологічних схем у розрахунках прийнято вважати подібними, що дорівнюють 2,85 у.о. при збагаченні 1 м<sup>3</sup> корисної копалини, оскільки розглядається однакова виробнича потужність кар'єру [5]. Накладні витрати при розробці родовища в розрахунках прийняті рівними 0,3 у.о. за розробку 1 м<sup>3</sup> гірської маси [5].

Результати виконаних розрахунків при визначенні експлуатаційних витрат на розкривні, видобувні і збагачувальні роботи, а також спорудження хвостосховища на прикладі розробки кар'єру Мотронівського ГЗК представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

*Експлуатаційні витрати гірничо-збагачувального комбінату  
при розробці обводненого титано-цирконієвого родовища, млн у.о./м<sup>3</sup>*

Експлуатаційні витрати	Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4
Видобуток корисної копалини	1,77	0,43	0,40	0,36
Розкривні роботи	0,95	0,95	0,95	0,95
Спорудження хвостосховища	0,30	0,30	0,30	0,00
Збагачення	2,85	2,85	2,85	2,85
Накладні витрати, млн у.о./рік	5,31	5,31	5,31	5,31

Як видно з результатів розрахунків експлуатаційних витрат (табл. 3), виконання видобувних робіт найбільш ефективно при технологічній схемі 4, в той час як найбільш витратною за цим показником є перша схема. Це пояснюється тим, що в першій схемі на видобувних роботах використовуються три екскаватори драглайни з навантаженням в автотранспорт. Обслуговування цього видобувного обладнання передбачає значні витрати на електроенергію. Також виникають додаткові витрати на утримання автосамоскидів для доставки корисної копалини від забою до пульпонасосної станції.

Експлуатаційні витрати на розкривні роботи будуть однаковими для всіх варіантів, оскільки при виконанні досліджень розглядалися однакові технологічні схеми розкриття з використанням гідравлічних екскаваторів, драглайнів і автосамоскидів.

При спорудженні хвостосховища за 1–3 технологічною схемою, експлуатаційні витрати приймаються однаковими оскільки передбачаються рівні обсяги і місце розташування хвостів збагачення. У четвертій технологічній схемі витрати на спорудження хвостосховища відсутні, оскільки використовується запропонований спосіб поділу вміщаючих піщано-глинистих порід рудного пласту в межах кар'єру, та подальше формування з глини техногенного родовища, а з піску – внутрішнього гідровідвалу.

Експлуатаційні витрати на збагачення і накладні витрати приймаються рівними для кожної технологічної схеми, оскільки продуктивність кар'єру і річний обсяг розробки гірської маси однакові.

Після визначення експлуатаційних витрат на одиницю корисної копалини і розкривних порід, проводиться розрахунок загальних річних витрат на роботу гірничо-збагачувального комбінату згідно з виразом:

$$A_{Г} = Q_{П.И} \cdot A_{E.D} + Q_{B.П} \cdot A_{B.П} + Q_{П.И} \cdot A_{X.X} + Q_{П.И} \cdot A_{O.Ф} + A_{H.P}, \text{ у.е./м}^3, \quad (4)$$

де  $A_{X.X}$  – витрати на формування 1 м<sup>3</sup> хвостосховища, грн;  $A_{O.Ф}$  – витрати на збагачення корисних копалин, у.е.;  $A_{H.P}$  – накладні витрати, млн у.о.

Згідно з вихідними даними, наведеними в таблицях 1 і 3 і виразу (4), виконується розрахунок річних витрат на роботу гірничо-збагачувального комбінату при розробці розсипних родовищ титано-цирконієвих руд. Результати розрахунку річних витрат за 10-річний період наведені в таблиці 4.

Експлуатаційні витрати на роботу гірничо-збагачувального комбінату при розробці обводненого титано-цирконієвого родовища, млн у.о.

Рік розробки	Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4
-2, -1	19,60	19,60	19,60	19,60
1, 2, ..., 10	32,89	29,27	29,18	28,26
Разом:	368,13	331,87	331,03	321,80

Як видно з результатів розрахунків, наведених в таблиці 4, найбільш ефективною за показником мінімальних експлуатаційних витрат, є четверта технологічна схема, в якій видобувний уступ розробляється засобами гідромеханізації з поділом вміщуючих порід в межах кар'єру. У той самий час найбільш витратною є технологічна 1 схема, в якій видобувний уступ розробляється екскаваторами драглайними, після чого корисна копалина доставляється автосамоскидами на пункти розмиву.

