

ВСТАНОВЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГІРНИЧОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ КАР'ЄРА ПРИБРОБЦІ ОБВОДНЕНИХ РОДОВИЩ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗЕМСНАРЯДІВ

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 параметри гірничотранспортного комплексу при розробці обводнених розсіпних родовищ з використанням земснарядів. Приведена технологічна схема розробки обводнених розсіпних родовищ з використанням земснарядів на прикладі кар'єра Мотронівського ГЗК. Розроблено методику визначення необхідної кількості земснарядів в залежності від фізико-механічних властивостей розроблюваної гірської маси. Встановлено залежність продуктивності земснаряду від пористості піщано-глинистої суміші, в якій знаходиться титаноцирконієва руда. Виявлено взаємозв'язок між пористістю піщано-глинистої суміші та необхідною кількістю земснарядів при заданій продуктивності кар'єру. Визначено відстань транспортування корисної копалини системою трубопроводів на збагачувальну фабрику і хвостосховище. Наведено порівняльну характеристику ефективності переходу від екскаваторного до гідромеханічного способу розробки корисних копалин. Встановлено основні переваги технологічної схеми розробки титаноцирконієвих пісків із застосуванням гідромеханізації.

Ключові слова: відкрита розробка, обводнені родовища, гідромеханізація, земснаряд

УСТАНОВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА КАРЬЕРА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОБВОДНЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗЕМСНАРЯДОВ

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 параметры горнотранспортного комплекса при разработке обводненных россыпных месторождений с использованием земснарядов. Приведена технологическая схема разработки обводненных россыпных месторождений с использованием земснарядов на примере карьера Мотроновского ГОКа. Разработана методика определения необходимого количества земснарядов в зависимости от физико-механических свойств разрабатываемой горной массы. Установлена зависимость производительности земснаряда от пористости песчано-глинистой смеси, в которой находится титаноциркониевая руда. Выявлена взаимосвязь между пористостью песчано-глинистой смеси и необходимым количеством земснарядов при заданной производительности карьера. Определено расстояние транспортирования полезного ископаемого системой трубопроводов на обогатительную фабрику и хвостохранилище. Приведена сравнительная характеристика эффективности перехода от экскаваторного на гидромеханический способ разработки полезного ископаемого. Установлены основные преимущества технологической схемы разработки титаноциркониевых песков с применением гидромеханизации.

Ключевые слова: открытая разработка, обводненные месторождения, гидромеханизация, земснаряд

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Розробка обводнених розсіпних титаноцирконієвих родовищ супроводжується високою виробничою продуктивністю кар'єру, великими обсягами розкривних робіт і площами порушення земель, тому навіть незначні зміни параметрів системи розробки мають істотний вплив на техніко-економічні показники роботи підприємства [1]. У цьому зв'язку, обґрунтування ефективної технологічної схеми розробки обводнених розсіпних родовищ є важливим техніко-економічним завданням, від правильного вирішення якого залежить надійність роботи гірничого підприємства.

Виконані раніше дослідження [2] дозволили встановити, що однією з можливих технологічних схем розробки обводнених розсіпних родовищ є відпрацювання видобувного уступу крокуючими екскаваторами, а розкривних – гідравлічними, з навантаженням в автомобільний транспорт. Ефективне застосування крокуючих екскаваторів на обводненому видобувному уступі можливо завдяки використанню водопонижуючих свердловин на надрудному уступі кар'єру.

Транспортна система розробки з використанням водопонижуючих свердловин, в умовах експлуатації кар'єра Мотронівського ГЗК, має ряд переваг і недоліків. Останніми є велика довжина системи трубопроводів для функціонування гідравлічного

транспорту і водовідливу при осушенні кар'єру [3], а також необхідність використання коштовних крокуючих екскаваторів при розробці обводненого уступу корисних копалин, який важко піддається осушенню [4]. Це призводить до значного скорочення продуктивності драглайнів і необхідного збільшення їх кількості.

З огляду на недоліки описаної технологічної схеми сформульована *мета роботи*, яка полягає у встановленні параметрів гірничотранспортного комплексу при розробці обводнених розсіпних родовищ з використанням земснарядів. Це дозволить визначити техніко-економічну доцільність переходу від технологічної схеми видобутку корисних копалин драглайнами, з використанням водопонижуючих свердловин, до схеми із застосуванням земснарядів на обводненому видобувних уступі.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Розробка обводнених розсіпних родовищ із застосуванням земснарядів для видобутку корисних копалин має широке поширення в світовій практиці [5]. Це пояснюється тим, що дана технологія дозволяє відмовитися від застосування однокішпових екскаваторів і автомобільного транспорту, системи свердловин для водо пониження, а також водовідливу при розробці видобувного уступу.

