

**Findings.** The condition of several inside storing schemes in worked-out deep opencast mines is analyzed and justified.

**The originality** is to justify the parameters of retaining prism forming to ensure stability and mining safety in operating and worked-out opencast mines

**Practical implications.** To ensure safety of overburden discharging in worked-out area of operating and worked-out 500-800 m depth opencast mines using retaining prisms.

**Keywords:** *deep opencast mine, overburden, opencast mine transport, worked-out area, inside dump, retaining prism, land conservation*

УДК 622.271:504.062

© О.В. Ложніков, А.В. Павличенко, М.О. Чебанов

## **СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОГЕННИХ РОДОВИЩ НА ВИБІР ГІРНИЧОВИДОБУВНОГО УСТАТКУВАННЯ**

© O. Lozhnikov, A. Pavlychenko, M. Chebanov

## **INFLUENCE FACTORS SYSTEMIZATION ON MINING EQUIPMENT SELECTION AT THE MAN-CAUSED DEPOSITS DEVELOPMENT**

Стаття присвячена систематизації факторів впливу на вибір гірничовидобувного обладнання при розробці техногенних родовищ. Подано статистичні данні про площі і обсяги потенційних техногенних утворень, придатних для залучення у розробку у якості техногенних родовищ. Наведено найбільш поширене гірничовидобувне обладнання циклічної та поточної дії, придатне для розробки корисних компонентів техногенних родовищ. Запропоновано виділити чотири групи факторів, які впливають на вибір гірничотранспортного обладнання при розробці техногенних родовищ. Розроблено рекомендації щодо доцільності використання певних видів гірничовидобувного устаткування в залежності від походження матеріалів, способу формування, геометрії та фізико-механічних властивостей порід техногенного родовища.

Статья посвящена систематизации факторов влияния на выбор горнодобывающего оборудования при разработке техногенных месторождений. Приведены статистические данные о площадях и объемах потенциальных техногенных образований, пригодных для вовлечения в разработку в качестве техногенных месторождений. Выполнен анализ наиболее распространенного горнодобывающего оборудования циклического и непрерывного действия, которое применяется для разработки полезных компонентов техногенных месторождений. Предложено выделить четыре группы факторов, влияющих на выбор горнотранспортного оборудования при разработке техногенных месторождений. Разработаны рекомендации по целесообразности использования определенного горнодобывающего оборудования в зависимости от

происхождения материалов, способа формирования, геометрии и физико-механических свойств пород техногенного месторождения.

**Актуальність роботи.** На сьогодні в Україні залучено в експлуатацію біля 500 промислових підприємств, які утворюють різноманітні відходи виробництва. За результатом діяльності цих підприємств накопичено близько 25 млрд. т твердів відходів, які займають площу у 150 тис. га раніше родючих земель. Це відвали гірничо-видобувних підприємств, хвостосховища збагачувальних фабрик, шлакозольні відвали паливно-енергетичного комплексу, шлаки і шлами металургійної та хімічної промисловості.

В переважній більшості за кількістю та якістю змісту в них мінеральної сировини, вони придатні для промислового використання, тому їх варто віднести до потенціальних техногенних родовищ корисних копалин, які завдяки науково-технічному прогресу придатні для повторної розробки [1, 2]. Завдяки повторному залученню цих техногенних формувань у розробку є можливість, як отримати прибуток від видобутку, так і покращити екологічний стан навколишнього середовища [3-5]. Тому сьогодні питання розробки техногенних утворень, які можуть перейти у юридичний стан техногенних родовищ доволі актуальне для умов України [6].

У цьому зв'язку постає актуальна науково-практична задача вибору раціонального гірничовидобувного обладнання для відпрацювання техногенних родовищ з урахуванням походження матеріалів, з яких сформовано техногенне родовище, способу у який воно сформоване, його геометрії та розмірів, а також фізико-механічних властивостей порід, які в ньому знаходяться.

**Аналіз шляхів вирішення проблеми.** Питання класифікації техногенних родовищ детально розглядаються у багатьох науково-дослідних роботах наступних вчених: І.Л. Гуменика [7], В.Г. Борисовича [8, 9], К.Н. Трубецького [10, 11], В.В. Шелагурова [12], Л.А. Барского [13], А.Г. Шапара [14] та ін.