Після встановлення капітальних та експлуатаційних витрат під час роботи гірничодобувного підприємства виконується розрахунок грошових потоків. Для цього проводиться дослідження ринку для визначення вартості концентрату. Від цього показника багато в чому залежить успішність виконання гірничодобувних робіт.

На підставі виконаного аналізу ринку титано-цирконієвої продукції [7], в подальших розрахунках прийнято середнє значення вартості 1 т продукції на рівні 300 у.о. Також істотно впливає показник повноти вилучення корисних компонентів з рудного тіла. При виконанні досліджень цей показник приймається рівним 100 %, однак в деяких випадках через складні гірничо-геологічні умови або недосконалість технології видобутку цей показник може бути зменшений. Зведені результати параметрів, що впливають на визначення грошових потоків для чотирьох розглянутих технологічних схем в умовах розробки Мотронівського титано-цирконієвого родовища, наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Вихідні дані для визначення грошових потоків при розробці обводненого титано-цирконієвого родовища

Показник	Значення
Балансові запаси титану в родовищі, млн т	157
Середній вміст мінералів в руді, %	5
Коефіцієнт розкриву, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	5,2
Відсоток вилучення корисної копалини, %	100
Питома вага (щільність концентрату), т/м <sup>3</sup>	2
Річна продуктивність кар'єру, млн м <sup>3</sup>	2,7
Ринкова вартість титано-цирконієвого концентрату, у.о./т	300

Розрахунок грошових потоків виконується окремо для кожної технологічної схеми по роках, з метою подальшого дисконтування і порівняння ефективності варіантів за показником чистої приведеної вартості. Капітальні витрати, наведені в таблиці 2, здійснюються в (- 2, - 1) роки розробки родовища, коли відбувається закупівля виймально-навантажувального і транспортного устаткування, спорудження збагачувальної фабрики та об'єктів інфраструктури. Слід зазначити, що витрати на виконання проектних, дослідницьких, і при необхідності, додаткових геологорозвідувальних робіт здійснюються з (-2) по (-1) роки роботи кар'єру. Також у ці роки з'являються експлуатаційні витрати, пов'язані зі спорудженням капітальної та розрізної траншеї для забезпечення доступу до рудного пласта, які обкладаються податками. При виконанні розрахунків показник сукупних податків приймався у розмірі 34 %. Починаючи з (1) року розробки кар'єру, виконується видобуток корисної копалини, а отже з'являється дохід, що дозволяє підприємству здійснювати погашення боргів пов'язаних з капітальними і експлуатаційними витратами.

При розрахунку грошових потоків розглядається амортизація матеріальних і нематеріальних активів. До перших належать капітальні витрати на рухоме і нерухоме майно гірничодобувної компанії, до других – витрати на виконання проектних, дослідницьких та геологорозвідувальних робіт. Також в розрахунок визначається залишкова вартість обладнання на час закінчення етапу розробки. При виконанні дослідницьких робіт термін амортизації матеріальних і нематеріальних активів приймався рівним 10 років, окрім техніки із двигунами внутрішнього згорання (гідралічні екскаватори і автосамоскиди). Для такого обладнання термін амортизації приймався 7 років, тобто на 8 році враховувалася закупка нового обладнання.

Для визначення величин грошових потоків для кожного року роботи гірничо-збагачувального комбінату виконуються розрахунки в такій послідовності:

1. Операційний дохід:

$$O_I = \sum_{i=1}^n Q_{П.П.и} \cdot A_{O_i} \cdot A_{R_i} \cdot A_{P_i} - \sum_{i=1}^n A_{Г_i}, \text{ млн у.о.}, \quad (5)$$

де  $A_O$  – відсоток вмісту мінералів в руді, %;  $A_R$  – повнота вилучення мінералів з руди, %;  $A_P$  – середня ринкова ціна за товар (титан-цирконієвий концентрат), у.о./т;  $A_G$  – річні витрати на роботу гірничо-збагачувального комбінату, млн у.о.

