

ВСТАНОВЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ БАГАТОСЕКЦІЙНОГО СКЛАДУ ГЛИН У ВНУТРІШНЬОМУ ВІДВАЛІ КАР'ЄРУ ПРИ КОМПЛЕКСНІЙ РОЗРОБЦІ РОЗСИПНИХ РОДОВИЩ

¹**Ложніков О.В., ¹Дичковський Р.О.**

¹*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»*

УСТАНОВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МНОГОСЕКЦИОННОГО СКЛАДА ГЛИН ВО ВНУТРЕННЕМ ОТВАЛЕ КАРЬЕРА ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ РАЗРАБОТКЕ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

¹**Ложников О.В., ¹Дычковский Р.Е.**

¹*Национальный технический университет «Днепро́вская политехника»*

JUSTIFICATION OF MULTI-SECTION CLAY STORAGE PARAMETERS ON THE PIT INTERNAL DUMP DURING THE INTEGRATED USE MINING OF PLACER DEPOSITS

¹**Lozhnikov O., ¹Dychkovskiy R.**

¹*National Technical University "Dnipro Polytechnic"*

Анотація. Метою досліджень є встановлення ефективних параметрів багатосекційного техногенного родовища при розміщенні пульповидних глин на поверхні внутрішніх відвалів кар'єрів під час розробки розсипних родовищ. Аналітичний метод досліджень застосовувався при встановленні основних параметрів секцій техногенних родовищ в залежності від їх ширини і глибини. Для встановлення часу простоїв між формуванням першої і другої секції техногенного родовища використовувався графічний метод досліджень. Встановлено, що розділення техногенного родовища на п'ять секцій паралельних до фронту гірничих робіт, дозволять зменшити термін початку його роботи з 8 до 5 років для потужності 10 м і з 7 до 5 років при потужності 20 м. Однак, значним недоліком збільшення кількості секцій в техногенному родовищі з 2 до 5, є зростання об'єму робіт з їх спорудження з 0,27 до 1,11 млн м³ при потужності техногенного родовища 10 м, і з 0,53 до 2,15 млн м³ при потужності 20 м, що підтверджує необхідність обґрунтування ефективної кількості секцій в техногенному родовищі і їх параметрів. Визначена залежність початку роботи із заповнення техногенного родовища від ширини його першої секції, яка дозволила встановити, що велика ширина секції призведе до затримки початку роботи із заповнення, проте занадто мала ширина викличе простої під час переходу від формування першої до другої секції. Встановлена ефективна ширина першої секції техногенного родовища, при якій час простоїв скорочується з 7 до 5,8 років, а об'єм сировини, які розташовуються за межами кар'єру, зменшується на 0,1 – 0,5 млн м³ в залежності від ширини першої секції. Запропонована методика визначення ефективної ширини першої секції двосекційного техногенного родовища, за якої час простою між заповненням секцій відсутній. Визначено, що ширина першої секції двосекційного техногенного родовища при потужності 10 м, для параметрів розробки типового кар'єру з видобутку титан-цирконієвих руд складає 241 м.

Ключові слова: відкрита розробка, кар'єр, секційне техногенне родовище, дамби, відвал, супутня сировина.

Актуальність. Розробка родовищ корисних копалин передбачає утворення великих об'ємів відходів [1]. За наявності відповідного споживача вони можуть використовуватися у промисловості, а за його відсутності при вірному складуванні, у майбутньому ця сировина може розглядатися, як техногенне родовище.

Обґрунтування параметрів технології формування техногенних покладів у межах кар'єрного поля потребує особливої уваги у випадку коли супутня сировина представлена піщано-глинистими породами, які видобуваються гідромеханізованим способом.

Через пульповидний стан, породи не можуть напряму складуватися у яруси внутрішнього відвалу і потребують додаткового осушення, або у іншому випадку вони розміщуються у хвостосховища, що знаходяться за межами кар'єру [2].

Найбільш актуальною ця проблема постає при розробці гідромеханізованим способом розсипних родовищ, до яких належать титан-цирконієві поклади. При розробці таких родовищ глиняні породи разом з піском знаходяться у рудному пласті і потребують відділення при збагаченні корисної копалини.

Виконані раніше дослідження дозволили довести ефективність відділення вміщуючих порід з руди безпосередньо у кар'єрі при розробці титан-цирконієвих родовищ [3]. За рахунок цього значно зменшується об'єм гірничотранспортної роботи і з'являється можливість суттєво скоротити площі хвостосховищ, оскільки розділені між собою пісок і глина з вміщуючих порід можуть окремо складуватися у внутрішній відвал.

Піщані породи за рахунок своїх фільтраційних властивостей можуть розташовуватися у нижніх відвальних ярусах, у той час як глиняні рекомендовано осушувати, після чого складувати у верхні яруси відвалу. Це призводить до того, що глиняна сировина у випадку економічної доцільності в подальшому може бути розроблена як корисна копалина, а її поклади будуть вважатися техногенним родовищем (ТР). Однак невирішеними залишаються питання обґрунтування ефективних параметрів техногенних родовищ, що формуються з пульповидних глин на поверхні внутрішніх відвалів з урахуванням стійкості порід відвальних ярусів.

