Міністерство освіти і науки України
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗОРУДНОЇ СИРОВИНИ НА ШАХТАХ УКРАЇНИ

1. **СТУПНІК Микола Іванович** – доктор технічних наук, професор, ректор Криворізького національного університету.
2. **КОВАЛЕНКО Ігор Леонідович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри неорганічної хімії Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет».
3. **КОРОЛЕНКО Михайло Костянтинович** – Голова Правління – Генеральний директор Підприємства з іноземними інвестиціями у формі приватного акціонерного товариства «Запорізький залізорудний комбінат».
4. **ПОЛТОРАЩЕНКО Сергій Петрович** – Член Правління – Технічний директор Підприємства з іноземними інвестиціями у формі приватного акціонерного товариства «Запорізький залізорудний комбінат».
5. **КАРАПА Ігор Андрійович** – заступник технічного директора – начальник технічного відділу Підприємства з іноземними інвестиціями у формі приватного акціонерного товариства «Запорізький залізорудний комбінат».
6. **ШЕВЧИК Дмитро Володимирович** – Генеральний директор Приватного акціонерного товариства «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат».
7. **КІЯЩЕНКО Дмитро Володимирович** – головний інженер Товариства з обмеженою відповідальністю «ІСТ-ФОРТ».
8. **НЕБОГІН Валерій Захарович** – директор Товариства з обмеженою відповідальністю «Науково-технічне товариство Технотрон»

РЕФЕРАТ

Кривий Ріг – 2020

Вступ. В Україні сконцентровано близько 20% світових запасів залізної руди, видобування й переробка якої забезпечує до 30% експортного потенціалу країни, разом з тим гірничовидобувна галузь має найбільш дестабілізуючий вплив на довкілля.

За 135 років на Криворіжжі видобуто понад 6 млрд. тонн залізорудної сировини (ЗРС), що призвело до трансформації навколишнього середовища: у відвалах накопичено близько 13 млрд. тонн гірських порід, які разом з хвостосховищами займають площу понад 63 тис. га, ще 60 тис.га знаходяться в зоні підтоплення; у надрах сформовано сотні мільйонів кубічних метрів порожнин, що призводить до порушень денної поверхні з провалами та зонами обвалення (рис.1).

Рис. 1 Провальні зони земної поверхні (шахта «Тернівська» ПАТ КЗРК, шахта ім. Орджонікідзе ПрАТ ЦГЗК, 2010р.)

До 80% обсягу видобування ЗРС здійснюється в кар′єрах гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК), причому ресурс видобування відкритим способом може бути вичерпаний у найближчі 20-30 років.

Перспективи зменшення дестабілізуючого впливу гірництва на довкілля пов'язані з розвитком підземного видобутку корисних копалин за каскадним принципом відходності при реалізації технології закладки виробленого простору, зниження скидів високомінералізованих вод і токсичних викидів у атмосферу.

Мета роботи: Розробка й впровадження екологоорієнтованих технологій підземного видобутку руд за каскадним принципом відходності, які спрямовані на відвернення негативного впливу на довкілля, розв'язують проблему утилізації відходів гірничодобувної промисловості і забезпечують раціональне використання сировинних ресурсів України.

Наукова новизна:

1. Досліджено напружено-деформований стан рудного масиву в залежності від форми очисних камер і конфігурації їх стелин. Встановлено, що величина максимальних напружень гірського масиву залежить від глибини розробки,міцності руди та кривизни стелини. Найбільш стійкими є склепінньоподібні стелини, радіус кривизни яких дорівнює половині ширини очисної камери.
2. За допомогою 3D-моделей та програми Ansys 16.0 здійснено розрахунок напружень та деформацій для відпрацьованих пустих та заповнених твердіючою закладкою очисних камер (рис. 2). Встановлено, що рівень напружень при заповненні відпрацьованих камер знижується на 11-16%, а просідання гірського масиву в 2,2 рази менше.

