

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ ОБВОДНЕНИХ РОЗСИПНИХ РУД З РОЗДІЛЕННЯМ ПОРІД НА ПЛАВУЧІЙ ЗБАГАЧУВАЛЬНІЙ ФАБРИЦІ

Б. Ю. Собко, О. В. Ложніков

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
просп. Д. Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005, Україна.

E-mail: oleksii.lozhnikov@gmail.com

Встановлено основні параметри розробки обводненого родовища при використанні плаваючої збагачувальної фабрики з поділом вмещаючих піщано-глинистих порід. Аналітичний метод досліджень застосовувався при встановленні можливих технологічних рішень з поділу вмещаючих порід при розробці видобувного уступу. Для встановлення ефективності технологічних схем розробки розсіпних родовищ гідромеханізаційним способом за показниками загальної довжини трубопроводів гідротранспорту і обсягу транспортних робіт в кар'єрі використовувався графоаналітичний метод досліджень. Виконані дослідження дозволили встановити, що для умов розробки кар'єру Мотронівського ГЗК, розглянуті технологічні схеми мають приблизно однакові значення за показником загальної довжини трубопроводів гідротранспорту по роках. Також встановлено, що технологічна схема розробки корисних копалин із застосуванням земснарядів і плаваючої збагачувальної фабрики з поділом вмещаючих порід є найбільш ефективною за показником обсягу транспортної роботи.

Ключові слова: відкрита розробка, кар'єр, земснаряд, плаваюча збагачувальна фабрика, вмещаючі породи, гідротранспорт.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ОБВОДНЕННЫХ РОССЫПНЫХ РУД С РАЗДЕЛЕНИЕМ ПОРОД НА ПЛАВУЧЕЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКЕ

Б. Е. Собко, А. В. Ложников

Национальный технический университет «Днепропетровская политехника»
просп. Д. Яворницкого, г. Днепр, 49005, Украина.

E-mail: oleksii.lozhnikov@gmail.com

Установлены основные параметры разработки обводненного месторождения при использовании плавающей обогатительной фабрики с дешламацией руды от песчано-глинистых пород. Аналитический метод исследований применялся при установлении возможных технологических решений для разделения вмещающих пород, находящихся в обводненном добычном уступе. Для установления эффективности технологических схем разработки россыпных месторождений гидромеханизированным способом по показателям общей длины трубопроводов гидротранспорта и объема транспортных работ в карьере использовался графоаналитический метод исследований. Выполненные исследования позволили установить, что для условий разработки карьера Мотроновского ГОКа, рассмотренные технологические схемы имеют приблизительно одинаковую общую длину трубопроводов системы гидротранспорта по годам. Также установлено, что тех-

нологическая схема разработки полезного ископаемого с применением земснарядов и плавучей обогатительной фабрики с разделением вмещающих пород является наиболее эффективной по показателю объема транспортной работы.

Ключевые слова: открытая разработка, карьер, земснаряд, плавучая обогатительная фабрика, вмещающие породы, гидротранспорт.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Попередні дослідження показали, що розробка обводнених розсипних родовищ гідромеханізаційним способом з використанням плаваючої збагачувальної фабрики має ряд переваг [1]. Основною з яких є зменшення обсягу транспортних робіт в кар'єрі при розробці видобувного уступу. При цьому ефективність технологічної схеми підвищується під час посування фронту гірничих робіт кар'єра, через зменшення об'ємів транспортної роботи при переміщенні руди від забою до стаціонарної збагачувальної фабрики [2].

Зменшення обсягу транспортної роботи досягається за рахунок відділення важкої фракції мінералів від корисної копалини безпосередньо в кар'єрі. Це призводить до зменшення обсягу гірської маси, що транспортується на збагачувальну фабрику, яка знаходиться на поверхні кар'єру.

Після відділення важкої фракції мінералів з руди, вмещаюча піщано-глиниста порода транспортується трубопроводом на хвостосховище, яке розташоване на поверхні внутрішнього відвалу на безпечній відстані від фронту гірничих робіт.

Недоліком даної технологічної схеми є необхідність формування хвостосховища, яка пов'язана з фізико-механічними властивостями вмещаючих порід [3]. Дані породи представлені піщано-глинистою сумішшю і мають низькі фільтраційні властивості, що не дозволяє формувати з них стійкий укис ярусу внутрішнього відвалу гідромеханічним способом при існуючій технології.