Аналіз досліджень. Виконаний аналіз робіт за темою досліджень дозволив встановити, що сучасні проблеми складування відходів виробництва у пульповидному стані в основному полягають у встановленні негативного впливу хвостосховищ на навколишнє природне середовище [4 – 5]. Також частина робіт присвячена складуванню скельних порід у хвостосховищах після збагачення при розробці металевих корисних копалин [6 – 7]. Однак у розглянутих роботах не досліджені питання складування глиняних порід у гідровідвали, що розташовані у верхніх ярусах внутрішніх відвалів кар'єрів.

Також частина науково-дослідних робіт присвячена обґрунтуванню основних параметрів гідровідвалів з глиняних порід [8 – 9]. Однак у виконаних дослідженнях не передбачено розміщення гідровідвалу з глиняних порід на поверхні внутрішнього відвалу діючого кар'єру. Також результати досліджень не дозволяють встановити залежність продуктивності складування від параметрів секцій гідровідвалів, що не дозволяє визначити ефективні параметри робіт зі складування.

Встановлення невирішених проблем. Виконаний аналіз науково-дослідних робіт за темою досліджень доводить недостатню обґрунтованість рішень зі складування пульпоподібних глиняних порід у техногенному родовищі на поверхні внутрішнього відвалу. У виконаних роботах, породи, що розміщуються у гідровідвали або хвостосховища не розглядаються, як

потенційна супутня сировина і складуються валово, що унеможлиблює їх подальше використання у промисловості.

Наступним невирішеним питанням є встановлення безпечних параметрів складування пульпоподібних глиняних порід на поверхні внутрішнього відвалу, складеного з м'яких відвальних порід. Через значні розміри техногенного родовища у верхньому ярусі внутрішнього відвалу, складування в ньому глиняних порід не може відбуватися одразу після формування відвалу через низьку стійкість відвальних порід. З іншого боку розділення ТР на секції призведе до збільшення об'єму робіт зі спорудження додаткових дамб. У зв'язку з цим виникає необхідність встановлення ефективних параметрів багатосекційних техногенних родовищ на поверхні внутрішнього відвалу кар'єра.

Постановка задач. Обґрунтування параметрів багатосекційних техногенних покладів глиняної сировини при відпрацюванні титан-цирконієвих родовищ виконується шляхом вирішення наступних завдань: встановлення впливу кількості секцій на параметри роботи техногенних родовищ при складування глини шляхом створення гідровідвалу після осушення; обґрунтування ефективних параметрів багатосекційних техногенних родовищ глини, розташованих у внутрішньому відвалі кар'єру. Вирішення поставлених задач дозволить розробити рекомендації щодо вибору ефективних параметрів складування пульпоподібних глин у техногенні родовища, розташовані у верхньому ярусі кар'єру при розробці розсипних родовищ.

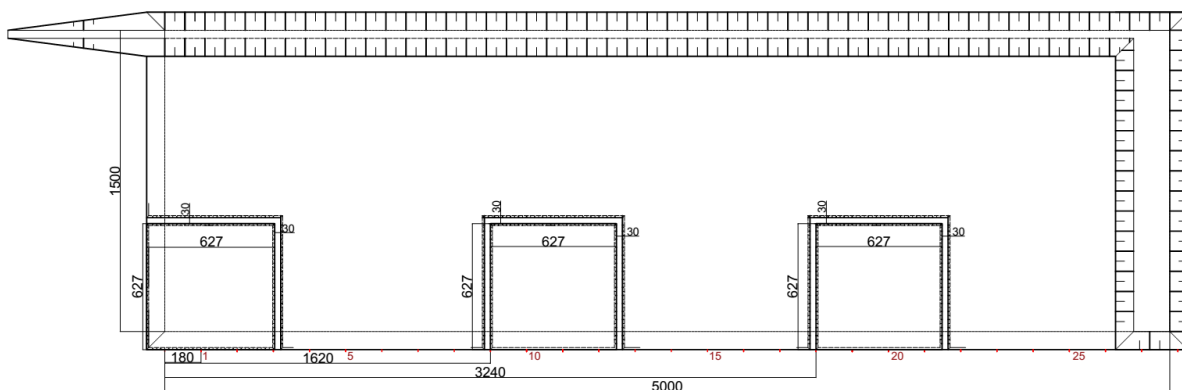
Основний матеріал. Виконані раніше дослідження [10] зі встановлення ефективної кількості ділянок техногенного родовища (ТР) на території внутрішнього відвалу при розробці розсипного родовища, дозволили визначити, що при довжині кар'єру від 5 до 7,5 км і ширині фронту 1,5 км, супутню глинисту сировину з вміщуючих рудних порід ефективно розміщувати на трьох рівновіддалених між собою ділянках внутрішнього відвалу уздовж кар'єру. Відповідні рекомендації актуальні для ТР потужністю 10 – 20 м, які формуються з глинистих вміщуючих порід доля яких складає до 15 % у рудному пласті титан-цирконієвих родовищ.

Також встановлено, що розміри таких ділянок ТР у внутрішньому відвалі кар'єру складуть від 460 до 627 м при зміні потужності ТР від 20 до 10 м, відповідно. Схеми розташування ділянок ТР на поверхні внутрішнього відвалу при потужності $H_{ТР} = 10$ і 20 м, для кар'єру з розробки титан-цирконієвих руд з типовими параметрами: глибина кар'єру 63 м; потужність рудного пласта – 10 м; ширина кар'єру – 1500 м; довжина кар'єру – 5000 м, представлені на рис. 1.