Виконаний аналіз існуючих наукових праць дозволив встановити, що на даний час не існує чітко встановленої залежності вибору гірничовидобувного устаткування від параметрів техногенних родовищ [15-17]. Тому, виконаний аналіз запропонованих класифікацій техногенних родовищ дозволив систематизувати ключові групи факторів, встановлення яких необхідне при здійсненні вибору гірничовидобувного устаткування.

Таким чином, виконаний аналіз попередніх науково-дослідних робіт з формування і розробки техногенних родовищ, дозволив виділити основні чотири групи факторів, які впливають на вибір гірничовидобувного устаткування:

- походження матеріалів, з яких сформовано техногенне родовище;
- спосіб у який сформовано техногенне родовище;
- геометрія і розміри техногенного родовища;
- фізико-механічні властивості порід, з яких сформовано техногенне родовище.

**Матеріал і результати досліджень.** Основними технологічними аспектами розробки техногенних родовищ є вибір ефективного гірничовидобувного устаткування та технології відкритої розробки, що забезпечить економічну доцільність повторного залучення відходів раніше переробленої сировини. Для вирішення поставленої задачі, необхідно розробити систематизацію факторів впливу параметрів техногенних родовищ на вибір гірничовидобувного устаткування для відпрацювання техногенних родовищ, яка буде відрізнятися від вибору гірничого устаткування для геогенних родовищ. Різні підходи, що використовуються у зазначених підходах зумовлюються тим, що будова та склад техногенних родовищ мають свої особливі параметри. Тому для вибору гірничовидобувного устаткування необхідно класифікувати родовища за цими параметрами, що в подальшому дозволить розробити методику вибору, яка б їх враховувала.

Перелічені вище групи факторів мають безпосередній вплив на вибір гірничовидобувного устаткування, що може використовуватися при відпрацюванні техногенних родовищ. Для проведення аналізу впливу факторів параметрів техногенного родовища на вибір гірничовидобувного обладнання, розглянуті його основні типи:

- комплекси циклічної дії (екскаватори типу ЕГ, ЕКГ, ЕГО, ЕШ; грейфери, навантажувачі та скрепери);

- комплекси поточної дії (роторні екскаватори, цепні екскаватори, фрезерні комбайни, драги та земснаряди).

Під час виконання аналізу технологічна продуктивність обладнання не враховувалась, а основним критерієм вибору була можливість гірничовидобувного устаткування працювати відповідно до умов формування і фізико-механічних властивостей матеріалів, з яких сформовано різні види техногенних родовищ [15-17].

Кожна з чотирьох груп була проаналізована за впливом на вибір гірничовидобувного устаткування при відпрацюванні техногенних родовищ корисних копалин.

**Перша група**, до якої входять фактори обумовлені походженням матеріалів у техногенному родовищі залежить від його складу і умовно поділяється на п'ять основних класів. Критерієм поділу є види промисловості, з відходів яких формують техногенні родовища.

За видами походження, техногенні родовища поділяються на сформовані з відходів металургії, паливної енергетики та паливної промисловості, хімічної промисловості, гірничовидобувної промисловості, виробництва будівельних матеріалів. Кожний клас поділяється на підкласи, які обумовлені видами корисних компонентів.

Доменні, феросплавні і сталеплавильні шлаки являють собою продукти високотемпературного плавлення залізної руди та пустої породи, також флюсів і палива. Вони дуже міцні та важко подрібнювані, тому основне обладнання яке

можливе застосувати для їх розробки, повинно мати високий тиск робочого органу на породу, це екскаватори ЕГ, ЕГО, ЕКГ та фрезерний комбайн. При умові коли відходи добре розрихлені можливе застосування грейферів та навантажувачів.

Шлаки які утворюються при плавлі руд кольорових металів аналогічно до шлаків від залізної руди можуть розроблятися таким самим гірничовидобувним обладнанням, окрім фрезерного комбайну, оскільки вони більш розпушені та мають невисокий вміст металу.

Відходи, які утворюються після збагачення руд наминаються у хвостосховища. Якщо хвостосховища обводненні, для розробки доречно використовувати драги та земснаряди. Але при осушеному родовищі можливе використання всіх видів гірничого обладнання окрім фрезерного комбайну, тому що найбільшої продуктивності комбайн досягає у міцних породах.

Для розробки техногенних родовищ з нефелінових шлаків можливе застосування всіх видів гірничовидобувного обладнання, окрім драг та земснарядів, оскільки ці родовища є насипними та необводненими. Розробка хвостосховищ, які складаються із зол паливної промисловості, можлива устаткуванням, яке застосовується при розробці відходів збагачення руд, але застосування великих роторних та цепних комплексів можливе лише при повному осушенні родовища.