У зв'язку з цим актуальним є розробка технологічних рішень, які дозволять формувати відвал гідромеханічним способом у виробленому просторі кар'єру. Завдяки цьому можна відмовитися від споруди хвостосховища на поверхні внутрішнього відвалу кар'єра. Це також дозволить скоротити обсяг транспортної роботи при розробці кар'єру, а також зменшити час рекультивації земель внутрішнього відвалу.

Аналіз досліджень виконаних в роботі [3] показав, що основною причиною нестійкості вмещаючих порід при формуванні гідровідвалу є наявність глинистих порід, які знижують фільтраційні властивості піску. Рішенням даної проблеми має бути очищення вмещаючих порід від глини з використанням гідромеханізаційного способу розділення. В роботі [4] виконані дослідження присвячені використанню установки з промивки піску. Вона дозволяє відокремлювати частинки глинистих порід від кварцового піску, а її габарити свідчать про те, що вона може бути встановлена на плавучій збагачувальній фабриці (баржі). Дослідження, присвячені формуванню внутрішнього відвалу кар'єра гідромеханізаційним способом проведені в роботі [5]. Після формування нижнього ярусу внутрішнього відвалу з кварцового піску гідромеханізаційним способом на його поверхню можуть складуватися породи верхніх відвальних ярусів. На підставі досліджень виконаних в роботі [6], встановлено, що відокремлена від піску глина в рідкому стані повинна подаватися на гравітаційний згущувач, а після згущення вона складається в породному відвалі, який в подальшому може розроблятися, як техногенне родовище.

При цьому необхідно врахувати, що розміщення піщаної суміші в нижньому ярусі внутрішнього відвалу, а глинистої суміші у техногенному родовищі на борту кар'єра дозволить зменшити обсяг транспортних робіт, а також прискорити процес рекультивації порушених земель, оскільки не потрібно чекати закінчення терміну формування хвостосховища [7].

Визначення ефективності розробки обводненого родовища при використанні плавучої збагачувальної фабрики з поділом вмещаючих порід виконується шляхом вирішення наступних завдань: визначення сумарної довжини системи трубопроводів для кожного року розробки обводненого родовища; встановлення обсягу транспортної роботи при розробці корисних копалин; аналізу загальних показників системи розробки кар'єру при розділенні вмещаючих порід під час дешламації корисної копалини на плаваючій збагачувальній фабриці.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Результати, виконаних раніше досліджень, для гірничо-геологічних умов розробки обводненого кар'єра Мотронівського ГЗК [1] із застосуванням плаваючої фабрики мокрого збагачення, дозволили встановити, що при посуванні фронту гірничих робіт значно скорочується обсяг транспортної роботи за рахунок зменшення відстані переміщення вмещаючих порід. Однак застосування даної технологічної схеми не вирішує питання формування хвостосховища на поверхні внутрішнього відвалу, а також втрати потенційної попутної сировини, якою є глина.

Таким чином, підвищення ефективності роботи кар'єру можливе шляхом поділу піщано-глинистої суміші на плаваючій збагачувальній фабриці, за рахунок істотного скорочення обсягу транспортної роботи при видобутку корисних копалин і відвалоутворення вмещаючих піщаних порід. З урахуванням того, що частка кварцового піску в корисній копалині досягає 80 %, виконання зазначених рішень призведе до суттєвого скорочення обсягу транспортної роботи.

Принципова схема розробки обводненого титано-цирконієвого родовища з поділом вмещаючих порід на плаваючій збагачувальній фабриці та формуванням техногенного родовища глини приведена на рис. 1.