2. Оподатковуваний дохід:

$$T_I = O_{I_i} - \frac{C_I}{T+1} - \frac{E_I}{T} - D, \text{ млн у.о.}, \quad (6)$$

де  $O_{I_i}$  – річний операційний дохід, млн у.о.;  $C$  – капітальні витрати, млн у.о.;  $T$  – термін амортизації обладнання, років;  $E$  – витрати на виконання проектних, дослідницьких і геологорозвідувальних робіт, млн у.о.;  $D$  – невраховані втрати (15 % від операційного доходу).

3. Прибуток (після податку):

$$I_{A.T} = T_{I_i} \cdot (100\% - I_T), \text{ млн у.о.}, \quad (7)$$

де  $I_T$  – частка податків у доходах, 34 %.

4. Грошовий потік:

$$C_F = I_{A.T} + \frac{C_I}{T+1} + \frac{E_I}{T} + D - E_{I_i} - C_{I_i} + S, \text{ млн у.о.}, \quad (8)$$

де  $C_{I_i}$  – річні капітальні витрати, млн у.о.;  $T_{I_i}$  – річні витрати на проектування і дорозвідку родовища, млн у.о.;  $S$  – залишкова вартість обладнання на час закінчення етапу розробки, млн у.о.

Відповідно до наведеної вище методики розрахунку були визначені грошові потоки для кожної з чотирьох технологічних схем по роках розробки родовища. Приклад результатів розрахунку для першої технологічної схеми представлений в таблиці 6.

Таблиця 6

Аналіз грошових потоків при розробці кар'єру Мотронівського ГЗК  
із застосуванням першої технологічної схеми

Рік розробки	Операційний дохід, млн у.о.	Оподатковуваний дохід, млн у.о.	Прибуток, млн у.о.	Грошовий потік, млн у.о.
-2	0,0	-33,8	-22,3	-82,3
-1	0,0	-33,8	-22,3	-82,3
1	81,0	20,7	13,7	41,1
2	81,0	20,7	13,7	41,1
3	81,0	20,7	13,7	41,1
4	81,0	20,7	13,7	41,1
5	81,0	20,7	13,7	41,1
6	81,0	20,7	13,7	41,1
7	81,0	21,7	14,3	40,7
8	81,0	21,7	14,3	22,7
9	81,0	21,7	14,3	40,7
10	81,0	21,7	14,3	51,0
<b>Усього:</b>	<b>810,0</b>	<b>143,4</b>	<b>94,7</b>	<b>236,9</b>

Як видно з результатів, представлених в таблиці 6, при підготовці кар'єру до експлуатації (-2, -1) рік сума капітальних і експлуатаційних і витрат по першій технологічній схемі складе (-82,3 млн у.о./рік). Після запуску кар'єру в експлуатацію грошовий потік буде коливатися в межах 22–41 млн у.о., а на 10 рік розробки складе 51,1 млн у.о. Грошовий потік у цей рік буде максимальним, оскільки він буде враховувати залишкову вартість обладнання, яке було придбано на 8 році експлуатації кар'єру.

З використанням запропонованої вище методики, аналогічно розрахунку грошових потоків для першої технологічної схеми, був виконаний розрахунок цього показника для решти схем розробки кар'єру Мотронівського ГЗК (табл. 7).

Аналіз грошових потоків ( $C_F$ ) по роках при застосуванні різних технологічних схем розробки кар'єру Мотронівського ГЗК, млн у.е.

Рік розробки	Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4
-2	-82,3	-71,4	-76,2	-76,2
-1	-82,3	-71,4	-76,2	-76,2
1	41,1	42,7	43,1	43,7
2	41,1	42,7	43,1	43,7
3	41,1	42,7	43,1	43,7
4	41,1	42,7	43,1	43,7
5	41,1	42,7	43,1	43,7
6	41,1	42,7	43,1	43,7
7	40,7	42,3	42,7	43,3
8	22,7	25,5	25,9	26,5
9	40,7	42,3	42,7	43,3
10	51,0	51,9	52,3	52,9
<b>Усього:</b>	<b>236,9</b>	<b>275,2</b>	<b>269,7</b>	<b>275,8</b>

Як видно з даних, наведених у таблиці 7, з 1 по 6 рік розробки родовища грошові потоки в кожній схемі мають однакові значення, це пояснюється тим, що у ці роки не придбавається устаткування. На 7 році розробки грошові потоки зменшуються за рахунок того, що на 6 році закінчуються виплати з амортизації нематеріальних активів. На 8 році грошові потоки зменшуються через капітальні витрати на гірниче обладнання з двигунами внутрішнього згорання (гідролічні екскаватори САТ-6018 і автосамоскиди САТ-778), а на 10 збільшуються за рахунок врахування їх залишкової вартості.

