

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Філоненко Олександра Володимировича

на тему: «Обґрунтування параметрів закладного масиву кар'єрних пустот на основі металургійних шлаків», яка представлена на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 18 – Виробництво та технології за спеціальністю 184 – Гірництво

Відгук складено на основі вивчення дисертації, опублікованих здобувачем наукових праць, а також документів, що свідчать про реалізацію та впровадження результатів проведених досліджень.

1. Актуальність обраної теми досліджень

Видобуток і переробка корисних копалин нерозривно пов'язані з накопиченням характерних промислових відходів. На долю добувної галузі припадає близько 85%, а на долю переробної промисловості – 10% загального обсягу відходоутворення в Україні, при цьому домінуюча роль належить металевим рудам. Низький рівень вторинної переробки і відсутність ефективної державної політики регулювання поводження з відходами сприяють накопиченню промислових відходів у місцях видалення відходів, що забруднюють навколишнє середовище, формуючи негативну техногенну та екологічну ситуацію.

Світові тенденції розвитку гірничої галузі орієнтовані на мінімізацію техногенного навантаження на навколишнє середовище. Питання створення і широкого впровадження «environment-friendly» технологій знаходиться в центрі уваги вчених різних країн. Закладка відпрацьованих порожнин підземних виробок і кар'єрів відходами видобувної і переробної промисловості є одним з найбільш відомих і розповсюджених технологічних рішень. Напрямок заміни природного масиву штучно створеним з близькими фізико-механічними показниками активно розвивається в останні роки.

Через низьку долю сучасного високотехнологічного обладнання з переробки відходів гірничо-видобувної галузі і недосконалість нормативно-правової бази з поводження з відходами досвіду ефективного впровадження переробки і утилізації відходів, а в першу чергу закладки відпрацьованих порожнин у гірничій практиці України недостатньо. Внаслідок цього щорічне накопичення промислових відходів складає 0,35 – 0,45 млрд т, або 11,25 т на 1 людину, що майже втричі більше ніж в країнах ЄС.

Тому пошук напрямів масштабної утилізації відходів гірничо-добувної і переробної галузей, які відповідають екологічним та економічним нормам є вкрай важливим для країни. Враховуючі світові тренди і вітчизняний досвід, очевидно, що перспективним напрямом утилізації є формування з промислових відходів закладних масивів для вироблених просторів кар'єрів. Таке рішення потребує вирішення низки технологічних і проектних питань. В зв'язку з цим, тема

дисертаційного дослідження, що присвячене обґрунтуванню раціональних параметрів формування закладного масиву у виробленому просторі кар'єру на основі встановлених закономірностей зміни продуктів взаємодії закладних матеріалів із металургійних шлаків з кар'єрною водою і характеру зміни їх фізико-механічних характеристик під впливом механічного ущільнення є вельми актуальною для гірничодобувної промисловості України.

2. Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами і темами

Тема дисертаційної роботи безпосередньо пов'язана з пріоритетним науковими програмами та темами, що виконувались на кафедрі гірничої інженерії та освіти. Робота виконана відповідно до «Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року», затвердженої Верховною Радою України, та плану держбюджетних робіт Міністерства освіти і науки України, зокрема тема ГП-482 «Наукове обґрунтування методологічної, технологічної, екологічної і правової бази вилучення корисних компонентів з техногенних родовищ України» (№ 0116U004619), господарської НДР «Вирішення питань удосконалення переробки та утилізації доменних шлаків, які утворюються у процесі виробничої діяльності ПрАТ «Маріупольській металургійний комбінат імені Ілліча» (№ 2005/1010198). В зазначених наукових темах автор приймав безпосередню участь у дослідженнях і був виконавцем.

Враховуючи вищезазначене, вважаю, що актуальність теми дисертаційного дослідження є важливою для ефективного розвитку різних секторів України.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність та наукова новизна

Вважаю, що наукові положення, що виносяться на захист здобувачем, повною мірою відображають отримані наукові результати, що вказує на їх достатню обґрунтованість.

Наукові положення, що виносяться на захист сформульовані автором наступним чином.

1. При контакті кислих високомінералізованих природних кар'єрних вод із вмістом 33 – 67% сталеплавильних шлаків концентрації забруднюючих речовин змінюються за поліноміальними залежностями від часу їх взаємодії, зменшуючись на 30-ту добу, що усуває небезпеку для водоносного горизонту. При контакті кар'єрних вод з доменними відвальними шлаками спостерігається зростання концентрацій сульфідів та азоту амонійного. Це дозволяє обрати й рекомендувати безпечніший тип металургійного шлаку для донного закладного шару та його потужність.