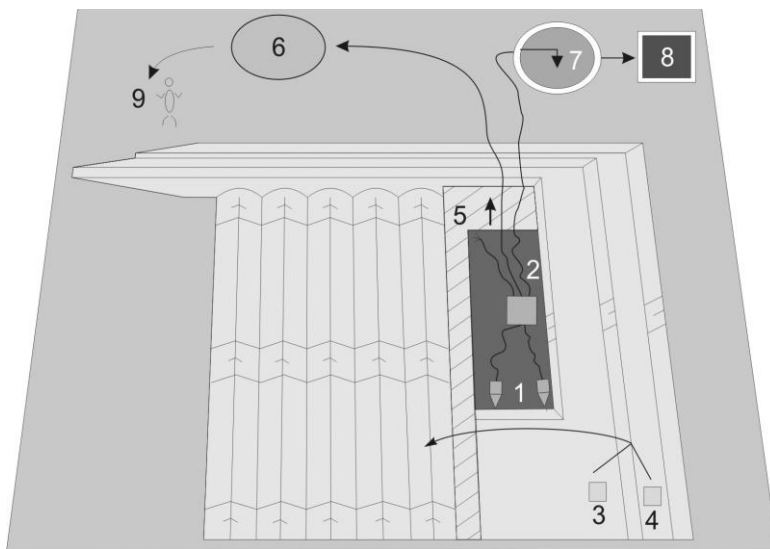


Рисунок 1 – Принципова схема розробки титано-цирконієвих родовищ з поділом вмещаючих порід на плаваючій збагачувальній фабриці: 1 – земснаряди; 2 – плавуча фабрика мокрого збагачення; 3, 4 – розкритві екскаватори; 5 – гідровідвал з піщаних порід; 6 – збагачувальна фабрика (поділ мінералів); 7 – згущувач глини; 8 – техногенне родовище глини; 9 – споживач

Як видно зі схеми (рис. 1), найдовший трубопровід з'єднує плаваючу фабрику мокрого збагачення з фабрикою доводки колективного концентрату, яка знаходиться на борту кар'єра. Його довжина буде такою ж, як і в технологічній схемі, в якій вміщуючі породи валово відокремлюються від руди на плаваючій збагачувальній фабриці після чого вони транспортується в хвостосховище, що знаходиться на поверхні внутрішнього відвалу.

Для встановлення доцільності застосування плаваючої збагачувальної фабрики з поділом вміщуючих порід на кварцовий пісок і глину, необхідно дослідити основні параметри розробки кар'єру, на які відобразиться зазначене технологічне рішення. До них відносяться загальна протяжність трубопроводів і обсяг транспортної роботи в залежності від року розробки кар'єру.

Визначення сумарної довжини системи трубопроводів залежить від року розробки обводненого родовища. Тому основним завданням є виконання порівняльної характеристики даної технологічної схеми з двома альтернативними схемами гідромеханізованого видобутку корисної копалини. У першій схемі корисна копалина видобувається земснарядами і по системі трубопроводів подається на збагачувальну фабрику на борту кар'єра [8], після чого відокремлена вміщуюча порода транспортується в хвостосховище, розташоване у внутрішньому відвалі [9]. У другій схемі корисна копалина відділяється від вміщуючих порід на плаваючій збагачувальній фабриці, після чого важкі мінерали транспортуються на збагачувальну фабрику доводки на борту кар'єра, а вміщуюча порода на хвостосховище, яке розташоване на внутрішньому відвалі.

Визначення довжини транспортування гірської маси для кожної з трьох описаних раніше схем виконується згідно з наступними виразами:

– для першої технологічної схеми

$$\sum_{i=1}^n L_{DH} = \sum_{i=1}^n (L_K + L_{Pi}) + \sum_{i=1}^n (L_O + L_{Pi} - D_T), \text{ м}, \quad (1)$$

де L_K – довжина фронту гірничих робіт кар'єра, м; L_P – загальна величина посування фронту гірничих робіт, м; L_O – довжина відвального фронту, м; D_T – безпечна відстань від фронту гірничих робіт до хвостосховища, розташованого у внутрішньому відвалі, м;

– для другої технологічної схеми

$$\sum_{i=1}^n L_{FH} = \sum_{i=1}^n (L_K + L_{Pi}) + L_K + L_O + D_T, \text{ м}, \quad (2)$$

– для технологічної схеми розробки титано-цирконієвих родовищ з поділом вміщуючих порід на плаваючій збагачувальній фабриці в кар'єрі

$$\sum_{i=1}^n L_{MH} = \sum_{i=1}^n (L_K + L_{Pi}) + (L_K + L_{TH}) + L_{HD}, \text{ м}. \quad (3)$$

де L_{TH} – відстань від борту кар'єру до згущувача глини, м; L_{HD} – довжина трубопроводу для переміщення піщаної маси в гідровідвал кар'єра, м.