Технологія розробки видобувних уступів земснарядом в умовах Мотронівського родовища передбачає, що верхні розкривні уступи кар'єра розробляються одноковшовими гідравлічними екскаваторами прямою лопатою марки САТ-6918, в той час, як розкривний надрудний уступ відпрацьовується крокуючими екскаваторами ЕШ 10/50. При цьому нава-

нтаження всіх розкривних порід здійснюється в автосамоскиди САТ-778 з подальшим транспортуванням і відсіпанням в зовнішні відвали кар'єра. Принципова схема розробки кар'єру Мотронівського ГЗК із застосуванням одноковшових екскаваторів на розкривних уступах і земснарядів на видобувному, наведена на рис. 1.

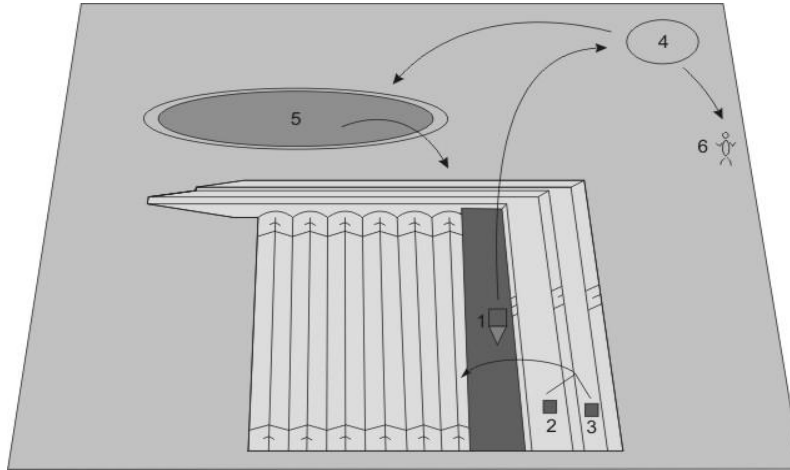


Рисунок 1 – Принципова схема розробки кар'єру Мотронівського ГЗК із застосуванням земснарядів на видобувному уступі: 1 – земснаряд; 2 – драглайн; 3 – гідравлічні екскаватори; 4 – збагачувальна фабрика; 5 – хвостосховище; 6 – споживач

Як видно зі схеми, наведеної на рис. 1, видобуток корисної копалини виконується земснарядом, після чого руда у вигляді пульпи доставляється гідротранспортом на збагачувальну фабрику. Після знешламлювання рудних пісків від піщано-глинистої суміші, відходи збагачення переміщуються на хвостосховище. Надлишки технічної води, що надходить разом з пульпою на збагачувальну фабрику, також відкачують в хвостосховище [6]. Вода з хвостосховища в посушливу пору року подається в систему гідротранспорту для забезпечення роботи земснаряду у вибої. Товарна продукція зі збагачувальної фабрики відвантажується споживачу у вигляді титанових і цирконієвих концентратів.

Завдання вибору ефективної технологічної схеми розробки кар'єру Мотронівського ГЗК вирішується шляхом обґрунтування і порівняння техніко-економічних показників можливих технологічних схем відпрацювання розкривних і видобувних уступів, вибору місця розташування збагачувальної фабрики, а також способу формування хвостосховища.

Виконані раніше дослідження [2] дозволили встановити, що основною схемою розробки верхніх розкривних уступів кар'єра Мотронівського ГЗК є застосування гідравлічних екскаваторів з навантаженням в автомобільний транспорт. Розробка надрудного уступу здійснюється крокуючими екскаваторами із навантаженням в автомобільний транспорт.

Основна відмінність схеми, що розглядається, полягає в застосуванні гідромеханізаційного способу видобутку корисної копалини з подальшим переміщенням її на збагачувальну фабрику гідротранс-

портом [7]. Використання даного способу передбачає установку земснаряда в обводнену нижню частину розрізної траншеї, видобутку корисної копалини і подачі їх у вигляді пульпи на збагачувальну фабрику без застосування водопонижуючих свердловин. Однак, крім переваг, вказана технологія має ряд недоліків, таких як збільшення втрат корисних копалин при видобутку, а також обводнення нижніх уступів кар'єра, яке істотно впливає на можливість формування внутрішнього відвалу [8].

Згідно з результатами виконаних раніше досліджень, присвячених визначенню параметрів транспортної системи розробки [2], для відпрацювання верхніх розкривних уступів кар'єру необхідно проводити виїмку 11,32 млн м³ розкривних порід на рік при виробничій потужності кар'єра Мотронівського ГЗК – 2,7 млн м³/рік. Для цього необхідно задіяти 4 екскаватора САТ-6018. При розробці надрудного уступу, річний обсяг розкривних порід складе 3,68 млн м³. Його відпрацювання здійснюється двома крокуючими екскаваторами ЕШ 10/50. Оскільки гідравлічні та крокуючі екскаватори працюють за транспортною системою розробки і мають однакову ємність ківша, для їх обслуговування приймається один тип автосамоскидів САТ-778. Забезпечення виїмки річного обсягу розкривних порід здійснюється 17 автосамоскидами.