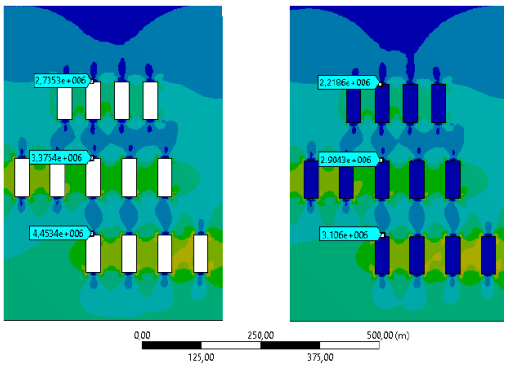


Рис. 2 Ізолінії напружень центральної частини блока із зазначеними величинами в стелині камер: а – порожні камери, *б* – камери із закладкою.

3. З урахуванням фізичних властивостей руд та бічних порід, встановлено оптимальне співвідношення компонентів для забезпечення необхідної міцності закладки при зростанні глибини видобутку (рис. 3). Доведена ефективність утилізації гірських порід відвалу й високомінералізованих шахтних вод ЗЗРК та промислових відходів металургійного виробництва у складі твердіючої закладки виробленого простору.

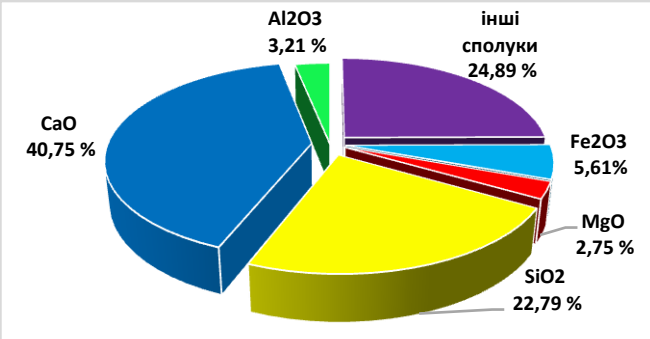


Рис. 3 Діаграма розподілу хімічних сполук складу закладочної суміші, що застосовується в технологічному циклі ПрАТ «ЗЗРК».

4. Науково обґрунтовані технологічні схеми широкого застосування комбінованої відкрито-підземної розробки залізних руд Криворізького басейну на значних глибинах, що дозволяє:
- на 40% знизити обсяги відкритих гірничих робіт;
- виключити втрати руди в міжкамерних ціликах;
- використати як закладку твердіючі суміші, які в стані об'ємного стиснення забезпечують високу несучу здатність і мають мінімальний вміст в'яжучого.

5. Розроблено фізико-хімічні основи технологій емульсійних і гранульованих енергоконденсованих систем (ЕКС) для шахтного застосування, що не містять вибухових компонентів:

5.1 Вперше доведений каталітичний вплив NO_2 як ініціатора циклічного самоприскорюваного процесу теплового вибуху NH_4NO_3 в інтервалі 250-270˚С за механізмом автокаталізу. Показано, що введення NO_2 в систему знижує характеристичну температуру термодеструкції на 40-50 градусів.

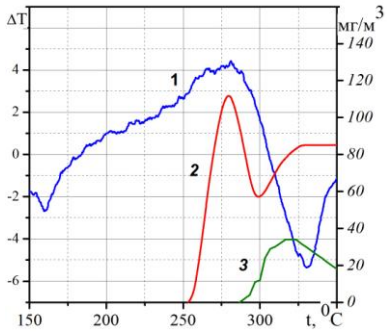


Рис. 4 Виділення газів при термічному розкладі NH_4NO_3 (неізотермічний режим)
1 – ДТА-крива; 2–NO_2, мг/м^3; 3 –NH_3, мг/м^3.