Однак визначених параметрів (рис. 1) недостатньо для організації складування глинистої сировини, яка видобувається гідромеханізованим способом у верхній ярус внутрішнього відвалу. Це пояснюється впливом пульповидного стану глини на стійкість нижніх відвальних ярусів і укосу борту внутрішнього відвалу в цілому. Відповідно до проведених досліджень [11] і аналізу практики відкритих гірничих робіт відомо, що розташування пульпоподібної маси на поверхні внутрішнього відвалу, складеного з сипучих

порід можливе за умови, що відстань між дамбою і верхньою брівкою внутрішнього відвалу L_B складатиме не менш ніж 500 м.

а)



б)

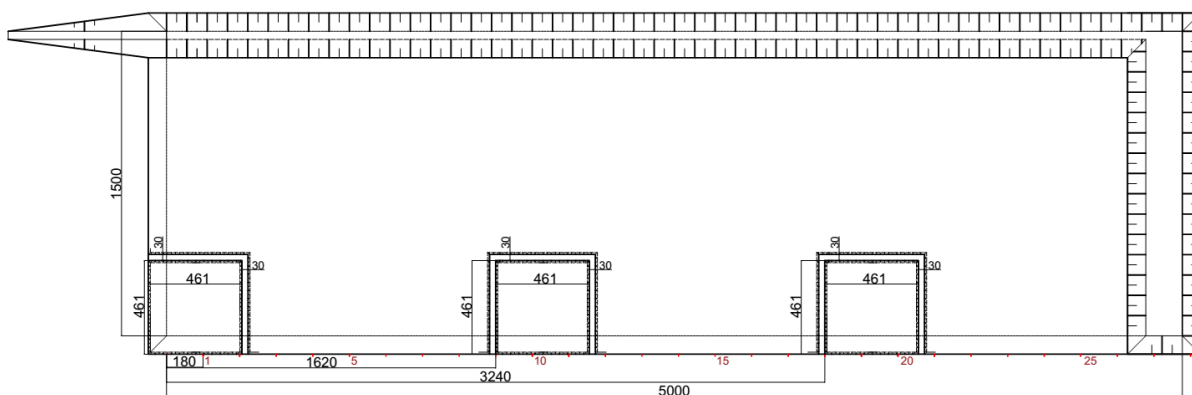


Рисунок 1 - Схема розташування ділянок ТР з глини на поверхні внутрішнього відвалу на час доробки кар'єру при H_{TP} : а) 10 м; б) 20 м.

У цьому випадку, початок безпечного формування техногенного родовища на поверхні внутрішнього відвалу з порід пульповидної глини може початися лише через декілька років, коли фронт кар'єру посунеться на відстань, яка перевищує сумарну довжину наступних показників: довжина ТР, безпечна відстань від ТР до верхньої брівки внутрішнього відвалу і ширина розрізної траншеї по верху. До цього часу складування глини має відбуватися за межами кар'єрного поля. Схема до визначення часу початку роботи ділянки ТР на поверхні внутрішнього відвалу представлена на рис 2.

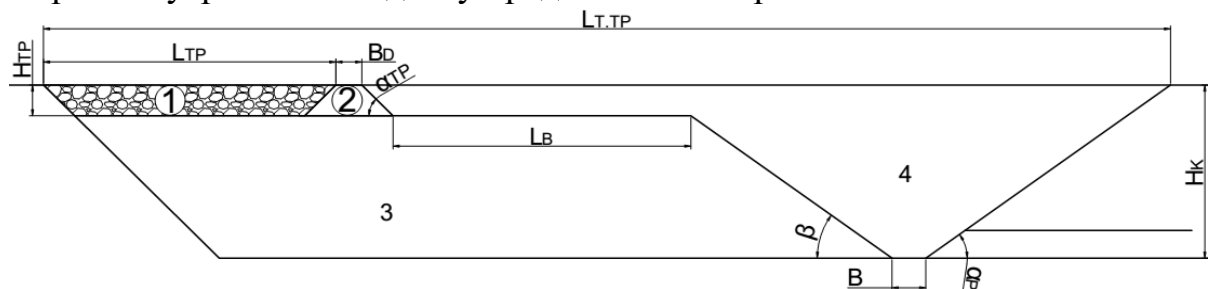


Рисунок 2 – Схема до визначення терміну початку роботи ТР розташованого у внутрішньому відвалі кар'єру при розробці розсипного родовища: 1 – техногенне родовище; 2 – дамба; 3 – внутрішній відвал; 4 – розрізна траншея

Відповідно до схеми (рис. 2) пропонується визначати термін початку експлуатації ТР відповідно до мінімальної довжини посування фронту гірничих робіт $L_{T,TP}$, яка забезпечує безпечне розміщення супутньої глиняної сировини у пульповидному стані. Визначення необхідної довжини посування фронту гірничих робіт $L_{T,TP}$ виконується за виразом:

$$L_{T,TP} = L_{TP} + B_D + L_B + B + \frac{H_{TP}}{\operatorname{tg} \alpha_{TP}} + \frac{H_K - H_{TP}}{\operatorname{tg} \beta} + \frac{H_K}{\operatorname{tg} \alpha_P}, \text{ м}, \quad (1)$$

де L_{TP} – довжина ТР, м; B_D – ширина дамби по верху, м; L_B – безпечна відстань від дамби ТР до верхньої брівки внутрішнього відвалу зі сторони розрізної траншеї, м; B – ширина розрізної траншеї по низу, м; H_{TP} – потужність техногенного родовища, м; α_{TP} – кут укосу дамби ТР, град.; H_K – глибина кар'єру, м; β – кут укосу борта внутрішнього відвалу зі сторони розрізної траншеї, град.; α_P – результуючий кут укосу робочого борта кар'єру, град.