Основним завданням досліджень є встановлення кількості земснарядів, необхідних для розробки корисних копалин на кар'єрі. Технологічна схема розробки кар'єру Мотронівського ГЗК із застосуванням екскаваторів на розкривних уступах, і земснарядів на видобувному, наведена на рис. 2.

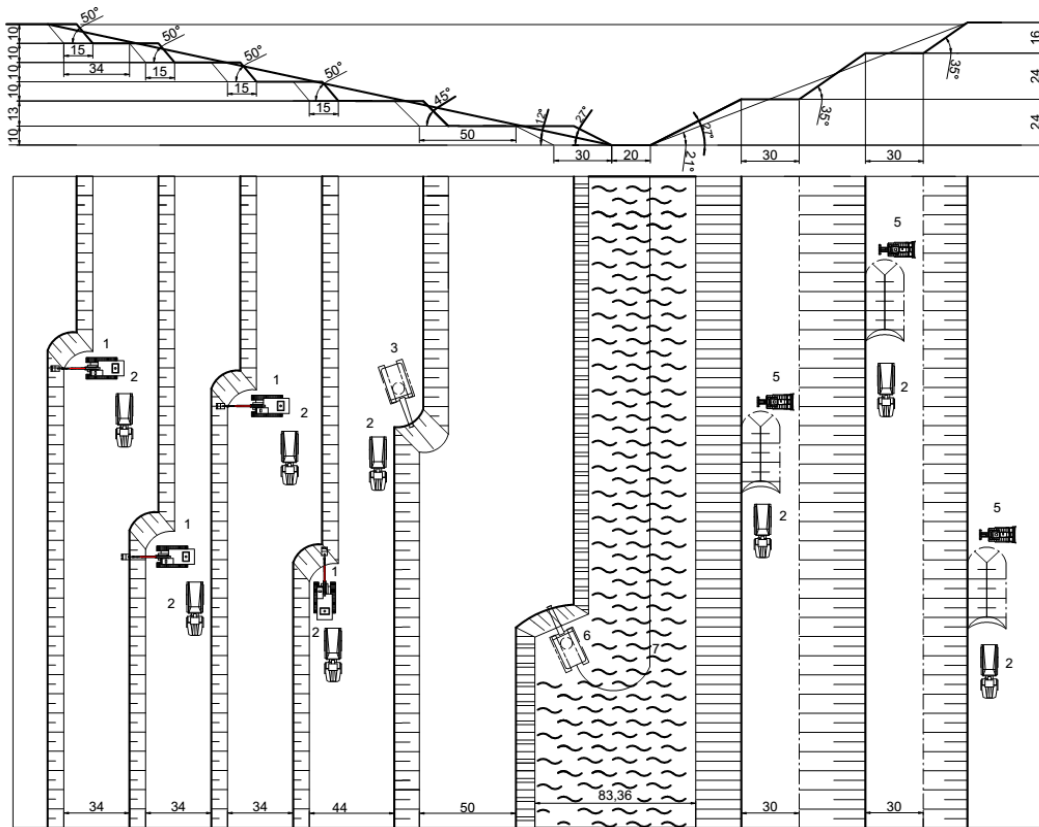


Рисунок 2 – Технологічна схема розробки обводненого родовища із застосуванням земснарядів на видобувному уступі: 1 – гідравлічний екскаватор; 2 – автосамоскид; 3 – крокуючий екскаватор; 5 – бульдозер; 6 – земснаряд; 7 – пульпопровід

При визначенні параметрів роботи земснарядів проаналізовано світовий досвід їх застосування, який підтверджує, що використання земснарядів для розробки розсіпних обводнених родовищ має високу ефективність. В основному земснаряди використовують для видобутку корисних копалин, які знаходяться в пісках під водою, після чого їх подають на збагачувальну фабрику. В процесі вилучення цінних мінералів, промиту породу на збагачувальній фабриці у вигляді піщано-глинистої суміші розміщують у зовнішньому хвостосховищі.

Залежно від фізико-механічних властивостей цих порід, а також гірничо-геологічних умов залягання родовища, хвостосховища можуть формуватися як у виробленому просторі кар'єру, так і за його межами.

Завдання з визначення необхідної кількості земснарядів ускладнюється тим, що корисна копалина знаходиться в піщано-глинистій суміші, співвідношення складових в якій істотно впливає на продуктивність земснаряда.

Як відомо з роботи [9], продуктивність земснарядів залежить від пористості гірських порід, оскільки вона, в свою чергу, безпосередньо впливає на обсяг води в гідросуміші. Чим більше пористість ґрунту, тим більше необхідно води для його розробки. З цього випливає, що один і той же земснаряд при розробці порід з різною пористістю буде мати різну продуктивність по ґрунту, проте продуктивність земснаряда по гідросуміші зміниться несуттєво.

Під час встановлення необхідної кількості земснарядів для розробки корисних копалин в умовах кар'єру Мотронівського ГЗК виконано аналіз існуючих методик розрахунку параметрів роботи землесосного обладнання, які враховують пористість і щільність ґрунту, а також витрата води при його видобутку [10]. На підставі виконаного аналізу існуючих методик, встановлені параметри, що впливають на продуктивність земснарядів.