Деталізація розрахунків прибутку для кожної з чотирьох розглянутих технологічних схем зазначена в таблиці 8.

Сумарні грошові потоки при розробці кар'єру Мотронівського ГЗК за період у 10 років, млн у.о.

Показник	Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4
Дохід	810,0	810,0	810,0	810,0
Експлуатаційні витрати	368,1	331,9	331,0	321,8
<b>Операційний дохід</b>	<b>441,9</b>	<b>478,1</b>	<b>479,0</b>	<b>488,2</b>
Амортизація матеріальних активів	170,9	142,8	155,1	155,1
Амортизація нематеріальних активів	6,0	6,0	6,0	6,0
Невраховані втрати	121,5	121,5	121,5	121,5
Оподатковуваний дохід	143,4	207,8	196,3	205,6
Податок	48,8	70,6	66,8	69,9
<b>Прибуток</b>	<b>94,7</b>	<b>137,1</b>	<b>129,6</b>	<b>135,7</b>
Розвідка родовища	6,0	6,0	6,0	6,0
Капітальні витрати	160,4	135,8	146,1	146,1
Залишкова вартість	10,3	9,6	9,6	9,6
<b>Усього</b>	<b>236,9</b>	<b>275,2</b>	<b>269,7</b>	<b>275,8</b>

Результати розрахунків інвестиційної привабливості можливих технологічних схем розробки кар'єру Мотронівського ГЗК (табл. 7 і 8) показують, що найбільш ефективними є друга і четверта схеми, оскільки вони забезпечують максимальний прибуток гірничодобувного підприємства. Однак усталена практика прийняття технологічних рішень ґрунтується на визначенні чистої приведеної вартості кожної з технологічних схем. Це дозволяє оцінити проектні рішення з урахуванням фактора часу, який впливає на приведену вартість грошових потоків на початок розробки родовища.

Після визначення величини грошових потоків за роками (табл. 7) і ставки дисконту виконується розрахунок терміну окупності інвестицій в розробку родовища корисних копалин. При визначенні чистої приведеної вартості (NPV) проекту розробки родовища ставка дисконту приймалася – 10 %. Результати розрахунків з визначення терміну окупності інвестицій у розробку обводненого титан-цирконієвого родовища наведені в таблиці 9 і на рисунку 1.

Таблиця 9

Визначення терміну окупності інвестицій в розробку кар'єру Мотронівського ГЗК за показником (NPV) при різних технологічних схемах, млн у.о.

Рік розробки	Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4
-2	-82,31	-71,40	-76,18	-76,17
-1	-164,63	-142,81	-152,36	-152,34
1	-127,29	-104,02	-113,21	-112,64
2	-93,36	-68,77	-77,62	-76,55
3	-62,50	-36,71	-45,27	-43,73
4	-34,46	-7,58	-15,85	-13,90
5	-8,96	<b>18,91</b>	<b>10,89</b>	<b>13,22</b>
6	<b>14,22</b>	43,00	35,20	37,87
7	35,12	64,71	57,12	60,11
8	45,72	76,62	69,22	72,48
9	62,99	94,57	87,34	90,86
10	82,66	114,58	107,51	111,27