Під час виконання досліджень приймалися наступні параметри: довжина фронту гірничих робіт – 1900 м; річне посування фронту гірничих робіт – 147 м;

безпечна відстань від фронту гірничих робіт до хвостосховища у внутрішньому відвалі – 500 м [10]; довжина фронту відвальних робіт – 1800 м; відстань від борту кар'єру до згущувача глини приймалася середньозваженою, з урахуванням посування фронту гірничих робіт і переміщення згущувача – 500 м; довжина трубопроводу для переміщення кварцового піску від плаваючої збагачувальної фабрики до місця розвантаження приймається рівною довжині обводненої частини розрізної траншеї – 600 м.

Результати виконаних досліджень зі встановлення залежності загальної довжини трубопроводів для трьох технологічних схем з гідромеханізаційним видобуванням корисних копалин від року розробки кар'єра для умов Мотронівського ГЗК, наведені на рис. 2.

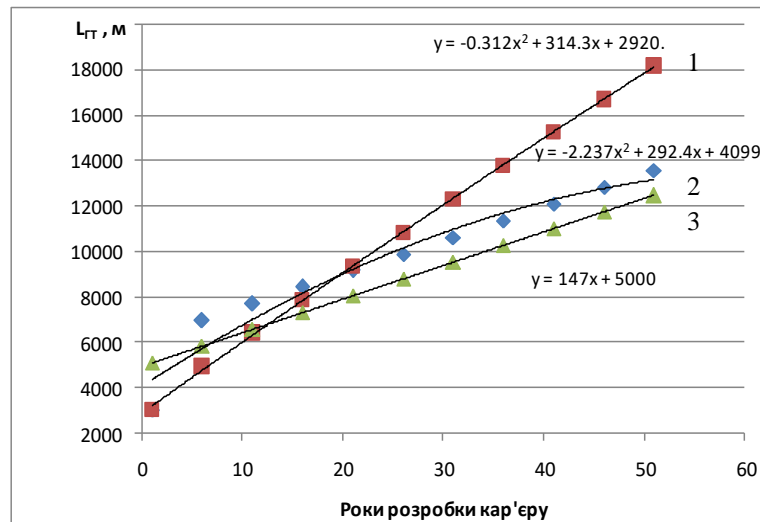


Рисунок 2 – Залежність загальної довжини системи трубопроводів від року розробки обводненого родовища, що розробляється гідромеханізаційним способом, при: 1 – стаціонарній збагачувальній фабриці на борту кар'єра; 2 – плаваючій фабриці з без розподілу вміщаючих порід; 3 – плаваючій фабриці з поділом вміщаючих порід на глину та кварцові піски

Як видно з графіків залежностей (рис. 2), довжина трубопроводів для кожної технологічної схеми збільшується в міру відпрацювання родовища. Це пов'язано зі збільшенням відстані від фронту гірничих робіт до стаціонарної збагачувальної фабрики, розташованої в районі капітальної траншеї. Для першої технологічної схеми за час експлуатації кар'єра, загальна довжина трубопроводів збільшиться в 6 разів з 3 до 18 км. Для другої технологічної схеми, довжина системи трубопроводів зросте в 5,5 рази з 3 до 13,5 км. Для третьої технологічної схеми з поділом вміщаючих порід на глину та кварцові піски, який проводиться на плаваючій збагачувальній фабриці в кар'єрі, довжина трубопроводів збільшиться в 2,5 рази з 5,1 до 12,5 км. Отже, дана схема є найбільш ефективною за показником загальної довжини трубопроводів, що досягається шляхом відмови від формування хвостосховища.

Результати виконаних досліджень зі встановлення залежності довжини трубопроводів для системи гідротранспорту від року розробки родовища підтвер-

джують ефективність третьої технологічної схеми. Однак, як було встановлено у попередніх дослідженнях [1], при здійсненні гідротранспортування показник протяжності трубопроводів не завжди є ефективним при оцінці технологічної схеми. Це пов'язано з тим, що трубопроводом однієї і тієї ж довжини може переміщатися різний обсяг пульпи, що впливає на знос труб і споживання електроенергії насосами, а отже експлуатаційні витрати. Для оцінки ефективності технологічних схем з гідромеханізованим видобутком корисних копалин запропоновано використовувати показник обсягу транспортної роботи.

Даний показник був встановлений у раніше виконаних дослідженнях [1] для першої та другої технологічних схем розробки обводнених родовищ на прикладі кар'єра Мотронівського ГЗК.