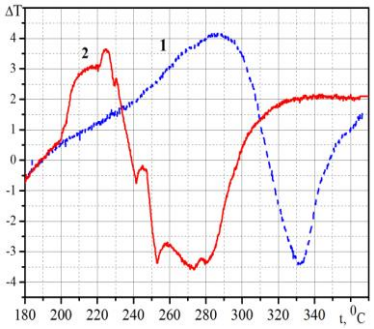
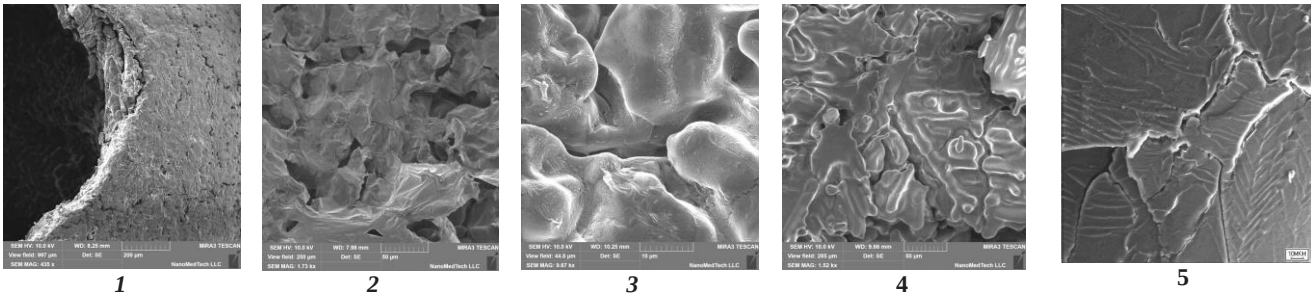


Рис. 5 Термограми NH_4NO_3 в атмосфері (2 л/годину):
1 – повітря; 2 - комбінована подача: до 200 ^{0}С- повітря, 200-350 ^{0}С - NO_2.

5.2 Запропонований механізм каталітичної дії $FeCl_3$ на екзотермічний розклад енергоконденсованих систем «*NH_4NO_3–вуглеводні*», що полягає в утворенні в плаві аміачної селітри $Fe(NO_3)_3$ та його інтенсивному розкладі в інтервалі 120-150°С із виділенням NO_2, який ініціює автокаталітичний механізм термодеструкції системи при температурах 180-220°С.

5.3 Визначені закономірності модифікації аграрної аміачної селітри (АС) з одержанням гранул підвищеної пористості (6,0-7,5 % за паливом) та оптимальної міцності (7,0-9,0 Н/гран). Встановлено, що оброблення гранул поризуючими розчинами $FeCl_3$ або Na_3PO_4 з подальшим видаленням внесеної вологи (50-70°С,Р = 7-12 кПа) забезпечує реалізацію поліморфного перетворення IV↔III NH_4NO_3 та зміцнення гранул за механізмом жорсткого каркасу. Одержані гранули за структурою наближені до кращих світових зразків пористої аміачної селітри -«Grand

Poroise»,Франція (рис.6), здатні утримувати до 7,5% рідкого палива, мають оптимальну для застосування міцність.



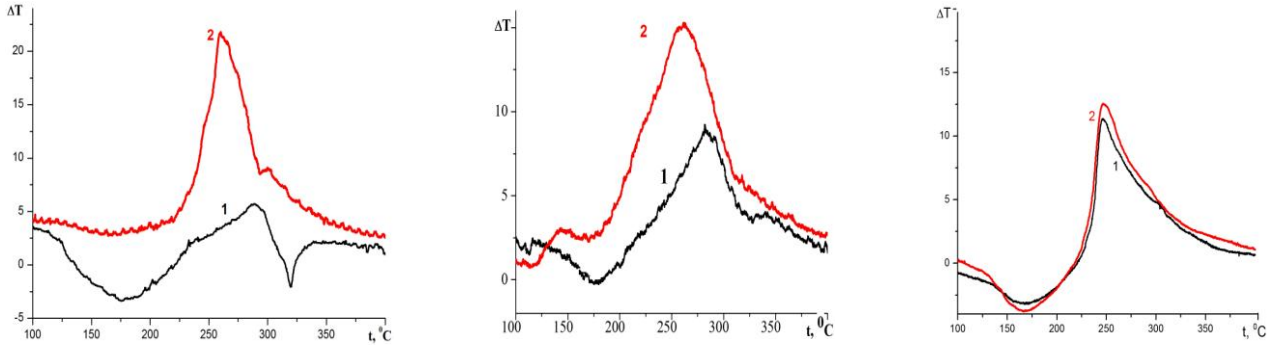
1 2 3 4 5

Рис. 6 Електронні фотографії: *модифікованих гранул аграрної АС (1–5) та гранули високопористої «Grand Poroise», Франція*