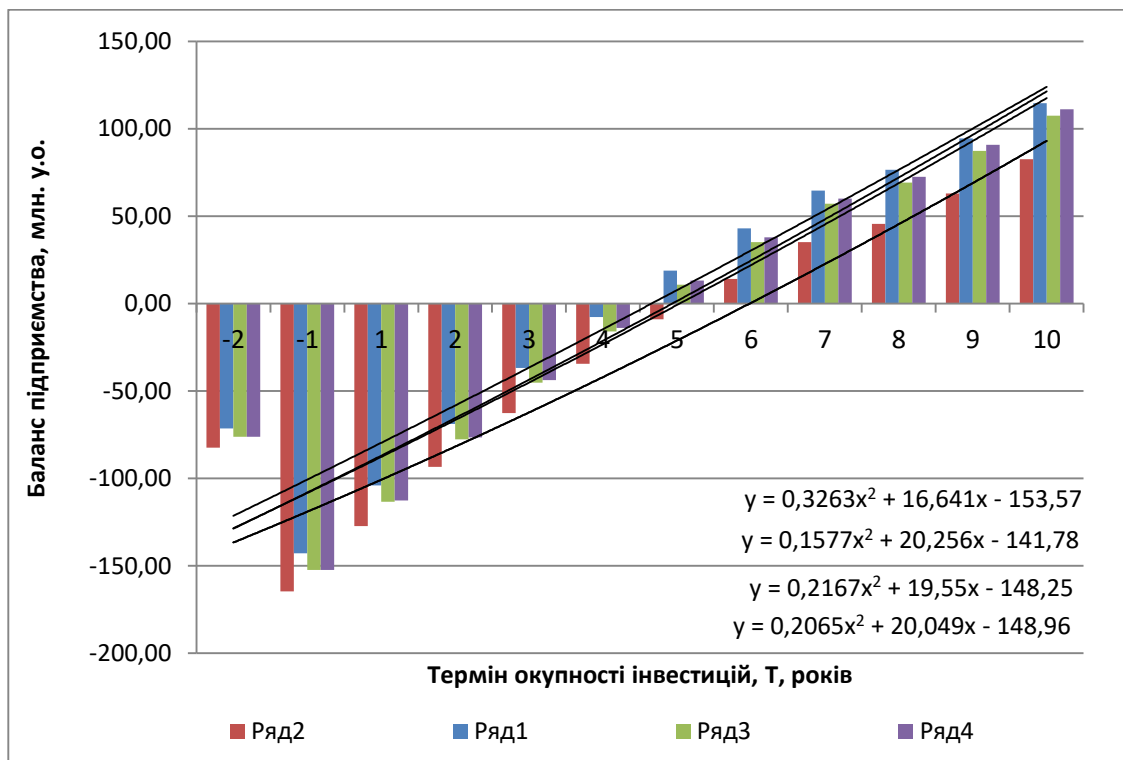


Рис. 1. Термін окупності інвестицій у розробку кар'єру Мотронівського ГЗК за показником чистої приведеної вартості

Як видно з результатів розрахунків (табл. 9, рис. 1) найбільш ефективною є друга схема розробки кар'єру Мотронівського ГЗК, як за показником терміну окупності, так і за сукупним грошовим потоком. В цій схемі термін окупності становить 5 років за показником чистої приведеної вартості грошових потоків. При цьому чиста приведена вартість проекту розробки за даною схемою становить 114,58 млн у.о. У той самий час найменш ефективною є перша технологічна схема, в якій термін окупності інвестицій становить 6 років. Незважаючи на незначну відмінність у періодах окупності між другою і першою схемами, чиста приведена вартість розробки кар'єру Мотронівського ГЗК відрізняється в 1,39 раза на користь другої схеми і складає 82,66 млн у.о. Третя і четверта схеми мають схожі показники і можуть розглядатися як альтернатива другій схемі при наявності достатнього екологічного або соціального ефекту.



**Висновки та перспективи подальших розвідок.** У роботі наведено дослідження зі встановлення ефективної технологічної схеми розробки обводненого титано-цирконієвого родовища на прикладі експлуатації кар'єру Мотронівського ГЗК за критерієм терміну окупності інвестицій. Встановлено основні показники виробничої потужності кар'єру, а також річні обсяги видобування розкривних порід і гірської маси. Розглянуто чотири основні технологічні схеми розробки обводненого родовища, які є найбільш ефективними з технологічної точки зору. Встановлені капітальні витрати для кожної зі схем розробки показали, що відповідно до цього показника найбільш ефективною є друга схема з інвестиціями в 119,03 млн у.о., в той самий час найгірші показники спостерігаються у першій схемі (142,44 млн у.о.).