Слід зазначити, що вибір земснаряда здійснюється відповідно до річної продуктивності кар'єра. Під час виконання розрахунку необхідної кількості земснарядів, прийнята марка ЗМД-200-50л з годинною подачею ґрунтового насоса по воді $2000 \text{ м}^3 / \text{год}$.

Визначення продуктивності земснаряда з гірничої маси виконується з урахуванням щільності гідросуміші та змісту води в пульпі, які безпосередньо залежить від пористості породи. Визначення кількості земснарядів для розробки титано-цирконієвих руд, виконується згідно з розробленою методикою наведеною нижче.

1. Визначення необхідної кількості земснарядів для забезпечення виробничої потужності кар'єру:

$$N_{3C} = \frac{Q_{\text{ч}}}{Q_{\text{т.3C}}}, \quad \text{од.}, \quad (1)$$

де $Q_{\text{ч}}$ – годинна продуктивність кар'єра по ґрунту, $\text{м}^3/\text{год}$; $Q_{\text{т.3C}}$ – технічна продуктивність земснаряда по ґрунту, $\text{м}^3/\text{год}$.

2. Визначення годинної продуктивності кар'єра по ґрунту:

$$Q_{\text{г}} = \frac{Q_{\text{к}}}{N \cdot n_{\text{см}} \cdot t}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (2)$$

де $Q_{\text{к}}$ – виробнича потужність кар'єру, м^3 ; N – кількість робочих днів у рік; $n_{\text{см}}$ – кількість робочих змін на добу; t – тривалість зміни, ч.

3. Розрахунок технічної продуктивності земснаряда по ґрунту:

$$Q_{\text{т.зс}} = Q_{\text{зс.гп}} \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{мз}} \cdot K_{\text{з}} \cdot K_{\text{лс}}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (3)$$

де $Q_{\text{зс.гп}}$ – теоретична продуктивність земснаряда по ґрунту, $\text{м}^3/\text{год.}$; $K_{\text{см}}$ – коефіцієнт використання внутрішньо змінного часу в залежності від способу укладання ґрунту та виду насипу; $K_{\text{мз}}$ – коефіцієнт, що враховує міжзмінні, добові та інші простой; $K_{\text{з}}$ – коефіцієнт, що враховує засміченість ґрунту; $K_{\text{лс}}$ – коефіцієнт, що враховує роботу земснаряду спільно з перекачувальними станціями.

4. Розрахунок теоретичної продуктивності земснаряда по ґрунту:

$$Q_{\text{зс.гп}} = \frac{Q_{\text{зс.г}}}{1 - m_{\text{пг}} + q_{\text{пг}}}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (4)$$

де $Q_{\text{зс.г}}$ – продуктивність земснаряда по гідросуміші, $\text{м}^3/\text{год.}$; $m_{\text{пг}}$ – пористість піщано-глинистої суміші, питом.од.; $q_{\text{пг}}$ – витрата води при видобутку піщано-глинистої суміші, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

5. Визначення годинної продуктивності земснаряда по гідросуміші виконується відповідно до показників подачі ґрунтового насоса по воді, а також щільністю води і гідросуміші:

$$Q_{\text{зс.г}} = \frac{Q_{\text{в}} \cdot \gamma_{\text{в}}}{\gamma_{\text{г}}}, \text{ т/м}^3, \quad (5)$$

де $Q_{\text{в}}$ – подача ґрунтового насоса по воді, $\text{м}^3/\text{год.}$; $\gamma_{\text{в}}$ – щільність води, т/м^3 ; $\gamma_{\text{г}}$ – щільність гідросуміші, т/м^3 .

6. При визначенні щільності гідросуміші, важливими показниками є пористість і щільність піщано-глинистої суміші:

$$\gamma_{\text{г}} = \frac{q_{\text{пг}} + \rho_{\text{пг}}(1 - m_{\text{пг}})}{q_{\text{пг}} + (1 - m_{\text{пг}})}, \text{ питом. од.}, \quad (6)$$

де $\rho_{\text{пг}}$ – щільність ґрунту, т/м^3 .

7. Визначення витрати води при роботі земснаряда, яка залежить від категорії розроблюваних ґрунтів. Згідно зі шкалою розподілу ґрунтів по групах при розробці їх землесосами [10], для видобутку піщаних порід потрібно $6,5 \text{ м}^3/\text{м}^3$ води, в той час як для глинистих – $22 \text{ м}^3/\text{м}^3$. При розробці піщано-глинистої суміші визначення питомої витрати води:

$$q_{\text{пг}} = \frac{q_{\text{п}} P_{\text{п}} + q_{\text{г}} P_{\text{г}}}{100}, \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (7)$$

де $q_{\text{п}}$ і $q_{\text{г}}$ – витрата води при розробці піску і глини, відповідно, $\text{м}^3/\text{м}^3$; $P_{\text{п}}$ і $P_{\text{г}}$ – вміст піску і глини в піщано-глинистій суміші, відповідно, %.