Обсяг транспортної роботи для третьої технологічної схеми, в якій виконується розділення вміщаючих порід на глину та кварцові піски на плаваючій збагачувальній фабриці, визначається відповідно до виразу:

$$\sum_{i=1}^n W_{MH} = \sum_{i=1}^n V_M (L_K + L_{Pi}) + V_{CL} (L_K + L_{TH}) + V_{SR} L_{HD}, \text{ м.} \quad (4)$$

де V_M – річний обсяг видобутку титано-цирконієвих мінералів, млн м^3 / рік; V_{CL} – річний обсяг розробки глини у вміщаючих породах, млн м^3 / рік; V_{SR} – річний обсяг розробки піску у вміщаючих породах, млн м^3 / рік.

При виконанні досліджень річний обсяг видобутку титано-цирконієвих мінералів приймався рівним 135 тис. м^3 / рік, річний обсяг розробки глини у вміщаючих породах – 405 тис. м^3 / рік, річний обсяг розробки піску у вміщаючих породах – 2,16 млн м^3 / рік.

Результати розрахунків із визначення залежності обсягу транспортної роботи від року розробки кар'єра для трьох технологічних схем з гідромеханізованим видобутком корисних копалин представлені на рис. 3.

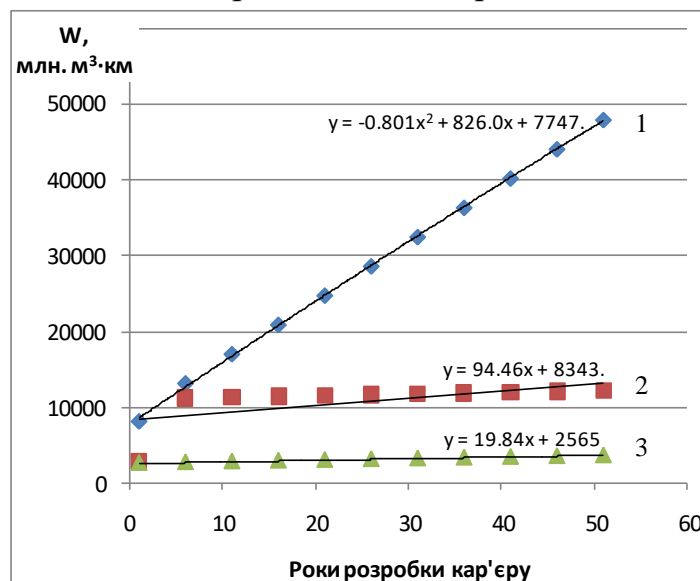


Рисунок 3 – Зміна обсягу транспортної роботи по роках розробки кар'єру Мотронівського ГЗК з використанням збагачувальної фабрики: 1 – стаціонарної; 2 – плаваючої з поділом корисних копалин на важкі мінерали і піщано-глинисту суміш; 3 – плаваючої з поділом вміщаючих порід на глину та кварцовий пісок

Як видно з результатів досліджень (рис. 3), залежність обсягів транспортної роботи від року розробки кар'єру Мотронівського ГЗК для трьох розглянутих схем істотно відрізняються від встановлених раніше залежностей, в яких розглядалася довжина трубопроводів (рис. 2). Це пояснюється тим, що застосування плаваючої збагачувальної фабрики в другій і третій технологічних схемах, дозволяють істотно зменшити обсяг транспортних робіт за рахунок виключення транспортування вміщаючих порід на стаціонарну збагачувальну фабрику. Також зменшується обсяг транспортної роботи при порівнянні другої та третьої схеми, оскільки відсутнє переміщення вміщаючих порід зі збагачувальної фабрики у хвостосховище на внутрішньому відвалі.

Згідно з результатами досліджень (рис. 3), обсяг транспортної роботи, при розподілі вміщаючих порід на плавучій збагачувальній фабриці буде змінюватися від 2,5 до 3,5 млн $m^3 \cdot km$ в залежності від року розробки родовища. Середньозважена величина обсягу транспортної роботи в третій технологічній схемі в 3,7 рази менша ніж у другій, і в 9,3 разів менша ніж в першій.