Після визначення довжини $L_{T,TP}$ виконується розрахунок терміну початку роботи ТР для розташування в ньому глиняної сировини у пульповидному стані:

$$T_{s,TP} = \frac{L_{T,TP}}{L_{FG}}, \text{ років}. \quad (2)$$

де L_{FG} – величина річного посування фронту гірничих робіт, м.

Основною проблемою технології складування глини з вміщуючих рудних порід у пульповидному стані у верхні яруси внутрішнього відвалу є необхідність забезпечення стійкості його порід. Для цього необхідно очікувати певний час, коли відбудеться достатнє посування фронту гірничих робіт $L_{T,TP}$ (рис. 2). Поки фронт гірничих робіт не посунеться на необхідну відстань, формування наливного ТР на поверхні внутрішнього відвалу кар'єру буде небезпечним.

Для вирішення цієї проблеми пропонується розглянути технологічні схеми зі спорудження окремих секцій у ТР. Таким чином не доведеться чекати роками поки ТР буде знаходитися у безпечній зоні, а почати складувати супутню сировину раніше у паралельних секціях відокремлених дамбами. В результаті їх спорудження можна скоротити відстань від пульповидних глин у ТР до розрізної траншеї.

У тому випадку коли ТР складається з декількох однакових за розмірами секцій, початок його роботи пропонується визначати за виразами (1) і (2), при цьому у виразі (1) значення L_{TP} , необхідно замінити на L_{TP}/n_D , в якому n_D це кількість секцій на які поділено ТР:

$$L_{T,TP} = B_D + L_B + B + \frac{L_{TP}}{n_D} + \frac{H_{TP}}{\operatorname{tg} \alpha_{TP}} + \frac{H_K - H_{TP}}{\operatorname{tg} \beta} + \frac{H_K}{\operatorname{tg} \alpha_P}, \text{ м}. \quad (3)$$

Відповідно до виразів (2) і (3) виконуються дослідження зі встановлення впливу кількості секції в ТР на термін введення його в експлуатацію. Під час

проведення досліджень розглядалися ТР потужністю 10 і 20 м, а кількість секцій ТР у діапазоні від 1 до 5. Результати проведених досліджень наведено на рис. 3.

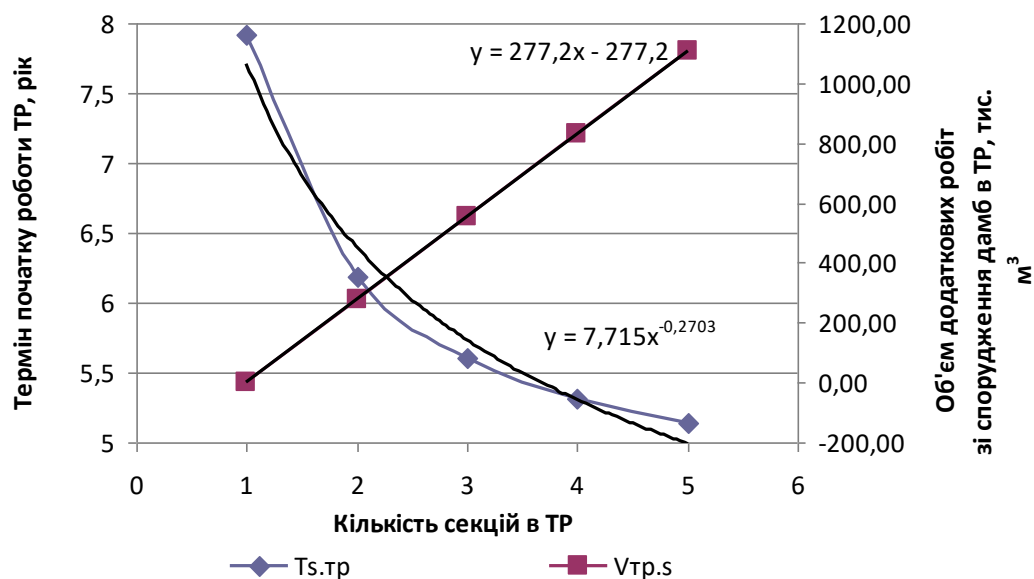


Рисунок 3 – Розрахунковий час початку роботи ТР зі складування пульповидної глини при його потужності 10 м на поверхні внутрішнього відвалу

Аналіз впливу кількості секцій в ТР на початок його роботи при потужності ТР = 10 м дозволив встановити, що ця залежність характеризується функцією $T_{s.tr} = 7,715 N_{s.tr}^{-0,27}$. Відповідно до неї, за правилами безпеки найскоріше заповнення ТР супутньою сировиною може розпочатися на 5 рік роботи кар'єру, у той час, як складування в одnoseкційному родовищі почнеться лише через 8 років після початку роботи кар'єра. Однак створення п'ятисекційного ТР потребує спорудження чотирьох додаткових дамб. Загальний об'єм робіт зі спорудження чотирьох дамб складає 1,15 млн м³, що значно збільшує додаткові роботи. При цьому слід зазначити що зменшення секцій ТР з 5 до 2 призведе до затримки у формуванні родовища лише на один рік, однак знизить термін введення ТР у роботу на 2 роки у порівнянні з одnoseкційним ТР.