Шлаки паливної промисловості більш розрихлені та не мають у своєму складі важких металів тому на відміну від шлаків металургії, можливе використання екскаваторів ЕШ. Золошлакові суміші утворюються при сумісному вилученні золи та шлаку із ТЕС. Вони представляють собою суху роздрібнену фракцію, яку неможливо розробляти фрезерними комбайнами, драгами та земснарядями.

Терикони, які складаються із шахтних порід, можуть розроблятися екскаваторами ЕГ, ЕГО, ЕКГ та навантажувачами. В окремих випадках при достатньому розпушенні порід можливе застосування драглайнів та грейферів, та навики при цементації порід є можливість використання фрезерного комбайну.

Відходи вуглезбагачення утворюються при збагаченні вугілля для коксування, вони являють собою суміш осадових порід та часток вугілля. За крупністю відходи збагачення мають розмір від 200 до 0,5 мм, тому можливе застосування всіх видів гірничого устаткування окрім фрезерного комбайну, драги, та земснарядів.

Солевмісті та гідрооксидні шлами і супутні продукти хімічної промисловості за фізичним станом схожі з відходами вуглезбагачення, тому для розробки родовища використовується такі ж види гірничовидобувного устаткування.

Фосфорні шлаки являють собою міцну оплавлену масу, яка утворюється при розмішенні її у відвал у рідкому стані під високою температурою. Тому розробка даних родовищ можлива фрезерним комбайном, та екскаваторами ЕГ, ЕГО, ЕКГ, або навантажувачем при попередній підготовці шлаків. Відходи гір-

ничовидобувних підприємств являють собою супутні породи при добуванні корисної копалини, тому вибір гірничого устаткування залежить від їх фізико-механічних властивостей.

Пил, який утворився в процесі виробництва будівельних матеріалів і знаходиться у відвалах, доречно розробляти грейферами та навантажувачами тому що вони мають найбільш закритий ківш, що забезпечить найменшу забрудненість повітря при розробці техногенного формування такого типу. Також при технічному обводненні родовища, можливе використання драг та земснарядів.

Аналіз залежності вибору гірничовидобувного обладнання від складу техногенного родовища наведено табл. 1.

**Фактори другої групи**, що впливають на вибір гірничовидобувного обладнання, як правило, залежать від способу формування техногенного родовища і поділяються на насипні та наливні.

Фактори впливу на вибір гірничовидобувного обладнання, в залежності від способу формування техногенного родовища поділені на дві групи, які в свою чергу підрозділяються на запропоновані класи за геометричною будовою родовища.

Насипні родовища представлені пагорбами і териконами, до яких відносяться:

- терикони вугільних шахт і розрізів;
- відвали рудників і кар'єрів, що складені розсіяними розкривними і вміщувальними породами, а також бідними рудами;
- техногенні розсипи, що утворюються при розробці розсипних родовищ;
- шлакові відвали кольорової та чорної металургії.

Наливні родовища утворюються при заповненні природних і штучних резервуарів у земній поверхні. До них відносяться:

- відходи збагачення руд (шламосховища та хвостосховища гірничозбагачувальних фабрик);
- шламові відвали кольорової та чорної металургії;
- золо- та шлакосховища паливно-енергетичної промисловості;
- шламосховища хімічної промисловості.

Насипні родовища поділяються на три основних класи: конусні, гребінчасті та плоскі. Конусні та гребінчасті родовища обмежені розмірами та висотою, це зумовлено параметрами гірничого устаткування, яким вони були сформовані. Плоскі родовища не обмежені розмірами, але мають ярусність, яка також впливає на вибір гірничовидобувного устаткування.

Фрезерний комбайн та скрепер не можуть розробляти конусні та гребінчасті родовища через їх геометричну будову, а саме відсутність плоскої робочої площадки.