Перше наукове положення є результатом узагальнення лабораторних експериментів і аналізів продуктів взаємодії доменного відвального та сталеплавильного шлаку з кар'єрною водою, виконаних методом атомно-емісійної спектроскопії. Достатня кількість експериментів і використання адекватних методів

їх обробки і аналізу підтверджують високий ступінь обґрунтованості результатів. Положення в такому вигляді декларується вперше.

2. При компонентному складі основної наповнювальної закладної суміші кар'єрних пустот з доменних відвальних та сталеплавильних шлаків у співвідношенні 70:30 і впливі механічного ущільнення навантаженням 0,12 МПа величина деформацій поверхні сформованого закладного масиву знижується на 28% у порівнянні зі звичайним відсипанням, а лінійна залежність осідань від подальшого навантаження об'єктів поверхні дозволяє проектувати різноспрямоване використання відновленої земельної площі.

Друге наукове положення є результатом комплексних досліджень виконаних за допомогою фізичного моделювання і чисельних експериментів методом кінцевих елементів. Під час виконання фізичних експериментів дотримано основні вимоги теорії подібності. Чисельне моделювання проведено в непружній постановці (модель Друкера-Прагера) з використанням сучасного програмного забезпечення. Постановка експериментів і якість їх проведення дозволяють констатувати їх достатньо високий рівень, що підтверджує достатню обґрунтованість наукового положення. Положення в такому вигляді декларується вперше.

Наукова новизна отриманих результатів

– науково доведена безпечність контакту закладних матеріалів на основі сталеплавильних шлаків з кар'єрною водою, що підтверджується встановленими поліноміальними закономірностями зміни концентрацій і забруднюючих речовин від співвідношення та часу взаємодії;

– встановлено поліноміальні залежності зміни величини усадки закладних матеріалів та їх суміші від прикладеного навантаження та визначено раціональне співвідношення компонентів, при якому покращуються фізико-механічні властивості (щільність, пустотність, усадка);

– виявлено кількісну перевагу величини деформацій поверхні ущільненого закладного масиву над «звичайним відсипанням» закладного матеріалу при дії гравітаційних сил, що складає 28%, а осідання масиву від впливу поверхневих об'єктів лінійно залежить від величини їх навантаження.

Декларація зафіксованих в ході лабораторних експериментів закономірностей зміни концентрацій забруднюючих речовин в часі, які автор апроксимує поліноміальними залежностями, на думку опонента потребують більш детального пояснення. Явище підвищення об'ємної ваги і зменшення пустотності дискретних матеріалів при ущільненні є відомим, проте щодо металургійних шлаків, які виконують роль закладного масиву, в обґрунтованому діапазоні навантажень досліджене вперше. Таким чином, новизна результатів дослідження не викликає сумнівів.

4. Оцінка змісту роботи та повнота викладу положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях

Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків; містить 66 рисунків та 38 таблиць, 4 додатки на 16 сторінках. Основний текст дисертації

становить 174 сторінки, загальний обсяг дисертації – 190 сторінок. Вважаю, що характер змісту дисертаційної роботи відповідає її обраній назві.

Дисертаційну роботу викладено логічно, аргументовано та грамотною технічною мовою. Робота супроводжується значною кількістю пояснювальних рисунків та таблиць, присутністю супровідних матеріалів та додатків, що вказує на її цілісність та завершеність.

Перший розділ присвячено аналізу та узагальненню проблем утилізації металургійних шлаків. Розділ містить аналіз обсягів накопичення промислових відходів в Україні, встановлено, що значну частку відходів складають металургійні шлаки. Проаналізовано їх обсяги та вплив на навколишнє середовище. Автором описані відомі напрями утилізації відходів металургійного виробництва і визначено перспективність їх використання в якості закладних масивів. Проаналізовано основні проблеми утилізації металургійних шлаків Приазовського регіону.

У *другому розділі* автор обґрунтовує місце проведення досліджень. Для закладки обрано вироблений простір Каранського кар'єру (сmt. Мирне). В якості закладного матеріалу обрано шлаки маріупольських металургійних комбінатів (ПрАТ «ММК ім. Ілліча» та ПрАТ «МК «Азовсталь»). Автор коректно використовує існуючі, розробляє та пропонує власні методики досліджень продуктів взаємодії металургійних шлаків з водним середовищем, дослідження фізико-механічних властивостей та параметрів закладного масиву з металургійних шлаків. Таким чином формується науково-методичний інструментарій для досягнення мети та поставлених наукових завдань.