Паралельно з попередньою була розглянута схема формування ТР потужністю 20 м. Результати встановлених залежностей терміну початку роботи ТР і об'єму додаткових робіт зі спорудження дамб в ТР від кількості секцій в ньому подано на рис. 4.

Як видно з графіків залежностей (рис. 4), збільшення потужності ТР з 10 до 20 м, призведе до майже дворазового збільшення об'єму додаткової роботи при спорудженні дамб. Залежність терміну введення в експлуатацію ТР від кількості секцій в ньому описується функцією $T_{s.tr} = 7,715 N_{s.tr}^{-0,27}$. Відповідно до неї, при збільшенні кількості секцій в ТР з 1 до 5, термін введення в експлуатацію ТР зменшиться з 7 до 5 років, однак навіть двосекційне ТР можна почати експлуатувати вже на 5,5 році роботи кар'єру.

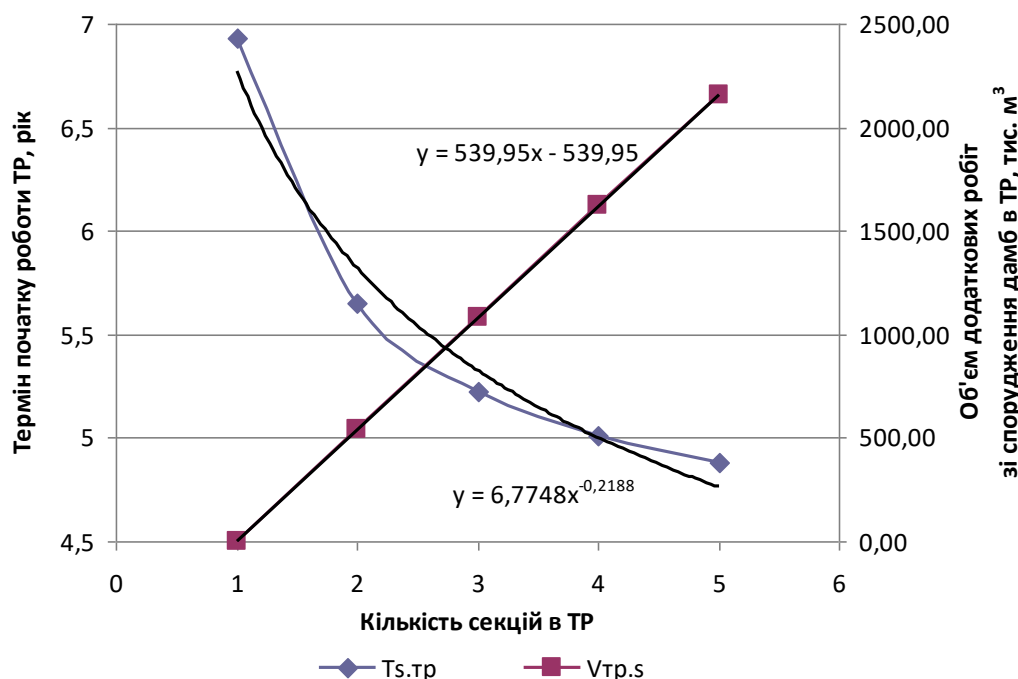


Рисунок 4 – Розрахунковий час початку роботи ТР зі складування пульповидної глини при його потужності 20 м

Для зменшення об'єму додаткових робіт зі спорудження дамб в ТР і пришвидшення початку експлуатації, розглянемо можливість формування двосекційного ТР, з в якому резервуари будуть різними за об'ємами. При цьому основною вимогою є умова що швидкість заповнення секцій хвостосховища має бути меншою за швидкість посування фронту гірничих робіт, адже при занадто швидкому заповненні першої секції ТР, необхідно буде чекати певний час до безпечного заповнення другої секції, тому що фронт гірничих робіт не встигне посунутися на необхідну відстань L_B і забезпечити необхідну відстань від дамби ТР до верхньої брівки внутрішнього відвалу зі сторони розрізної траншеї.

На рис. 5 представлена схема до встановлення мінімальної ширини секції ТР необхідної для забезпечення безперебійного складування супутньої сировини $L_{S,TPmin}$ у внутрішньому відвалі, з урахуванням якої встановлюється наступна умова:

$$L'_{T,TP} + \frac{L_{F,G} \cdot L_{S,TPmin} \cdot T_K}{L_{TP} \cdot n_{TP}} \leq L'_{T,TP} + L_{TP} \quad (4)$$

де $L'_{T,TP}$ – необхідна довжина посування фронту гірничих робіт для початку безпечного формування ТР, м; L_{FG} – річне посування фронту гірничих робіт, м/рік; $L_{S,TPmin}$ – мінімальна ширина секції ТР необхідна для безперебійного складування супутньої сировини, м; T_K – термін експлуатації кар'єру, рік; L_{TP} – довжина ділянки ТР, м; n_{TP} – кількість ділянок ТР у родовищі.