8. Визначення щільності ґрунтів, що розробляються земснарядом. Середня щільність пісків складає $1,6 \text{ т/м}^3$, в той час як глини – $1,8 \text{ т/м}^3$. Для визначення щільності піщано-глинистої суміші скористаємося виразом:

$$\rho_{\text{пг}} = \frac{\rho_{\text{п}} P_{\text{п}} + \rho_{\text{г}} P_{\text{г}}}{100}, \text{ т/м}^3, \quad (8)$$

де $\rho_{\text{п}}$ і $\rho_{\text{г}}$ – щільність піску і глини, відповідно, т/м^3 .

9. Визначення пористості піщано-глинистої суміші. Оскільки пористість піску і глини істотно відрізняються, для кожної окремої суміші виконується розрахунок. Так, середня пористість піску складає $0,3$ питом.од., в той час як глини – $0,78$ питом.од. Для визначення середньої пористості піщано-глинистої суміші використовується вираз:

$$m_{\text{пг}} = \frac{m_{\text{п}} P_{\text{п}} + m_{\text{г}} P_{\text{г}}}{100}, \text{ т/м}^3, \quad (9)$$

де $m_{\text{п}}$ і $m_{\text{г}}$ – пористість піску і глини, відповідно, питом.од.

З урахуванням наведених вище рівнянь, визначення необхідної кількості земснарядів для розробки піщано-глинистої суміші можна виразити наступною формулою:

$$N_{\text{зс}} = \frac{Q_{\text{к}} \cdot \gamma_{\text{г}} (1 - m_{\text{пг}} + q_{\text{пг}})}{Q_{\text{в}} \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot N \cdot n_{\text{см}} \cdot t \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{мз}} \cdot K_{\text{з}} \cdot K_{\text{лс}}}, \text{ од.} \quad (10)$$

При використанні за пропонованої методики розрахунку кількості земснарядів було встановлено, що в умовах розробки кар'єру Мотронівського ГЗК деякі параметри є постійними. Так, для забезпечення виробничої потужності кар'єру в обсязі $2,7$ млн м^3 руди, годинна продуктивність кар'єра по ґрунту складе $375 \text{ м}^3/\text{год.}$ Слід зазначити, що до постійних значень також відносяться подача ґрунтового насоса по воді $2000 \text{ м}^3/\text{год.}$ і коефіцієнти $K_{\text{см}}$, $K_{\text{мз}}$, $K_{\text{з}}$ і $K_{\text{лс}}$, які прийняті в розрахунках рівними $0,9$.

Оскільки основним завданням досліджень було встановлення впливу пористості ґрунту на продуктивність земснаряда, під час досліджень розглядалася піщано-глиниста суміш з діапазоном пористості від $0,3$, при мінімальному наявності глини, до $0,8$ питомих одиниць, при мінімальній наявності піску.

Встановлено, що при зміні пористості піщано-глинистої суміші з $0,3$ до $0,78$ питом.од. питома витрата води збільшується пропорційно з 6 до $22 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Така зміна питомої витрати води має суттєвий вплив на продуктивність земснаряда і їх кількість для відпрацювання однакового обсягу ґрунту з різною пористістю.

Результати розрахунків визначення продуктивності земснарядів по гідросуміші, теоретичної та технічної продуктивності по ґрунту, а також їх необхідну кількість для видобування $2,7$ млн м^3 піщано-глинистої суміші, в якій знаходиться титаноцирконієва руда, наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Продуктивність земснаряда ЗМД-200-50л при розробці рудних пісків кар'єру Мотронівського ГЗК

Пористість породи, питом. од.	Питома витрата води, м ³ /м ³	Щільність ґрунту, т/м ³	Щільність гідросуміші, т/м ³	Продуктивність земснаряда по гідросуміші, м ³ /ч	Теор. продукт. земснаряда по ґрунту, м ³ /год.	Технічна. продукт. земснаряда по ґрунту, м ³ /т	Кількість земснарядів, од.
0,30	6	1,600	1,063	1882,02	280,90	184,30	3
0,36	8	1,625	1,046	1911,50	221,24	145,15	3
0,42	10	1,650	1,036	1931,19	182,53	119,76	4
0,48	12	1,675	1,028	1945,46	155,39	101,95	4
0,54	14	1,700	1,022	1956,43	135,30	88,77	5
0,60	16	1,725	1,018	1965,25	119,83	78,62	5
0,66	18	1,750	1,014	1972,57	107,56	70,57	6
0,72	20	1,775	1,011	1978,83	97,58	64,02	6
0,78	22	1,800	1,008	1984,28	89,30	58,59	7

На підставі результатів розрахунків, наведених в табл. 1, побудовані графіки впливу пористості піщано-глинистої суміші на технічну продуктивність земснаряда і їх необхідну кількість (рис. 3).