5.4 Розроблена та впроваджена інноваційна технологія гранульованих ЕКС, яка полягає в послідовній модифікації аграрної АС в спеціально сконструйованих апаратах комбінованої вакуумної сушки з подальшим просоченням комплексною паливною фазою на основі продуктів переробки жирів рослинного походження при одночасному охолодженні. Одержані високостабільні (понад 3 місяці) збалансовані ВР марки Україніт-АНФО не містять токсичних компонентів та нафтопродуктів і спеціально призначені для безпечного пневматичного заряджання в підземних рудниках на заміну тротиловим ВР.

5.5 Вперше для моделювання хіміко-технологічних процесів застосовано проектування штучних математичних нейронних мереж, впровадження яких на виробництві дозволило оптимізувати технологічні параметри одержання ЕКС.

5.6 Розвинені уявлення про механізм і кінетику взаємодії аміачної селітри з сірчаним колчеданом (мінеральним піритом). Визначено фактори самочинної деструкції нітратних емульсійних енергоконденсованих систем при контакті з мінеральним піритом – температура понад 40°С, pH=2,0-4,5, присутність $NaNO_2$ та гранульованої аміачної селітри.



Фортіс С-80 (Orica, USA-AUS), Тован-60 (ETI, CAN), Україніт-ПП-2 (UKR),

Рис.7 Термограми ЕВР (кр.1) та їх взаємодія з 5% мас. піриту(кр.2)

Табл.1– Результати взаємодії емульсійних ВР з піритом (40 ^{0}С)

Емульсійні ВР	Тип сенсибілізації	pH емульсії	Вміст гранульованої АС або АНФО, % мас.	Кількість газів, мг/ кг ВР		
				NO	NO_2	H_2S
Фортіс-С-80	нітритна	2,0-3,0	20	95,75	10,06	19,94
Тован-60	мікросфери	4,0-5,5	40	153,53	129,91	7,68
Україніт-ПП-2	**пероксидна**	**7,2-8,5**	**0**	**5,94**	**0**	**1,01**

Реакції, що можуть спричинити саморозігрів та несанкціонований вибух аміачноселітрених ВР при контакті з піритом:

$$3FeS_2 + 12HNO_3 = 3FeSO_4 + 12NO + 3SO_2 + 6H_2O \quad (\Delta G^0_{298}=-2275{,}2\ кДж,\ \Delta H^0_{298}= -1685{,}13\ кДж))$$

$$3FeS_2 + 14HNO_3 = 3FeSO_4 + 14NO + 3H_2SO_4 + 4H_2O \quad (\Delta G^0_{298}=-2636{,}9\ кДж,\ \Delta H^0_{298}= -2136{,}22\ кДж)$$

5.7 Розроблені загальні принципи створення нітратних емульсійних енергоконденсованих систем, безпечних відносно ендогенного піриту гірських порід. Доведена ефективність деактивації поверхні піриту (рис. 7, табл.1) при пероксидній сенсибілізації слабколужних емульсійних ЕКС (сумісна дія депресорів та пероксосполук).

5.8 Розроблено апроксимаційну математичну модель, яка враховує зв'язок основних параметрів нітратних емульсійних енергоконденсованих систем (теплота вибуху, тиск і швидкість продуктів реакції в детонаційній хвилі) з хімічним та кількісним складом, реологічними властивостями і щільністю емульсій. Модель детонації емульсійних систем базується на тому, що «запалення» енергоконденсованих систем під дією детонаційної хвилі починається з термодеструкції нанорозмірних часток аміачної селітри, що присутні в дисперсній фазі емульсії.