Таблиця 1 – Параметри роботи ТР при зміні ширини першої секції при $H_{TP} = 10$ м

Довжина першої секції, м	Час початку роботи ТР, років	Час заповнення першої секції, років	Час очікування між заповненням першої і другої секції, років	Загальний час простоїв при заповненні ТР, років	Загальний час заповнення ТР, років	Об'єм супутньої сировини розташованої поза ТР, млн м ³	Додаткові об'єми складування за межами ТР ΔV_{TR} , при помилкових параметрах секцій, млн м ³
100	5,0	1,4	2,0	7,0	16,0	2,9	0,5
120	5,1	1,7	1,8	6,9	15,9	2,8	0,4
140	5,2	2,0	1,5	6,7	15,7	2,7	0,4
160	5,3	2,3	1,2	6,5	15,5	2,6	0,3
180	5,4	2,6	0,9	6,3	15,3	2,6	0,2
200	5,6	2,9	0,6	6,2	15,2	2,5	0,1
220	5,7	3,2	0,3	6,0	15,0	2,4	0,1
240	5,8	3,5	0,0	5,8	14,8	2,4	0,0
260	5,9	3,7	0,0	5,9	14,9	2,4	0,0
280	6,0	4,0	0,0	6,0	15,0	2,4	0,1
300	6,1	4,3	0,0	6,1	15,1	2,5	0,1
320	6,2	4,6	0,0	6,2	15,2	2,5	0,2

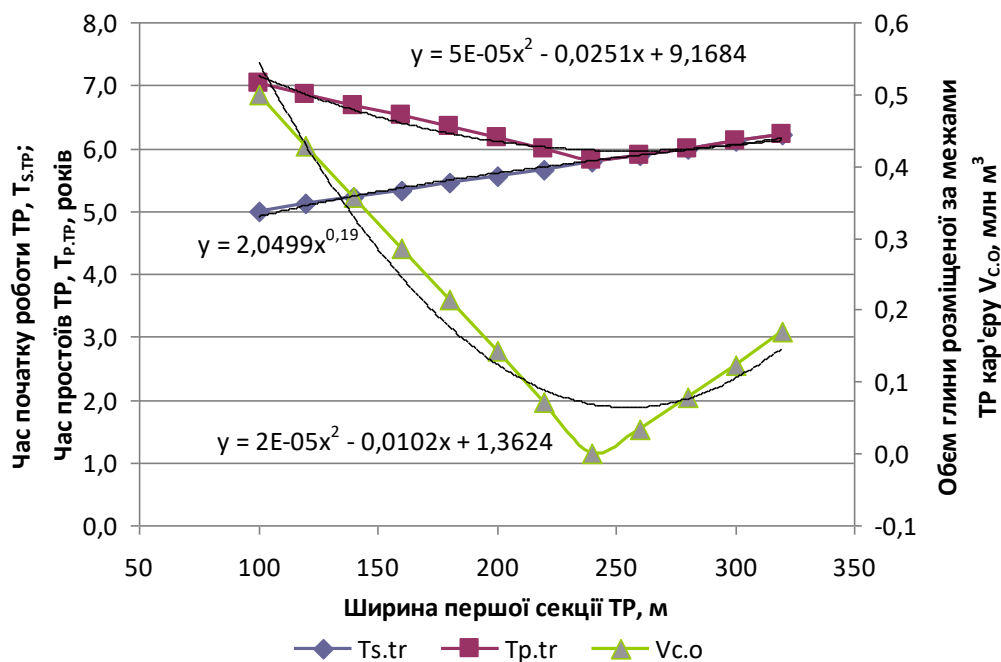


Рисунок 6 – Вплив ширини першої секції ТР на параметри його роботи

Аналіз графіків впливу ширини першої секції ТР на початок його заповнення $T_{s,TP}$, час простою між формуванням першої і другої секції $T_{p,TP}$, об'єм супутньої сировини, що складаються поза кар'єром $V_{c.o}$ (табл. 1) і (рис. 6) показує, що мінімальна ширина першої секції ТР не забезпечує ефективності технологічної схеми складування супутньої сировини. Найбільш важливою є залежність часу простоїв при заповненні ТР від ширини його першої секції, яка характеризується функцією $T_{p,TP} = 5E-05L_{S,TPmin}^2 - 0,0251L_{S,TPmin} + 9,1684$.

Відповідно до неї встановлено, що найбільш ефективна ширина першої секції $TP = 240$ м. За такої ширини час простою між заповненням секцій відсутній, що дозволяє скоротити об'єми сировини, які розташовуються за межами кар'єру ΔV_{TR} . В інших випадках цей об'єм змінюється від 0,1 до 0,5 млн m^3 протягом формування ділянки TP , відповідно до функції $V_{S.O} = 2E-05L_{S.TPmin}^2 - 0,0102L_{S.TPmin} + 1,3624$.

Аналіз результатів виконаних досліджень і нерівності (4) дозволяє запропонувати виконання розрахунку показника ефективної ширини першої секції техногенного родовища $L_{S.TP1}$ за наступним виразом:

$$L_{S.TP1} = \frac{L_{TP}^2 \cdot n_{TP}}{L_{F.G} \cdot T_K}, \text{ м.} \quad (6)$$

При визначенні ефективної ширини першої секції техногенного родовища потужністю 10 м, встановлено, що $L_{S.TP1} = 241$ м. Відповідно до отриманого результату можна стверджувати, що вираз (6) може бути застосований на практиці оскільки показник $L_{S.TP1}$ корелюється з результатами досліджень наведеними в (табл. 1) і на (рис. 6).

Висновки. Встановлено залежності початку заповнення техногенного родовища на внутрішньому відвалі кар'єра від його параметрів. Для прискорення терміну початку роботи TP запропоновано ділення його на секції паралельні фронту гірничих робіт. Відповідно до отриманих залежностей при розділенні TP на 5 секцій, початок його роботи може бути скорочено з 8 до 5 років для потужності $H_{TP} = 10$ м і з 7 до 5 років при $H_{TP} = 20$ м. Результати досліджень дозволяють стверджувати, що основний недолік розділення TP на секції полягає у значному збільшенні додаткових робіт зі створення дамб. При збільшенні кількості секцій в TP з 2 до 5, об'єм робіт з їх спорудження зростає з 0,27 до 1,11 млн m^3 при $H_{TP} = 10$ м, і з 0,53 до 2,15 млн m^3 при $H_{TP} = 20$ м.