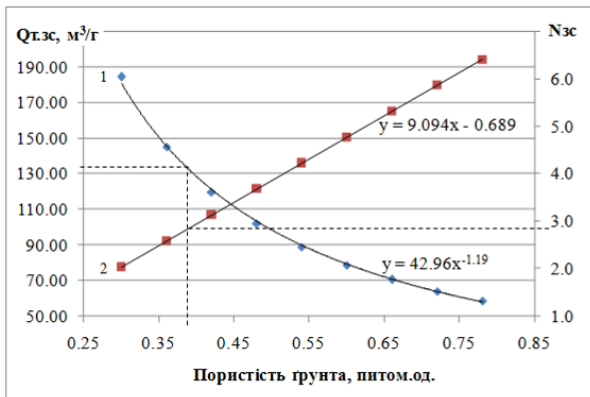


Рисунок 3 – Вплив пористості піщано-глинистої суміші на продуктивність земснаряда ЗМД-200-50л в умовах розробки кар'єру Мотронівського ГЗК (виробнича потужність кар'єра – 2,7 млн м³):

- 1 – продуктивність земснаряда;
2 – необхідна кількість земснарядів

Результати досліджень, наведені на графіках (рис. 3), дозволяють встановити, що в умовах розробки кар'єру Мотронівського ГЗК при зміні пористості піщано-глинистої суміші в 2,7 рази з 0,3 до 0,8 питом. од., технічна продуктивність земснаряда знизиться в 3,2 рази з 184 до 59 м³/год., в той час як необхідна кількість видобувних земснарядів збільшиться в 3,5 рази з 2 до 7 од.

Відомо, що при видобутку корисних копалин на кар'єрі Мотронівського ГЗК, середнє співвідношення руда:пісок:глина на видобувному уступі становить 5:80:15. Згідно із виразом (9), встановлено, що при добуванні корисних копалин, середній показник пористості піщано-глинистої суміші складе 0,38 питом.од. Як видно з графіка (рис. 3), для забезпечення виробничої потужності кар'єру потрібно 3 земснаряда ЗМД-200-50л. Однак слід зазначити, що на ділянках кар'єра, де частина глини в пропорції піщано-глинистої суміші перевищує 15%, необхідне залучення додаткових земснарядів.

При розробці кар'єру Мотронівського ГЗК із застосуванням земснарядів на видобувному уступі, виникає необхідність встановлення довжини трубопроводів при роботі гідротранспорту, який використовується для доставки корисної копалини на збагачувальну фабрику, а хвостів збагачення на хвостосховище відповідно до схеми, представленої на рис. 1.

Також необхідно встановити довжину трубопроводів, що забезпечують доставку технічної води з хвостосховища до розподільної системи гідротранспорту, з метою її подальшого використання в оборотному циклі. Отже, система трубопроводів буде складатися з трьох ліній, одна з яких має постійну довжину.

Для визначення загальної протяжності гідротранспорту використовувалася методика, наведена в роботі [2]. Дана методика застосовувалася для визначення довжини гідротранспорту при технологічній схемі видобутку рудного пласта драглайном з подальшим розмиванням і транспортуванням на збагачувальну фабрику на борту кар'єра.

Загальна протяжність трьох ліній трубопроводу при використанні земснарядів на видобувному уступі визначається відповідно до виразу:

$$\sum_{i=1}^n L = \sum_{i=1}^n L_1 + \sum_{i=1}^n L_2 + \sum_{i=1}^n L_3, \quad (11)$$

де i – рік розробки; n – термін служби кар'єра, років; L_1 – довжина трубопроводу від забою кар'єра до збагачувальної фабрики, м; L_2 – довжина трубопроводів від збагачувальної фабрики до хвостосховища, м; L_3 – довжина трубопроводів від хвостосховища до розподільної системи гідротранспорту, м.

Довжина першої лінії трубопроводів L_1 буде постійно збільшуватися в міру посування фронту гірничих робіт. Це пояснюється тим, що збагачувальна фабрика має стаціонарне положення в районі капітальної траншеї, а фронт гірничих робіт буде постійно віддалятися. Оскільки земснаряди переміщуються по всій довжині фронту гірничих робіт, довжина трубопроводу, що знаходиться в розрізній траншеї, складе 2 км. Довжина трубопроводу, що знаходиться в капітальній траншеї складе 0,3 км в початковий період розробки і 5,3 при завершенні гірничих робіт. Довжина трубопроводу на поверхні

кар'єру до збагачувальної фабрики складе 0,5 км. Отже, на початковому етапі розробки родовища довжина першої лінії трубопроводів складе 2800 м, в той час як при завершенні роботи кар'єра – 7800 м.

Довжина трубопроводу від збагачувальної фабрики до хвостосховища, параметри якого будуть аналогічними, як при видобутку корисної копалини драглайнами, змінюється в міру відпрацювання родовища і збільшення площі хвостосховища. Виконані розрахунки у роботі [2] дозволили встановити, що на початковому етапі розробки родовища їх довжина складе 0,7 км, а на етапі доопрацювання кар'єра – 0,9 км.