Таблиця 1

## Вплив складу компонентів техногенного родовища на вибір гірничовидобувного устаткування\*

Техногенні родовища (мінерал, види корисних компонентів)	Гірничовидобувне устаткування*											
	ЕГ (пряма лопата)	ЕГО (зворотна лопата)	ЕКГ (пряма мех. лопата)	ЕШ (драглайн)	Грейфер	Навантажувач	Роторний екскаватор	Ланцюговий екскаватор	Скрепер	Фрезерний комбайн	Драга	Земснаряд
<b>Відходи металургії</b>												
Доменні, феросплавні і сталеплавильні шлаки	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-
Шлаки від плавки руд цвітних металів	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Продукти збагачення руд	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Нефелінові шлами	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
<b>Відходи паливної енергетики та паливної промисловості</b>												
Зола	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Паливні шлаки	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-
Золошлакові суміші	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Шахтні породи	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-
Відходи вуглезбагачення	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
<b>Відходи хімічної промисловості</b>												
Залізні, вапняк та гіпс вмішуючі відходи	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-
Соле- та гідроксидні шлами і супутні продукти	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Фосфорні шлаки	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-
<b>Відходи гірничовидобувної промисловості</b>												
Піски	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Супіски	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
Суглинки	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Сланці	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-
Пісковики	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-
Амфіболіти	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Вапняк, доломіт	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-
Гранітні породи	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
Некондиційні руди	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<b>Відходи виробництва будівельних матеріалів</b>												
Пил різного складу	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+
Відсів яки утворюються при подрібненні	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-

\*де ЕГ – екскаватор гідравлічний, ЕГО – екскаватор гідравлічний зворотна лопата, ЕШ – драглайн, ЕКГ – механічна лопата, ГР – грейфер, ПГ – колісний навантажувач, Р – роторний екскаватор, Ц – ланцюговий екскаватор, СК – екрепер, ФК – фрезерний комбайн, Д – драга, З – земснаряд

Екскаратори ЕГ та ЕКГ можуть розробляти низькі та середні за висотою конусні і гребінчасті родовища, так як працюють верхнім черпанням, та розташовуються безпосередньо на земній поверхні. Розробка високих родовищ обмежена технікою безпеки. Застосування ескараторів зі зворотнім черпанням можливе на конусних родовищах невеликої та середньої висоти. Для гребінчастих та високих конусних родовищ застосування ескараторів ЕОГ обмежено неможливістю розташування його на верхній площадці родовища. Грейфер та драглайн, за рахунок технічних параметрів мають можливість розробляти всі класи насипних родовищ.

При розробці практично всіх класів насипних родовищ, за умови відсутності води у їх масиві, є неможливим застосування драги та земснарядів, за виключенням наявності водоймища у безпосередній близькості до об'єкту розробки.

Наливні техногенні родовища за будовою поділяються на п'ять класів, які характеризуються місцем їх розташування: рівнинні, байракові, заплавні, кар'єрні, косогірні. Для кожного класу є два підкласи, які вказують на гідрогеологічний стан родовища, а саме його обводнення.

Породи та матеріали що знаходяться у наливних родовищах мають мілко зернисту розрихлену будову, що не дає можливості застосування фрезерного комбайну.

Наявність початкового обводнення дає змогу розробляти всі п'ять класів наливних родовищ драгами та земснарядами. Окрім застосування земснарядів на осушених косогірних родовищах, за неможливістю їх штучного обводнення.

Доцільне застосування ескараторів ЕГ, ЕГО, ЕКГ, ЕШ та навантажувачів для всіх осушених п'яти класів родовищ, і навпаки при їх обводненні застосування цього гірничовидобувного устаткування досить проблематичне. Окрім грейферів та драглайнів, які можуть розробляти рівнинні та байракові обводненні родовища, за рахунок довгої стріли, та установці їх на сухому ґрунті. Результати досліджень наведено у таблиці 2.

**Третя група**, до якої входять фактори, які враховують геометрією техногенного родовища поділені на два класи наливні та насипні. Кожен з класів поділено на 5 підкласів за площею зайнятого простору: досить малі (до 10 га), малі (від 10 до 50 га), середнього розміру (від 50 до 150), великі (від 150 до 500 га), дуже великі (від 500 до 1000 га). В свою чергу кожен підклас має обмеження за висотою: низькі (до 10 м), середні (10 – 30 м), високі (більш 30 м).

Обмеження з вибору гірничовидобувного устаткування для різних видів геометричних техногенних родовищ, зумовлено їх параметрами. Тому при розробці насипних родовищ використання ескараторів типу ЕГ та ЕКГ можливе при всіх розмірах родовищ. Використання ЕГО не доцільне на великих та дуже великих родовищах з висотою до 70 м і за умови великої потреби у сировині, тому що ескаратор має порівняно невелику продуктивність.