При визначенні експлуатаційних витрат кращі показники встановлені у четвертій технологічній схемі, в якій використовується плавучий гідромеханізований комплекс з поділом рудного піску на важкі мінерали, глину і пісок. Річні експлуатаційні витрати за цією схемою складають 28,26 млн у.о., в той самий час найменш ефективною є перша технологічна схема, в якій корисна копалина видобувається драглайнами (32,89 млн у.о.). Визначення грошових потоків при інвестуванні у кожну з чотирьох технологічних схем дозволило встановити їх приведену вартість на перший рік розробки родовища, а також визначити термін окупності інвестицій. Згідно з отриманими даними, найбільш ефективною для інвестування є друга технологічна схема, в якій розробка корисних копалин здійснюється земснарядами, а рудний пісок у вигляді пульпи подається на збагачувальну фабрику на борту кар'єру. При цій схемі термін окупності інвестицій складе 5 років, а чиста приведена вартість проекту – 114,58 млн у.о. за десять років роботи кар'єру. Найгірші показники у першій технологічній схемі, в якій термін окупності складає 6 років, а чиста приведена вартість проекту – 82,66 млн у.о.

Отримані результати дозволяють продовжити дослідження, спрямовані на визначення ефективності інвестиційної привабливості технологічних схем при залученні в розробку супутніх корисних копалин. Інвестиційні показники зазнають змін через те, що в різних технологічних схемах будуть відмінними обсяги видобутку супутньої сировини.

#### Список використаної літератури:

1. Тенденции развития природоохраных технологий открытой разработки полезных ископаемых : моногр. / Г.Г. Пивняк, Б.Е. Собко, К.Дребенштедт, А.В. Ложников ; М-во образования и науки Украины, Нац. техн. у-т «Днепровская политехника». – Днепро : НТУ «ДП», 2019. – 387 с.
2. Галецкий Л.С. Комплексное использование титанорудного потенциала Украины / Л.С. Галецкий, С.Г. Грищенко, Е.А. Ремезова // Титан. – 2009. – № 1. – С. 4–7.
3. Менабде М. та ін. Оптимізація графіка видобутку для умовно імітованих рудників / М.Менабде та ін. // Досягнення прикладного стратегічного планування кар'єрів. – Спрінгер, Чам, 2018. – С. 91–100.
4. Собко Б.Ю. Встановлення параметрів розробки обводненого кар'єру при застосуванні плавучої збагачувальної фабрики / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков // Збірник наукових праць НГУ. – 2019. – № 57. – С. 55–63.
5. Собко Б.Ю. Встановлення параметрів гірничотранспортного комплексу кар'єра при розробці обводнених родовищ з використанням земснарядів / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М.Остроградського : Наукові праці КДПУ ім. М.Остроградського. – 2018. – № 6 (113). – С. 51–58.
6. Padmalal D. Sand mining: environmental impacts and selected case studies / D.Padmalal, K.Maya. – Springer, 2014. – P. 162.
7. Minnitt R.C.A. Cut-off grade determination for the maximum value of a small Wits-type gold mining operation / R.C.A. Minnitt // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. – 2004. – Т. 104. – № 5. – P. 277–283.
8. Evans R. Beyond NPV – A review of valuation methodologies and their applicability to water in mining / R.Evans, C.J. Moran, D.Brereton // Proc, Water in Mining. – 2006. – С. 97–103.
9. Собко Б.Ю. Встановлення ефективної ширини заходки драглайну при відпрацюванні надрудного уступу з водопонижуючими свердловинами / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков // Геотехнічна механіка ІГТМ. – Дніпро, 2018. – № 139. – С. 145–156.
10. Собко Б.Ю. Дослідження параметрів транспортної системи відкритої розробки обводнених розсипних родовищ / Б.Ю. Собко, О.В. Ложніков // Збірник наукових праць НГУ. – 2018. – № 56. – С. 82–93.
11. Brynildsen O. Mining without development: The case of Kenmare Moma mine in Mozambique / O.Brynildsen, D.Nombora // European Network on Debt and Development. – 2013. – Т. 5.
12. Виймально-навантажувальні роботи на кар'єрах : навч. посібник / В.В. Коробійчук, В.Г. Кравець, С.С. Іськов та ін. – Житомир : ЖДТУ, 2017. – 440 с.
13. Коробійчук В.В. Економічна ефективність використання мехлопат на скельних вибоях / В.В. Коробійчук, О.А. Зубченко // Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції аспірантів, молодих учених та студентів, присвяченої Дню науки. – 2014. – Т. 1. – С. 120.
14. A procedure for modeling the deposits of kaolin raw materials based on the comprehensive analysis of quality indicators / R.Sobolevskyi, O.Vaschuk, O.Tolkach and other // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2017. – № 3 (3). – С. 54–67.