Табл. 2 – Критичний діаметр детонації ($d_{кр}$) ЕВР на базі: монорозчину NH_4NO_3 та бінарних розчинів $NH_4NO_3/NaNO_3$ і $NH_4NO_3/Ca(NO_3)_2$ (розмір газових включень полідисперсний)

Поруватість	$d_{кр}$, мм		
	NH_4NO_3	$NH_4NO_3/NaNO_3$	**$NH_4NO_3/Ca(NO_3)_2$**
0,20	51,7	52,1	**15,6**
0,25	38,1	38,5	**12,0**

5.9 Доведені переваги застосування систем NH_4NO_3-$Ca(NO_3)_2$-H_2O як дисперсної фази зворотніх емульсій при вмісті води 8-17 % мас., що забезпечують: високі параметри детонації і чутливості (тиск – 7,43-7,44 ГПа, швидкість – до 5,2-5,3 км/с, зниження критичного діаметру – до 3 разів) за рахунок збільшення теплового ефекту вибухового перетворення компонентів на 420-640 кДж/кг.

6. Розроблено науково-обґрунтовані принципи визначення раціональних параметрів буропідривних робіт при застосуванні розроблених емульсійних ВР у підземних рудниках з урахуванням ступеня завершеності реакції вибухового перетворення. Реалізація методу дозволяє зменшити обсяги буріння і витрати вибухових матеріалів на 10-12% порівняно з тротиловими ВР.

Основні науково-технічні результати та їх практична значимість

1. Комплексне впровадження розроблених екологоорієнтованих технологій здійснено на Запорізькому залізорудному комбінаті (ЗЗРК) шляхом:

- постійного вдосконалення технології закладки виробленого простору;
- максимального використання природних процесів, в яких біота здатна розвиватися в рамках самовідновлення;
- впровадження понад 140 одиниць сучасної енергоощадної бурової, зарядної та допоміжної техніки;
- масштабного застосування безпечних безтротилових ВР з мінімальними викидами токсичних газів;
- розроблення та реалізації оптимальних проектів підривних робіт з урахуванням напружено-деформованого стану масиву.

2. Розроблено новітню технологію одержання емульсійних ЕКС з керованими властивостями з використанням високопродуктивних (до 20 т/год) міксерів статичного типу. Визначені закономірності зміни реологічних параметрів емульсійних

ЕКС дозволили створити емульсії для заряджання висхідних та крутопохилих свердловин.

3. Результати досліджень стали підґрунтям проектування та виготовлення нової спеціальної модульної та самохідної змішувально-зарядної техніки (близько 45 одиниць), яка забезпечила механізоване заряджання наливними емульсійними ВР, як шпурів так і віяла свердловин, у тому числі крутовисхідних свердловин великого діаметру, що не має аналогів у світовій практиці підземних робіт (рис. 8-9).