## Вплив способу формування техногенного родовища на вибір гірничовидобувного устаткування

Техногенні родовища (форма за рельєфом)	Гірничовидобувне устаткування											
	ЕГ (пряма лопата)	ЕГО (зворотна лопата)	ЕКГ (мех. лопата)	ЕШ (драглайн)	Грейфер	Навантажувач	Роторний екскаватор	Ланцюговий екскаватор	Скрепер	Фрезерний комбайн	Драга	Земснаряд
<b>Насипні</b>												
<b>Конусні</b>												
- низькі, до 10 м	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
- середні, 10 – 30 м	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
- високі, більше 30 м	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<b>Гребінчасті</b>												
- низькі, до 10 м	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
- середні, 10 – 30 м	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
- високі, більше 30 м	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<b>Плоскі</b>												
- 1 ярус	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
- 2 та більше ярусів	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-
<b>Наливні</b>												
<b>Рівнинні</b>												
- осушене	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
- обводнене	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+
<b>байракові</b>												
- осушене	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
- обводнене	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+
<b>Заплавні</b>												
- осушене	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
- обводнене	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
<b>Кар'єрні</b>												
- осушене	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
- обводнене	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
<b>Косогірні</b>												
- осушене	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-
- обводнене	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-

Екскаватори типу ЕШ мають великий об'єм ковшів, тому не можуть використовуватися на досить малих родовищах з невеликою висотою, та використання його на високих великих та дуже великих родовищах, обмежено глибиною черпання. На досить малих та середніх родовищах можливе використання грейферів, навантажувачів, фрезерних комбайнів та скреперів, що зумовлено їх невеликим об'ємом робочого устаткування, однак великі навантажувачі можуть



застосовуватися на низьких та середніх за висотою родовищах великої площі. Висока продуктивність роторних та цепних екскаваторів є неефективною на досить малих за розмірами родовищах.

При розробці насипних родовищ використання драг та земснарядів неможливе за відсутності обводнення, та навпаки їх застосування в наливних родовищах можливе при всіх геометричних розмірах. З іншого боку, доцільно використовувати екскаватори драглайни, на наливних родовищах, оскільки вони мають низький питомий тиск на ґрунт і можливість працювати у обводнених умовах, що надає можливість їх використання у неповністю осушених родовищах. Аналіз вибору гірничого устаткування за геометрією родовища подано у табл. 3.

У *четвертій групі*, яка враховує вплив фізико-механічних властивостей порід, з яких сформовано техногенне родовище на вибір гірничого устаткування, були прийняті три основних параметри: міцність, абразивність, та вологість порід.

За міцністю породи поділені на чотири класи: слабкі (від 3 МПа до 20 МПа), досить міцні (від 20 МПа до 60 МПа), міцні (від 60 МПа до 100 МПа) та дуже міцні (від 100 МПа до 200 МПа).

Екскаватори типу ЕГ, ЕГО, ЕКГ та навантажувачі застосовуються для розробки порід будь-якої міцності за умови їх попереднього руйнування. Грейфери та драглайни при екскавації порід використовують силу тяжіння, тому їх можливо застосовувати тільки у слабких та досить міцних розпушених породах. Скрепер, драга, земснаряд, роторний і ланцюговий екскаватори можуть розробляти тільки сипучі породи з невеликою міцністю.

Для оцінки критерію, що вказує на абразивність порід, був застосований показник абразивності по методу Л.І. Барона та А.В. Кузнецова. Він вказує на втрату ваги металевого стержня в мг, при його фізичній взаємодії з гірською породою. При виконанні аналізу було сформовано п'ять класів абразивності гірських порід: малоабразивні (до 10 мг), середньоабразивні (10–30 мг), породи підвищеної абразивності (30–65 мг), сильно абразивні (65–90 мг), в вищій ступені абразивні (більше 90 мг).

Результати досліджень показали, що чим більша абразивність породи тим вона міцніше, тому для розробки всіх класів абразивних порід раціонально застосовувати екскаватори типу ЕГ, ЕГО, ЕКГ та навантажувачі. Застосування фрезерного комбайну не можливо тільки у малоабразивних і у дуже абразивних породах за умови їх цементації, бо для ефективного черпання йому необхідно мати супротив гірничої породи. Мало- та середньо абразивні породи можуть розроблятися драглайнами, грейферами, скреперами, роторними та цепними екскаваторами, драгами та земснарядами, завдяки тому що вони мають невелику зернистість.