Для зменшення об'єму робіт зі спорудження додаткових дамб у TP запропоновано застосовувати двосекційне TP з різною шириною секцій. Встановлено, що за рахунок зменшення ширини першої секції, початок роботи TP можна прискорити, однак результати досліджень показали, що занадто мала ширина секції призведе до простоїв під час переходу від формування першої до другої секції. У зв'язку з цим запропонована методика визначення ефективної ширини першої секції, за якої час простою між заповненням секцій відсутній. За рахунок цього загальний час простоїв скорочується з 7 до 5,8 років, а об'єм сировини, які розташовуються за межами кар'єру ΔV_{TR} зменшується на 0,1 – 0,5 млн m^3 в залежності від ширини першої секції $L_{S.TP1}$.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Dychkovskiy, R. E., Vlyadyko, O. B., Maltsev, D., Cabana, E. C. Some aspects of the compatibility of mineral mining technologies // Rudarsko-geološko-naftni zbornik. 2018. 33(4). Pp. 73-83.
2. Ялтанец, И., Тухель, А., Леванов, Н., Дятлов, В. Переработка горных пород с использованием средств гидромеханизации. Учеб. пособие. М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2008. 318с.
3. Собко Б.Ю., Ложников О.В. Встановлення параметрів розробки обводненого кар'єру при застосуванні плавучої збагачувальної фабрики // Збірник наукових праць НГУ. 2019. № 57. С. 55-63.

4. Small, C. C., Cho, S., Hashisho, Z., Ulrich, A. C. Emissions from oil sands tailings ponds: Review of tailings pond parameters and emission estimates // Journal of Petroleum Science and Engineering, 2015. № 127. Pp. 490-501.
5. Arroyo, Y. R. R., Siebe, C. Weathering of sulphide minerals and trace element speciation in tailings of various ages in the Guanajuato mining district, Mexico. Catena, 2007. № 71(3). Pp. 497-506.
6. Bussi re, B. Colloquium 2004: Hydrogeotechnical properties of hard rock tailings from metal mines and emerging geoenvironmental disposal approaches // Canadian Geotechnical Journal. 2007. № 44(9). Pp. 1019-1052.
7. Shefferson, R. P., Kull, T., Tali, K. Mycorrhizal interactions of orchids colonizing Estonian mine tailings hills. // American Journal of Botany. 2008. № 95(2). Pp. 156-164.
8. Engel, J., Mihok, J., Rybar, R., Tyulenev, M. (2018). Defining the Main Parameters of Hydro-Dumping at Open Pits. In E3S Web of Conferences (Vol. 41, p. 01004). EDP Sciences.
9. Steiakakis, E., Kavouridis, K., Monopolis, D. Large scale failure of the external waste dump at the "South Field" lignite mine // Northern Greece. Engineering Geology. 2009. № 104(3-4). Pp. 269-279.
10. Собко Б.Ю., Ложников О.В. Обґрунтування параметрів техногенного родовища у внутрішньому відвалі кар'єру при розробці розсипних родовищ // Збірник наукових праць НГУ. 2020. № 62. С. 17-28.
11. Собко Б.Ю., Ложников О.В. Дослідження впливу параметрів хвостосховища у внутрішньому відвалі кар'єра на показники площі відновлення порушених земель // Збірник наукових праць НГУ. 2019. № 59. С. 8 – 20.

REFERENCES

- 1.. Dychkovskiy, R. E., Vladyko, O. B., Maltsev, D. and Cabana, E. C. (2018), "Some aspects of the compatibility of mineral mining technologies", Rudarsko-geolo sko-naftni zbornik, no. 33(4), pp. 73-83.
<https://doi.org/10.17794/rgn.2018.4.7>
2. Yaltanets, I., Tuhel, A., Levanov, N. and Dyatlov, V. (2008), Pererabotka gornyx porod s ispolzovaniem sredstv gidromekhanizatsii [Processing of rocks using hydromechanization means], Textbook. Benefit. Moscow State Mining University Publishing House, Moscow, RU.
3. Sobko B. and Lozhnikov O. (2019), "Determination flooded pit mining parameters at the implementation floating wet concentrator plant", Collection of scientific works of NMU, no. 57, pp. 55-63.
<https://doi.org/10.33271/crpnmu/57.055>
4. Small, C. C., Cho, S., Hashisho, Z. and Ulrich, A. C. (2015), "Emissions from oil sands tailings ponds: Review of tailings pond parameters and emission estimates", Journal of Petroleum Science and Engineering, no. 127, pp. 490-501.
<https://doi.org/10.1016/j.petrol.2014.11.020>
5. Arroyo, Y. R. R. and Siebe, C. (2007), "Weathering of sulphide minerals and trace element speciation in tailings of various ages in the Guanajuato mining district", Mexico. Catena, no. 71(3), pp. 497-506.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2007.03.014>
6. Bussi re, B. (2007), "Colloquium 2004: Hydrogeotechnical properties of hard rock tailings from metal mines and emerging geoenvironmental disposal approaches", Canadian Geotechnical Journal, no. 44(9), pp. 1019-1052.
<https://doi.org/10.1139/T07-040>
7. Shefferson, R. P., Kull, T. and Tali, K. (2008), "Mycorrhizal interactions of orchids colonizing Estonian mine tailings hills", American Journal of Botany, no. 95(2), pp. 156-164.
<https://doi.org/10.3732/ajb.95.2.156>
8. Engel, J., Mihok, J., Rybar, R. and Tyulenev, M. (2018), "Defining the Main Parameters of Hydro-Dumping at Open Pits", E3S Web of Conferences, Vol. 41, p. 01004. EDP Sciences.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184101004>
9. Steiakakis, E., Kavouridis, K. and Monopolis, D. (2009), "Large scale failure of the external waste dump at the "South Field" lignite mine", Northern Greece. Engineering Geology, no. 104(3-4), pp. 269-279.
<https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.11.008>
10. Sobko B. and Lozhnikov O. (2020), "Substantiation of parameters of technogenic deposit in the internal dump of the quarry during the development of placer deposits", Collection of scientific works of NMU, no. 62, pp. 17-28.
11. Sobko B. and Lozhnikov O. (2019), "Investigation of the input dump tailings influence on the disturbed lands using indexes", Collection of scientific works of NMU, no. 59, pp. 8 - 20.
<https://doi.org/10.33271/crpnmu/59.008>