На підставі виконаних досліджень, а також результатів виконаних раніше робіт [1], встановлено параметри розробки кар'єру при розподілі вміщаючих порід на плаваючій збагачувальній фабриці з подальшим розміщенням їх у внутрішньому гідровідвалі та техногенному родовищі на борту кар'єра (табл. 1).

Таблиця 1 – Загальні показники технологічної схеми розробки кар'єру Мотронівського ГЗК при розподілі вміщаючих порід на плаваючій збагачувальній фабриці

Параметри системи розробки	1 рік розробки родовища		25 рік розробки родовища		50 рік розробки родовища	
	розкривні роботи	видобувні роботи	розкривні роботи	видобувні роботи	розкривні роботи	видобувні роботи
Кількість уступів, од.	5	1	5	1	5	1
Кількість екскаваторів, од.	4/2	–	4/2	–	4/2	–
Кількість автосамоскидів, од.	17	–	17	–	17	–
Кількість земснарядів, од.	–	3	–	3	–	3
Обсяг транспортної роботи, млн $m^3 \cdot km$	–	2,5	–	3,0	–	3,6
Площа зовнішнього хвостосховища, га		0		37		74

ВИСНОВКИ. Результати виконаних досліджень показали, що при відсутності плаваючої збагачувальної фабрики за час експлуатації кар'єра, загальна довжина трубопроводів збільшується в 6 разів з 3 до 18 км. У технологічній схемі з застосуванням плаваючої збагачувальної фабрики та транспортуванні вміщаючих порід в хвостосховище, довжина трубопроводів зростає в 5,5 рази з 3 до

13,5 км. При розподілі вміщають порід на плаваючій збагачувальній фабриці, довжина трубопроводів зростає в 2,5 рази з 5,1 до 12,5 км. Таким чином, третя технологічна схема є найбільш ефективною за показником загальної довжини трубопроводів, однак цей показник наближується до показника другої схеми.

При визначенні ефективності технологічних схем за обсягом транспортної роботи встановлено, що при розподілі вміщаючих порід на плавучій збагачувальній фабриці, він буде змінюватися від 2,5 до 3,5 млн м³ · км в залежності від року розробки родовища. Середньозважена величина обсягу транспортної роботи в третій технологічній схемі в 3,7 рази менша ніж у другій і в 9,3 разів менша ніж в першій. Отже, за показником обсягу транспортної роботи третя технологічна схема з гідромеханізаційним способом розробки обводненого розсипного родовища є найбільш ефективною.

ЛІТЕРАТУРА

1. Собко Б. Ю., Ложніков О. В. Встановлення параметрів розробки обводненого кар'єру при застосуванні плавучої збагачувальної фабрики. *Збірник наукових праць НГУ*. 2019. Вип. 57-5. С. 55–63.
2. Ombiro S. and Komu J. Mineral sand handling: Kwale mineral sand equipment selection. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*. 2016. Vol. 7 № 3. P. 265–280.
3. Собко Б. Ю., Гайдін А. М., Лазніков О. М. Розробка обводнених родовищ титанових руд. Дніпро: Літограф, 2016. 216 с.
4. Радченко С. А. Особенности формирования внутреннего гидроотвала на насыпном основании. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2004. Вип. 7. С. 167–171.
5. Chalov S. R. et al. Formation of the sediment yield in areas of mining of placer deposits. *Geography and Natural Resources*. 2015. Т. 36. №. 2. P. 124–131.
6. Padmalal D., & Maya K. (2014). Sand mining: environmental impacts and selected case studies. *Technology & Engineering*. Springer. 162 p.
7. Sobko B., Drebenstedt C. and Lozhnikov O. Selection of environmentally safe open-pit technology for mining water-bearing deposits. *Mining of Mineral Deposits*. 2017. Т. 11. Vol. 3. P. 70–75.
8. Cronan D. S. Tin Placer Deposits on Continental Shelves. *Handbook of Marine Mineral Deposits*. Routledge. 2017. P. 41–80.
9. Полулях А. Д., Корчевский А. Н., Еремеев, И. В. Складирование жидких отходов углеобогащения в породных отвалах. *Уголь Украины*. 2015. № 6. С. 48–51.
10. Собко Б. Ю., Ложніков О. В. Встановлення параметрів гірничотранспортного комплексу кар'єра при розробці обводнених родовищ з використанням земснарядів. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського: Наукові праці КДПУ ім. М. Остроградського*. 2018. № 6(113). С. 51–58.