Таблиця 3

## Вплив розмірів техногенного родовища на вибір гірничовидобувного устаткування

Техногенні родовища	Гірничовидобувне устаткування											
	ЕГ (пряма лопата)	ЕГО (зворотна лопата)	ЕКГ (мех. лопата)	ЕШ (драглайн)	Грейфер	Навантажувач	Роторний екскаватор	Ланцюговий екскаватор	Скрепер	Фрезерний комбайн	Драга	Земснаряд
<b>Насипні</b>												
<b>Досить малі (до 10 га)</b>												
- низькі, до 10м	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-
- середні, 10-30м	+	+	+	++	-	+	-	-	+	+	-	-
<b>Малі (від 10 до 50 га)</b>												
- низькі, до 10м	+	+	+	++	-	+	++	-	+	+	-	-
- середні, 10-30м	+	+	+	+	-	+	++	++	+	+	-	-
- високі, більше 30м	+	++	+	+	-	+	++	++	+	++	-	-
<b>Середні (50 – 150 га)</b>												
- низькі, до 10м	+	+	+	++	-	+	++	++	+	++	-	-
- середні, 10-30м	+	+	+	+	-	+	+	+	+	++	-	-
- високі, від 30- 50м	+	++	+	++	-	+	+	+	+	++	-	-
<b>Великі (від 150 до 500 га)</b>												
- низькі, до 10м	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-
- середні, 10-30м	+	++	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-
- високі, 30-70м	+	-	+	-	-	-	+	++	-	-	-	-
<b>Дуже великі (від 500 до 1000 га)</b>												
- низькі, до 10м	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
- середні, 10-30м	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
- високі, 30-70м	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<b>Наливні</b>												
<b>Досить малі (до 10 га)</b>												
- низькі, до 10м	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+
- середні, 10-30м	++	+	++	+	-	+	-	-	+	-	+	+
<b>Малі (від 10 до 50 га)</b>												
- низькі, до 10м	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+
- середні, 10-30м	++	+	++	+	-	+	++	++	+	-	+	+
- високі, більше 30м	++	-	++	+	-	-	++	-	+	-	+	+
<b>Середні (50 – 150 га)</b>												
- низькі, до 10м	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+
- середні, 10-30м	++	+	++	+	-	+	++	++	+	-	+	+
- високі, від 30- 50м	++	-	++	+	-	-	-	-	-	-	+	+
<b>Великі (від 150 до 500 га)</b>												
- низькі, до 10м	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+
- середні, 10-30м	++	+	++	+	-	-	+	++	-	-	+	+
- високі, 30-70м	++	-	++	++	-	-	-	-	-	-	+	+
<b>Дуже великі (від 500 до 1000 га)</b>												
- низькі, до 10м	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+
- середні, 10-30м	++	+	++	+	-	-	++	++	-	-	+	+
- високі, 30-70м	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	+	+

Останньою фізичною величиною, яка має вплив на вибір гірничовидобувного обладнання є вологість порід. Вона визначається коефіцієнтом фільтрації, який характеризує ступінь проникнення води у гірничі породи. Для класифікації техногенних родовищ за вологістю були визначені чотири класи порід: водотривкі ( $K_f < 0,1$  м/добу), невологоємні ( $K_f$  до 10 м/добу), помірно вологоємні ( $K_f = 10 \div 30$  м/добу), водопроникні ( $K_f > 30$  м/добу).

Екскаватори ЕГО та ЕШ можуть застосовуватися при розробці техногенних родовищ не зважаючи на вологість гірської породи, за рахунок розташування їх на стійкій площадці та можливості екскавації нижнім черпанням. Навпаки екскаватори ЕГ, ЕКГ та навантажувачі за рахунок верхнього черпання, можуть розробляти тільки водотривкі та невологі породи. Скрепери, роторні та цепні екскаватори через техніку безпеки не мають можливості працювати на обводнених родовищах, тому вони можуть використовуватися тільки для розробки водотривких порід. Драги та земснаряди мають можливість розробляти тільки водопроникні породи, за умови їх достатнього обводнення. Результати аналізу зі встановлення впливу фізико-механічних властивостей гірських порід техногенного родовища на вибір гірничого устаткування наведено у таблиці 4.

Виконаний аналіз і систематизація факторів впливу параметрів техногенних родовищ на роботу гірничовидобувного устаткування дозволили встановити чотири основних групи факторів, які містять від трьох до дев'яти підгруп показників. Кожен з цих показників має безпосередній вплив на вибір гірничовидобувного обладнання і може використовуватися при розробці методики вибору гірничовидобувного устаткування для відпрацювання техногенних родовищ.