Про авторів

Ложников Олексій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри відкритих гірничих робіт Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна, oleksii.lozhnikov@gmail.com.

Дичковський Роман Омелянович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри гірничої інженерії та освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна.

About the authors

Lozhnikov Oleksiy Volodymyrovych, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Surface Mining, National Technical University "Dnipro Polytechnic", Dnipro, Ukraine, oleksii.lozhnikov@gmail.com.

Dychkovskiy Roman Emelyanovich, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, Professor of Department of Mining Engineering and Education, National Technical University "Dnipro Polytechnic", , Dnipro, Ukraine.

Аннотация Целью работы является установление эффективных параметров многосекционного техногенного месторождения при размещении пульповидных глин на поверхности внутренних отвалов карьеров при разработке россыпных месторождений. Аналитический метод исследований применялся при установлении основных параметров секций техногенных месторождений в зависимости от их ширины и глубины. Для установления времени простоев между формированием первой и второй секции техногенного месторождения использовался графический метод исследований. Установлено, что разделение техногенного месторождения на пять секций параллельных фронту горных работ, позволят уменьшить срок начала его работы с 8 до 5 лет для мощности 10 м и с 7 до 5 лет при мощности 20 м. Однако, значительным недостатком увеличения количества секций в техногенном месторождении с 2 до 5, является рост объема работ по их сооружению с 0,27 до 1,11 млн м³ при мощности техногенного месторождения 10 м, и с 0,53 до 2,15 млн м³ при мощности 20 м, что подтверждает необходимость обоснования эффективного количества секций в техногенном месторождении и их параметров. Определена зависимость начала работы по заполнению техногенного месторождения от ширины его первой секции, которая позволила установить, что большая ширина секции приведет к задержке начала работы по заполнению, однако слишком малая ширина вызовет простои при переходе от формирования первой ко второй секции. Установлена эффективная ширина первой секции техногенного месторождения, при которой время простоев сокращается с 7 до 5,8 лет, а объем сырья, располагаемый за пределами карьера, уменьшается на 0,1 – 0,5 млн м³ в зависимости от ширины первой секции. Предложена методика определения эффективной ширины первой секции двухсекционного техногенного месторождения, при которой время простоя между заполнением секций отсутствует. Установлено, что ширина первой секции двухсекционного техногенного месторождения при мощности 10 м, для параметров разработки типового карьера по добыче титано-циркониевых руд составляет 241 м.

Ключевые слова: открытая разработка, карьер, секционное техногенное месторождение, дамбы, отвал, попутное сырье

Annotation. Purpose is an establishment of efficient parameters of a multi-section man-made deposit at the pulp clays storage on the surface of internal pit dumps during the development of placer deposits. The analytical research method was used to establish the main parameters of man-made deposits sections depending on their width and depth. A graphical research method was used to establish the downtime duration between formation of the first and second sections of the man-made deposit. It is established that division of the man-made deposit into five sections parallel to the mining front reduces time period till start of its operation from 8 to 5 years for it thickness 10 m and from 7 to 5 years at thickness 20 m. However, a significant disadvantage is the increased number of sections in the man-made deposit from 2 to 5 is an increase in the volume of construction work from 0.27 to 1.11 million m³ at thickness 10 m, and from 0.53 to 2.15 million m³ at thickness 20 m, which confirms the necessity to find an effective number of sections in the man-made deposit and their parameters. The dependence between beginning of the works on filling the man-made deposit and the width of its first section delays start of the filling works, but too small width causes downtime at transiting from the first section to the second one. Efficient width of the man-made deposit first section is established, in which downtime is reduced from 7 years to 5.8 years, and volume of raw materials located outside the pit is reduced by 0.1 - 0.5 million m³ depending on the width of the first section. A method is proposed for determining an effective width of the first section in a two-section man-caused deposit, in which occurs while filling the sections. It is established that effective width of the first section in the two-section man-made deposit with thickness of 10 m and with parameters of a typical pit development at mining of titanium-zirconium deposit is 241 m.

Key words: surface mining, pit, sectional man-caused deposit, dam, dump, associated raw materials

Стаття надійшла до редакції 15.09. 2020

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук К.В. Бабій