**DETERMINATION OF PIT MINING TECHNOLOGY EFFECTIVENESS
BEARING STRATA ROCKS SEPARATION ON FLOATING WET
CONCENTRATOR PLANT**

B. Sobko, O. Lozhnikov

Dnipro University of Technology

prosp. D. Yavornitskogo, 19, Dnipro, 49005, Ukraine.

E-mail: oleksii.lozhnikov@gmail.com

Purpose. The main parameters of flooded placer deposits development with a floating concentrator plant and separation of bearing strata rocks are determined. **Methodology.** Analytical research method was used to establish possible technological solutions for the separation of bearing strata rocks at the mining flooded ore bench. To establish the effectiveness technological schemes for the development placer deposits in a hydromechanized method according to the indicators of the total hydrotransport pipelines length and the volume of haulage work in a pit, a graphic analysis method was used. **Results.** The performed studies allowed to establish that for the mining conditions of the Motronovsky MPP pit, the considered technological schemes have approximately equal values in terms of the total length of hydrotransport pipelines. It has also been established that the technological scheme for the mining mineral by the dredgers and a floating processing plant with separation bearing strata rocks is most efficient in terms of the haulage work volume. Due to ore sand rocks distribution on the floating concentrating factory, the length of the pipelines will increase 2.5 times from 5.1 to 12.5 km and third technological scheme is most effective in terms of the total length of pipelines, but this indicator is closer to the second scheme. **Originality.** It was establishing that floating concentrating plant in the second and third technological schemes can significantly reduce the volume of haulage works by eliminating the replacing bearing strata rocks to the MPP on the pit surface. Carry out researches show that the average weighted amount of transport work in the third technological scheme is 3.7 times less than in the second and 9.3 times less than in the first. It allows to confirm that the third technological scheme with hydromechanization method for the development of flooded deposit is the most efficient. **Practical value.** Proposed technological chart allows to reduce the amount of haulage work when comparing the scheme with floating concentrator plant without bearing strata rocks separation due to absence of bearing strata rocks movement from the processing plant in the tailings storage in the internal dump.

Key words: surface mining, pit, titan, placer deposit, dredge, floating concentrating plant, bearing strata rocks, hydraulic haulage.

REFERENCES

1. Sobko, B. Yu., Lozhnikov, O. V. (2019) Determination flooded pit mining parameters at the implementation floating wet concentrator plant, *Collection of scientific works of the NMU*, no. 57, pp. 55–63.
2. Ombiro, S. and Komu, J. (2016) Mineral sand handling: Kwale mineral sand equipment selection, *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 7(3), pp. 265–280.

3. Sobko, B. Yu., Gaydin, A. M., Laznikov, O. M. (2016) Mining flooded titanium ores deposits, *Dnipro: Lithograph*, 216 p.
4. Radchenko, S. A. (2004). Features formation of the internal hydro dump on the bulk ground. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*, vol. 7, pp. 167–171.
5. Chalov, S. R. et al. (2015) Formation of the sediment yield in areas of mining of placer deposits, *Geography and Natural Resources*, 2015, T. 36, №. 2, pp. 124–131.
6. Padmalal, D. & Maya, K. (2014). Sand mining: environmental impacts and selected case studies, *Springer*, 162 p.
7. Sobko, B., Drebenstedt, C. and Lozhnikov, O. (2017) Selection of environmentally safe open-pit technology for mining water-bearing deposits. *Mining of Mineral Deposits*, T. 11. Vol. 3. P. 70–75.
8. Cronan, D. S. (2017) Tin Placer Deposits on Continental Shelves, *Handbook of Marine Mineral Deposits*, Routledge, 2017, pp. 41–80.
9. Poluliah, A. D., Korchevsky, A. N., Eremeev, I. V. (2015). The storage of liquid waste coal in the waste dumps, *Coal of Ukraine*, vol. 6, 48–51.
10. Sobko, B. U., Lozhnikov, O. V. (2018) Setting parameters of the pit mining haulage complex during the development watered deposits using dredge, *Bulletin of the Kremenchug State Polytechnic University named after. M. Ostrogradskogo: Scientific papers of the KSPU M. Ostrogradsky*, No. 6 (113), P. 51–58.

Стаття надішла 28.05.2019.