Таким чином, розроблені методологічні підходи дозволяють збільшити обсяг вилучення корисних компонентів з техногенних родовищ для повернення їх в економічну діяльність та зменшення навантаження на навколишнє середовище. Вилучення корисних компонентів з техногенних родовищ дозволить мінімізувати обсяги відходів та площі земель, на яких вони розміщуються, а також зменшити видобування окремих корисних копалин і зберегти їх для майбутніх поколінь.

**Висновки.** Виконані дослідження дозволили систематизувати параметри техногенних родовищ, які впливають на вибір гірничовидобувного обладнання. Запропоновано поділили усі фактори, які впливають на вибір гірничотранспортного обладнання при розробці техногенних родовищ на чотири групи, а саме: походження матеріалів, з яких сформовано техногенне родовище, способу у який воно сформоване, його геометрії та розмірів, а також фізико-механічних властивостей порід, які в ньому знаходяться. Розглянуто можливість застосування дванадцяти видів гірничовидобувної техніки циклічної та безперервної дії, яка може застосовуватися при відпрацюванні різних техногенних родовищ. Запропонована систематизація може бути використана при розробці методики вибору гірничовидобувного устаткування для розробки техногенних родовищ.

Таблиця 4

Вплив фізико-механічних властивостей гірських порід техногенного родовища на вибір гірничого устаткування

Техногенні родовища	Гірничовидобувне устаткування											
	ЕГ (пряма лопата)	ЕГО (зворотна лопата)	ЕКГ (мех. лопата)	ЕШ (лаглайн)	Грейфер	Навантажувач	Роторний екс- каватор	Ланцюговий екскаватор	Скрепер	Фрезерний комбайн	Драга	Земснаряд
<b>Міцність порід</b>												
- від 3 МПа до 20 МПа	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
- від 20 МПа до 60 МПа	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-+	-	-
- від 60 МПа до 100 МПа	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-+	-	-
- від 100 МПа до 200 МПа	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Абразивність порід</b>												
- малоабразивні породи (до 10 мг)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
- середньоабразивні породи (від 10 до 30 мг)	+	+	+	+	+	+	+	-+	+	-+	+	-
- породи підвищеної абразивності (від 30 – 65 мг)	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-
- сильно абразивні породи (від 65 – 90 мг)	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-
- в вищій ступені абразивні (більш 90 мг)	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<b>Вологість порід</b>												
- водотривкі ( $K_f < 0,1$ м/добу)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
- невологоємні ( $K_f$ до 10 м/добу)	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
- помірно вологоємні ( $K_f = 10 \div 30$ м/добу),	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-
- водопроникні ( $K_f > 30$ м/добу)	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+