Таблиця 2 – Загальні показники транспортної системи розробки кар'єра Мотронівського ГЗК із застосуванням земснарядів на видобувному уступі

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
Вид виймально-навантажувального обладнання, $E_k = 10 \text{ м}^3$	САТ-6018/ЕШ-10/50	–	САТ-6018, ЕШ-10/50	–	САТ-6018, ЕШ-10/50	–
Кількість екскаваторів, од.	4/2	–	4/2	–	4/2	–
Тип автосамоскидів, 50 т	САТ-778	–	САТ-778	–	САТ-778	–
Кількість автосамоскидів, од.	17	–	17	–	17	–
Кількість земснарядів, од.	–	3	–	3	–	3
Протяжність гідротранспорту, км:		4,0		6,6		9,2
– від вибою до ЗФ*;	–	2,8	–	5,3	–	7,8
– від ЗФ* до ХХ*;	–	0,7	–	0,8	–	0,9
– від ХХ* до РГ*	–	0,5	–	0,5	–	0,5
Площа хвостосховища, га		0		37		74

*ЗФ – збагачувальна фабрика; *ХХ – хвостосховище; *РГ – розподільний вузол системи гідротранспорту

Аналіз результатів розрахунків кількості одиниць гірничотранспортного устаткування для технологічної схеми розробки кар'єру Мотронівського ГЗК (табл. 2) з використанням земснарядів, дозволяє порівняти дану схему зі схемою, в якій видобувний уступ розробляється драглайнами. Використання, розглянутої схеми дозволяє зменшити кількість екскаваторів драглайнів ЕШ-10/50 на три одиниці. Також на 3 одиниці скорочується кількість автосамоскидів САТ-778. Довжина трубопроводів в початковий період розробки родовища зменшиться з 4,8 км до 4 км, а при доопрацюванні кар'єра з 15 до 9,2 км. Зменшення довжини трубопроводів відбувається через відсутність системи осушення кар'єру, до якої входили водопонижуючі свердловини, необхідні для забезпечення сталої роботи крокуючих екскаваторів на видобувних уступах.

ВИСНОВКИ. Виконані дослідження дозволили встановити, що застосування земснарядів, при розробці видобувних уступів обводнених розсипних родовищ, практично не впливає на розробку розкривних уступів гідравлічними екскаваторами. Також встановлено, що для умов кар'єра Мотронівського ГЗК, основним параметром, що впливає на вибір земснаряда, є пористість піщано-глинистої суміші, в якій знаходиться титано-цирконієва руда. При збільшенні пористості піщано-глинистої суміші в 2,7 рази з 0,3 до 0,8 питом.од., продуктивність земснаряда ЗМД-200-50л знижується в 3,2 рази з 184 до

Третя лінія трубопроводу від хвостосховища до розподільного вузла гідротранспорту матиме постійну довжину протягом всього терміну експлуатації кар'єра. Це пояснюється тим, що хвостосховище і розподільний вузол гідротранспорту знаходяться в стаціонарному положенні і нарощування трубопроводу не передбачається. Отже, в розрахунках приймається постійне значення величини $L_3 = 500 \text{ м}$.

Результати досліджень з визначення кількості гірничотранспортного устаткування при використанні земснарядів на видобувному уступі кар'єру Мотронівського ГЗК наведені у табл. 2.

59 м³/год. Також встановлено, що заміна крокуючих екскаваторів на земснаряди при видобутку корисних копалин, дозволить зменшити довжину трубопроводів 4,8 до 4 км, на початковому періоді розробки кар'єру, і з 15 до 9,2 км при його доопрацюванні, за рахунок відмови від використання водопонижувальних свердловин.

ЛІТЕРАТУРА

- Лазников А. М., Собко Б. Е., Краснопер В. П. К вопросу выбора рациональных землесберегающих технологических схем разработки россыпных титано-циркониевых руд. Сб. научн. трудов НГУ. 2010, № 35. С. 38–40.
- Собко Б. Е. Совершенствование технологии открытой разработки россыпных титано-циркониевых руд.: Монография. Д.: НГУ. 2008. 167 с.
- Snook G. A. et al. Development of a niobium-doped titania inert anode for titanium electrowinning in molten chloride salts. Faraday discussions. 2016. T. 190. С. 35–52.
- Cronan D. S. Tin Placer Deposits on Continental Shelves. Handbook of Marine Mineral Deposits. Routledge. 2017. Pp. 41–80.
- Chalov S. R. et al. Formation of the sediment yield in areas of mining of placer deposits. Geography and Natural Resources. 2015. T. 36. №. 2. Pp. 124–131.
- Fernández-Lozano J., Gutiérrez-Alonso G., Fernández-Morán M. Á. Using airborne LiDAR sensing

technology and aerial orthoimages to unravel roman water supply systems and gold works. *Journal of Archaeological Science*. 2015. T. 53. Pp. 356–373.

7. Moila A., Chetty D., Ndlovu S. The application of process mineralogy on a tailings sample from a beach placer deposit containing rare earth elements. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2017. T. 117. №. 7. Pp. 615–621.