Третій розділ є найбільш значущим в роботі, він містить основні результати досліджень, на основі аналізу яких здобувачем встановлюються нові наукові та практичні результати. Розділ присвячений встановленню закономірностей зміни концентрації хімічних елементів та забруднюючих речовин при взаємодії закладного матеріалу з кар'єрними водами в лабораторних умовах, оцінці водопроникності закладного шару зі сталеплавильних шлаків методом фізичного моделювання, дослідженню фізико-механічних та деформаційних властивостей закладного матеріалу з металургійних шлаків шляхом встановлення компресійних залежностей під час випробувань на пресі, а також чисельне моделювання деформування закладного масиву.

У *четвертому розділі* обґрунтовано параметри технологічної схеми закладки з врахуванням логістики і підготовки закладного матеріалу, а також наведено визначення економічної ефективності утилізації металургійних шлаків запропонованим методом.

У додатках наведено результати хімічного аналізу взаємодії металургійних шлаків з кар'єрною водою та розроблені рекомендації і нормативні документи.

Дисертація викладена грамотною технічною мовою, гірнича термінологія представлена якісною українською мовою і відповідає вимогам МОН щодо оформлення.

Основні результати дисертаційних досліджень опубліковані у 13 наукових працях, з яких 4 – у наукових фахових виданнях, що входять до переліку МОН

України, 1 – у виданнях, що індексуються в наукометричних базах даних Scopus і Web of Science, 1 – у виданні іноземної держави, яка входить до складу ОЕС; 2 – у виданнях, в яких додатково відображено зміст дисертації, 5 – у матеріалах міжнародних закордонних і всеукраїнських конференціях, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації. Участь у міжнародних та всеукраїнських конференціях свідчить про ознайомлення наукової спільноти гірників з отриманими результатами.

5. Значення роботи для науки, практики та суспільства

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей зміни продуктів взаємодії закладних матеріалів з кар'єрною водою і характеру зміни їх фізико-механічних характеристик під впливом механічного ущільнення, що забезпечує безпечність та мінімізацію деформацій при формуванні закладного масиву у виробленому просторі кар'єрів.

Практичне значення отриманих результатів:

– розроблені рекомендації раціональних параметрів формування закладного масиву на основі металургійних шлаків у виробленому просторі гранітного кар'єру;

– запропоновано геомеханічну модель виробленого простору кар'єру, що містить закладний масив, ефективність якої підтверджена обчислювальними експериментами;

– запропоновано склад основної наповнювальної закладної суміші кар'єрних пустот, що складається зі сталеплавильних і доменних шлаків.

Реалізація результатів роботи автора чітко орієнтована на реальні підприємства:

ТУ У 08.1-00191158-002:2020 «Суміші закладні із металургійних шлаків ПрАТ «МК «Азовсталь» та ПрАТ «ММК ім. Ілліча» для технічної рекультивації техногенно порушених земель»;

рекомендації з технології закладання та рекультивації виробленого простору кар'єру №2 ДПП «Каранський кар'єр» металургійними шлаками ПрАТ «ММК ім. Ілліча».

Це підкреслює значення роботи для суспільства.

6. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

В результаті вивчення дисертаційного дослідження порушень академічної доброчесності та її принципів не було виявлено.

7. Дискусійні положення

Зазначені зауваження не знижують наукового рівня та загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи. Результати роботи є новими та оригінальними.

1. У першому розділі роботи наведено актуальність теми дослідження і стан проблеми утилізації і вторинної переробки відходів видобування та переробки копалин, придатних для промислового використання. Однак аналіз існуючих

технологічних рішень щодо закладки відпрацьованих порожнин підземних гірничих виробок, а особливо кар'єрів на думку опонента слід було провести більш детально.

2. На стор. 101 автор вказує, що «контакт (закладного матеріалу) з водоносним горизонтом вірогідний», після чого наводяться дослідження впливу металургійних шлаків на кар'єрну воду. Проте з п. 2.4 випливає, що автором серед заходів з підготовки до закладки пропонується тампонування «з метою виключення водопритоків в кар'єр». Також тампонування джерел прибуття підземних вод передбачається в п. 3.3 (стор. 125) та п. 4.2 (стор. 156). На думку опонента в роботі слід було приділити більше уваги обґрунтуванню доцільності дослідження впливу шлаків на кар'єрну воду з врахуванням тампонування.