### Перелік посилань

1. Gumenik, I., Lozhnikov, A. & Maevskiy, A. (2012). Methodological principles of negative opencast mining influence increasing due to steady development. *Geomechanical Processes during Underground Mining: School of Underground Mining*. 45-49.  
<http://dx.doi.org/10.1201/b13157-9>
2. Довгий, С.О., Шестопапов, М.М. & Коржнев, М.М. (2007). Реструктуризація мінерально-сировинної бази України та її інформаційне забезпечення. *Наукова думка*, 347.
3. Pavlychenko, A., Buchavyu, Y., Fedotov, V. & Rudchenko, A. (2017). Development of methodological approaches to environmental evaluation of the influence of man-made massifs on the environmental objects. *Technology audit and production reserves*, vol 4, № 3(36). 22-26.  
<https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.109243>
4. Вамболь, С. А., Колосков, В. Ю. & Деркач, Ю. Ф. (2017). Оцінювання екологічного стану територій, прилеглих до місць зберігання відходів, на основі критерію екологічного резерву. *Техногенно-екологічна безпека*, 2. 67–72.
5. Колесник, В. Е., Федотов, В. В. & Бучавый Ю. В. (2012). Обобщенный алгоритм диверсификации технологий обращения с породными отвалами угольных шахт. *Научный вестник НГУ*. 4. 138-142.
6. Просандеев, М.І. (2013). Особливості техногенних родовищ та деякі правові аспекти їх експлуатації. *Екологія і природокористування*, 17. 130-134.
7. Гуменик, И.Л., Матвеев, А.С. & Панасенко, А.И. (1988). Классификация техногенных формирований при открытых горных работах. *Изв. вузов. Горный журнал*. 12. 53-54.
8. Борисович, В.Т. & Чайников, В.В. (1991). Геолого-экономическая оценка техногенных месторождений. *Техника геологоразведочных работ*. 138.
9. Чайников, В.В. (1999). Системная оценка техногенных месторождений. *Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений твердых полезных ископаемых*. 75.
10. Трубецкой, К.Н., Уманец, В.Н. & Никитин, Н.Б. (1987). Классификация техногенных месторождений и основные факторы их комплексного освоения. *Комплексное использование минерального сырья*. 12. 18-23.
11. Трубецкой, К.Н., Уманец, В.Н. & Никитин М.Б. (1989). Классификация техногенных месторождений. Основные категории и понятия. *Изв. вузов. Горный журнал*. 12. 6-9.
12. Шелагуров, В.В. (1996). Техногенные месторождения, методы их изучения и оценки. *Отечественная геология*. 12. 34-42.
13. Ласкорин, Б.Н., Барский, Л.А. & Персиц, В.Э. (1984). Безотходная технология минерального сырья. Системный анализ. М.: Недра, 250.
14. Шапарь, А.Г. Вилкул, А.Ю. Копач, П.И. & Якубенко, Л.В. (2012). Формирование и разработка техногенных месторождений железных и марганцевых руд. *Монолит*. 140.
15. Дриженко, А. Ю. (2011). Кар'єрні технологічні гірничотранспортні системи. *Державний ВНЗ «НГУ»*. 542.
16. Собко, Б. Е. (2008). Совершенствование технологии открытой разработки россыпных титанциркониевых руд. *РИК НГУ*. 167.
17. Собко Б.Ю. (2017). Оцінка технологічних і організаційних рішень з ревіталізації техногенних ландшафтів. *Збірник наукових праць НГУ*, 50. 111 – 116.

### ABSTRACT

**Purpose.** The aim of the researches is to establish the factors that influence on the choice of mining equipment for the development of man-caused deposits, depending on their parameters and rocks physical and mechanical properties.

**The methods.** During systematization the factors that influence on the choice of mining equipment for the development of man-caused deposits the methods of analysis and systematization were ap-

plied, and a method of technical analysis was used for develop recommendations on the advisability of using cyclic and continuous mining equipment.

**Findings.** There are four main groups of factors influencing the mining equipment choice for the development of man-caused deposits. These include the origin of the materials in the man-caused deposit were formed, the formation method of the man-caused deposit, its geometry, area, the physical and mechanical properties of the rocks.

**The originality.** The obtained results differ from the existing ones in that systematization takes into account the origin of materials in the man-caused deposit, its geometry and area, the formation method, physical and mechanical properties of the rocks.

**Practical implications.** The obtained results can be applied for the development the selecting mining equipment method for mining man-caused deposits.

**Keywords:** *mining, man-caused deposits, mining equipment, systematization*

УДК 622.235:622.271

© А.А. Скачков, С.О. Жуков

## **КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗВИТОК ТЕХНОЛОГІЇ ПІДРИВАННЯ ПОРІД СВЕРДЛОВИННИМИ ЗАРЯДАМИ З ДИФЕРЕНЦІЙОВАНИМ ЕНЕРГОНАСИЧЕННЯМ МАСИВУ**

© А. Skachkov, S. Zhukov

## **CONSTRUCTION DEVELOPMENT OF DROPPING DRAINING TECHNOLOGIES WITH DIFFERENTIAL CIRCULATION ENERGY MASH**

Проаналізовано основні чинники впливу вибуху на якість подрібнення порід за умов застосування розроблених авторських рішень щодо конструкцій свердловинних зарядів, формування породних оголень, створення додаткових відбиваючих хвилі екранних щілин, а також стійкості вертикальних укосів уступів. Розглянуто руйнування порід зі зміною порядку підривання зарядів у рядах свердловин в напрямі від другого або третього – до першого.

Проанализированы основные факторы влияния взрыва на качество измельчения пород в условиях применения разработанных авторских решений по конструкции скважинных зарядов, формированию породных обнажений, созданию дополнительных отражающих волны экранных щелей, а также устойчивости вертикальных откосов уступов. Рассмотрены разрушения пород с изменением порядка подрывания зарядов в рядах скважин в направлении от второго или третьего – к первому.