**References:**

1. Pivnyak, G.G., Sobko, B.E., Drebenshtedt, K. and Lozhnikov, A.V. (2019), *Tendentsii razvitiya prirodookhrannykh tekhnologii otkrytoi razrabotki poleznykh iskopaemykh*, monogr., M-vo obrazovaniya i nauki Ukrainy, Nats. tekhn. u-t «Dneprovskaya politehnika», NTU «DP», Dnipro, 387 p.
2. Galetskii, L.S., Grishchenko, S.G. and Remezova, E.A. (2009), «Kompleksnoe ispol'zovanie titanorudnogo potentsiala Ukrainy», *Titan*, No. 1, pp. 4–7.
3. Menabde, M. ta in. (2018), «Optimizacija grafika vydobutku dlja umovno imitovanyh rudnykiv», *Dosjagnennja prykladnogo strategichnogo planuvannja kar'jeriv*, Springer, Cham, pp. 91–100.
4. Sobko, B.Ju. and Lozhnikov, O.V. (2019), «Vstanovlennja parametriv rozrobky obvodnenogo kar'jeru pry zastosuvanni plavuchoi' zbagachuval'noi' fabryky», *Zbirnyk naukovyh prac' NGU*, No. 57, pp. 55–63.
5. Sobko, B.Ju. and Lozhnikov, O.V. (2018), «Vstanovlennja parametriv girnychotransportnogo kompleksu kar'jera pry rozrobci obvodnenykh rodovyshh z vykorystannjam zemsnarjadiv», *Visnyk Kremenchuc'kogo derzhavnogo politehnicnogo universytetu im. M.Ostrograds'kogo: Naukovi praci KDPU im. M.Ostrograds'kogo*, No. 6 (113), pp. 51–58.
6. Padmalal, D. and Maya, K. (2014), *Sand mining: environmental impacts and selected case studies*, Springer, P. 162.
7. Minnitt, R.C.A. (2004), «Cut-off grade determination for the maximum value of a small Wits-type gold mining operation», *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, Vol. 104, No. 5, pp. 277–283.
8. Evans, R., Moran, C.J. and Brereton, D. (2006), «Beyond NPV—A review of valuation methodologies and their applicability to water in mining», *Proc. Water in Mining*, pp. 97–103.
9. Sobko, B.Ju. and Lozhnikov, O.V. (2018), «Vstanovlennja efektyvnoi' shyryny zahodky draglajnu pry vidpracjuvanni nadrudnogo ustupu z vodoponyzhujuchymy sverdlolvynamy», *Geotekhnichna mehanika IGTM*, Dnipro, No. 139, pp. 145–156.
10. Sobko, B.Ju. and Lozhnikov, O.V. (2018), «Doslidzhennja parametriv transportnoi' systemy vidkrytoi' rozrobky obvodnenykh rozsypanyh rodovyshh», *Zbirnyk naukovyh prac' NGU*, No. 56, pp. 82–93.
11. Brynildsen, O. and Nombora, D. (2013), «Mining without development: The case of Kenmare Moma mine in Mozambique», *European Network on Debt and Development*, Vol. 5.
12. Korobijchuk, V.V., Kravec', V.G., Is'kov, S.S. and other (2017), *Vyjmal'no-navantazhuval'ni roboty na kar'jerah*, navch. posibnyk, ZhDTU, Zhytomyr, 440 p.
13. Korobijchuk, V.V. and Zubchenko, O.A. (2014), «Ekonomichna efektyvnist' vykorystannja mehlopat na skel'nyh vybojah», *Tezy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi on-line konferentsii aspirantiv, molodykh uchenykh ta studentiv, prysviachenoi Dniu nauky*, Vol. 1, P. 120.
14. Sobolevskiy, R., Vaschuk, O., Tolkach, O. and other (2017), «A procedure for modeling the deposits of kaolin raw materials based on the comprehensive analysis of quality indicators», *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, No. 3 (3), pp. 54–67.

**Собко** Борис Юхимович – доктор технічних наук, професор кафедри відкритих гірничих робіт Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

Наукові інтереси:

- відкриті гірничі роботи;
- інформаційні технології при відкритих гірничих роботах.

**Ложніков** Олексій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри відкритих гірничих робіт Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

Наукові інтереси:

- відкриті гірничі роботи;
- ресурсозберігаючі технології при відкритих гірничих роботах.

Стаття надійшла до редакції 11.09.2019.