3. Результати лабораторних аналізів продуктів взаємодії доменного відвального та сталеплавильного шлаку з кар'єрною водою вказують, що концентрації більшості з проаналізованих забруднюючих речовин змінюються за поліноміальними залежностями від часу їх взаємодії, зменшуючись на 30-ту добу. При цьому не зрозуміло куди зникають Ca, Na, S, Si і т.д. з водних розчинів (випадають в осадок, реагують з іншими речовинами тощо) в діапазоні 15-30 діб. Розкриття цього феномена дозволило б більш адекватно сприймати отримані результати. До того ж проведення хімічних аналізів кар'єрної води, що контактує з закладним масивом, з меншим діапазоном часу сприяло би більшій обґрунтованості висновків щодо закономірностей зміни концентрацій з часом.

4. Представлення результатів аналізів кар'єрної води, що контактує з металургійним шлаком, доцільно було проводити поелементно з зазначенням рівня ГДК для кожного випадку, або групами з елементів з близькими концентраціями. Так, наприклад складно аналізувати динаміку вмісту Sr на рис. 3.5 і 3.10, оскільки показники елемента зливаються з шкалою абсцис.

5. Розрахункова схема чисельної моделі (рис. 2.15) передбачає, що «по боках моделі діє горизонтальна компонента тиску з урахування коефіцієнту бічного розпору» (стор 92). Така постановка потребує більш детального пояснення, оскільки згідно з класичними уявленнями механіки суцільного середовища (а бічний тиск в моделі прикладається до граніту за межами гірничих робіт) поле напружень, що формується під дією гравітаційних сил вже «враховує» коефіцієнт бічного розпору, величина якого залежить від коефіцієнта Пуассона. Зазвичай при формуванні граничних умов в чисельних моделях, які не спрямовані на вивчення впливу геострессів, обмежують бічні переміщення в відповідних горизонтальних напрямках. Хоча враховуючі різницю модулів деформації граніту і закладного матеріалу (більш ніж на 2 порядки) вплив на результати моделювання «додаткового» бічного тиску буде знаходитись в межах статистичної помилки.

6. Під час чисельного експерименту автор використовує 2 варіанти властивостей закладного масиву. Другий варіант передбачає моделювання ущільненого закладного матеріалу, при цьому в роботі відсутнє обґрунтування його фізико-механічних властивостей (табл. 3.15). Збільшенні модуля деформації,

зчеплення і кута внутрішнього тертя після ущільнення не викликає сумнівів, однак кількісна оцінка зміни вказаних показників нажаль не наведена.

8. Загальний висновок щодо дисертаційної роботи

Дисертаційна робота написана грамотною технічною мовою та логічно побудована. Отримані в ході досліджень наукові результати є новими та оригінальними. Робота містить наукові положення, що характеризуються достатнім рівнем обґрунтованості та достовірності, науковою новизною та значимістю і є практично корисною для ефективної розробки родовищ корисних копалин.

Зазначені зауваження та дискусійні моменти не знижують наукового рівня та загальної позитивної оцінки виконаного дисертаційного дослідження.

Вважаю, що дисертаційна робота Філоненко Олександра Володимировича «Обґрунтування параметрів закладного масиву кар'єрних пустот на основі металургійних шлаків», задовольняє всім вимогам, що передбачені наказом Міністерства освіти та науки України від 12.07.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» та постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії...» (пункти 5, 6, 8).

За розкриття нових закономірностей зміни продуктів взаємодії закладних матеріалів із металургійних шлаків з кар'єрною водою і характеру зміни їх фізико-механічних характеристик під впливом механічного ущільнення, що дозволило обґрунтувати раціональні параметри формування закладного масиву у виробленому просторі кар'єру, забезпечити використання металургійних шлаків як закладних матеріалів, мінімізацію деформацій при формуванні закладного масиву та ефективне відновлення територій, **Філоненко Олександр Володимирович** заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 18 – Виробництво та технології, за спеціальністю 184 – Гірництво.

Офіційний опонент:
доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри розробки родовищ
корисних копалин ДВНЗ ДонНТУ



І.Г. Сахно

Згідно Сахно І.Г.
засвідчую
в.о. вченого секретаря
Скирда А.Є.
15.08.2022