8. Zha Z. et al. Comparative study of mining methods for reserves beneath end slope in flat surface mines with ultra-thick coal seams. *International Journal of*

Mining Science and Technology. 2017. T. 27. №. 6. Pp. 1065–1071.

9. Yang J., Ni F., Wei C. A BP neural network model for predicting the production of a cutter suction dredger. *3rd International Conference on Material, Mechanical and Manufacturing Engineering*. 2015. Pp. 1221–1226.

10. Ялтанец И. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Гидромеханизованные и подводные горные работы. Litres. 2017. 220 с.

DETERMINATION PARAMETERS OF THE MINING HAULAGE COMPLEX AT THE DEVELOPMENT OF FLOODED PLACER DEPOSITS BY DREDGERS

B. Sobko, O. Lozhnikov

National Technical University "Dnipro Polytechnic"

prosp. D. Yavornitskoho, Dnipro, 49005, Ukraine. E-mail: oleksii.lozhnikov@gmail.com

Purpose. The purpose of the article is to establish the parameters of the mining haulage complex at the development of flooded deposits by dredging, which will determine the technical and economic feasibility of the haulage on technological scheme at the mining minerals using water-reducing wells, to the scheme with the use of dredgers on watered seams. **Methodology.** A method for determining the number of dredgers for the mining titanium-zirconium ores has been developed, which takes into account the definition of the dredger productivity on the rock mass, according to the density of the hydro-mixture and the content of water in the pulp, which directly depends on the porosity of the rocks.

Results. The results of the research allow to establish that in the mining pit of Motronivsky MPP at the changing the porosity of the sandy-clay mixture in 2.7 times from 0,3 to 0,8 relative unit the technical productivity of the dredger will decrease in 3.2 times from 184 to 59 m³/h, while the required amount of extraction dredges will increase in 3.5 times from 2 to 7 units. **Originality.** The dependence of sandy-clay mixture porosity on the dredger productivity has been established. The relationship between the sandy-clay mixture porosity and the required number of dredgers for a required pit output has been revealed. The developed method allows us to establish the required number of dredgers, taking into account the effect of soil porosity on the dredger productivity, since the sand-clay mixture in which the titanium-zirconium ores positioned has a range of porosity from 0,3 to 0,8 relative unit. **Practical value.** The carry out researches allowed establishing that mining minerals in the pit of Motronovsky MPP the average indicator of porosity of the sand-clay mixture is 0.38 relative unit, and for the maintenance of the production capacity of the open-cast mine are required three dredgers ZMD-200-50l. **Conclusions.** It was established that the transition of draglines to dredgers during mining minerals on a flooded placer deposits will allow to decrease the length of pipelines from 4.8 to 4 km, during the initial period of pit mining, and from 15 to 9.2 km before the pit closure, due to refuse of dewatering wells. References 10, tables 2, figures 3.

Key words: open-cast mining, flooded deposits, hydromechanization, dredge

REFERENCES

1. Laznikov, A., Sobko, B., Krasnoper, V. (2010), The choice of rational earth-saving technological schemes for the development of placer titanium-zirconium ores, *Coll. scientific works of NMU*, No. 35, pp. 38 – 40.

2. Sobko, B. (2008), *Sovershenstvovaniye tekhnologii otkrytoy razrabotki rossypnykh titanotsirkoniyevykh rud* [Improving the technology in surface mining of placer titanium-zirconium ores], D., NMU.

3. Snook, G. A. et al. (2016), Development of a niobium-doped titanium inert anode for titanium electro winning in molten chloride salts, *Faraday discussions*, T. 190, pp. 35 – 52.

4. Cronan, D. S. (2017), Tin Placer Deposits on Continental Shelves, *Handbook of Marine Mineral Deposits*, Routledge, 2017, pp. 41 – 80.

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. Fernández-Lozano, J., Gutiérrez-Alonso, G., Fernández-Morán, M.Á. (2015), Using airborne LiDAR sensing technology and aerial orthoimages to unravel

roman water supply systems and gold works, *Journal of Archaeological Scienc*, T. 53, pp. 356 – 373.

7. Moila, A., Chetty, D., Ndlovu, S. (2017), The application of process mineralogy on a tailings sample from a beach placer deposit containing rare earth elements, *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, T. 117, №. 7, pp. 615-621.

8. Zha, Z. et al. (2017), Comparative study of mining methods for reserves beneath end slope in flat surface mines with ultra-thick coal seams, *International Journal of Mining Science and Technology*, T. 27, №. 6, pp. 1065-1071.

9. Yang, J., Ni, F., Wei, C. (2015), A BP neural network model for predicting the production of a cutter suction dredger, *3rd International Conference on Material, Mechanical and Manufacturing Engineering*, pp. 1221-1226.

10. Yaltanes, I. (2017), Technology and complex mechanization of surface mining operations, *Hydromechanized and underwater mining*, Liters, 220 p.

Стаття надійшла 17.10.2018.