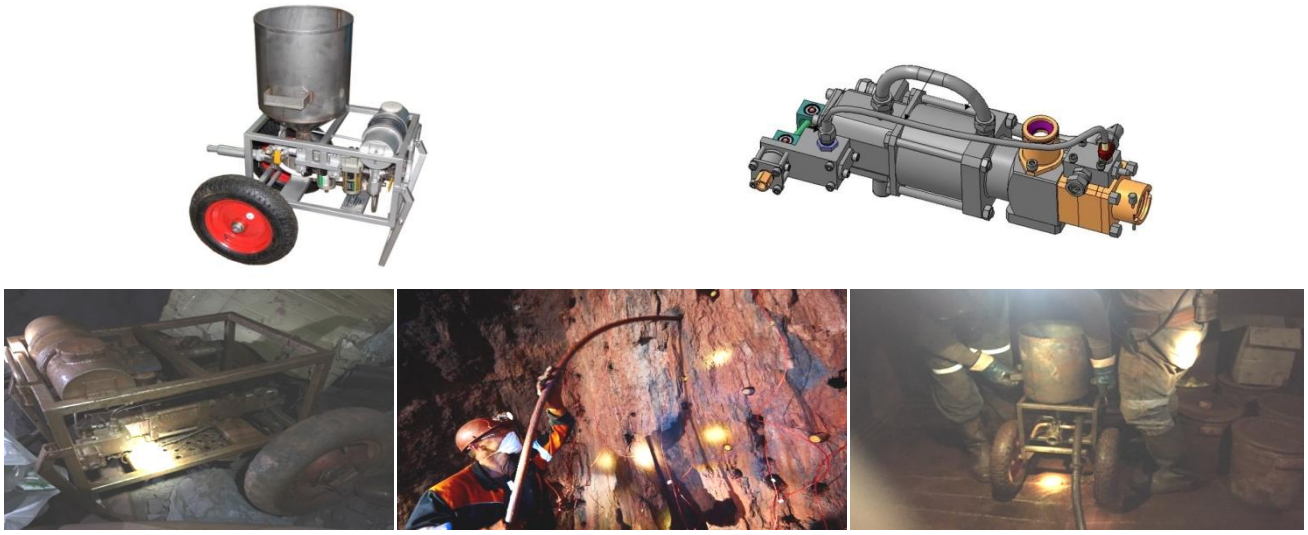


Рис. 8 Малогабаритна змішувально-зарядна техніка ЗЕП-10 для механізованого заряджання шпурів емульсійним ВР Україніт-ПП-2 (загальний вид зарядника та насоса-дозатора)

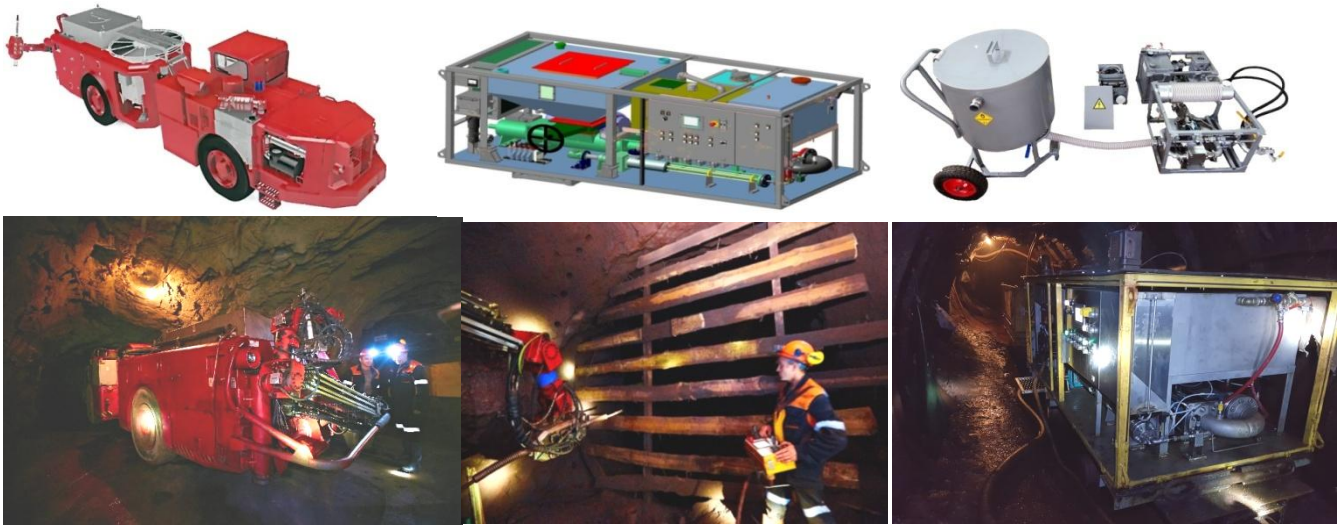


Рис. 9 Змішувально-зарядна техніка для механізованого заряджання віяла свердловин ЕВР Україніт-ПП-2(зліва направо): самохідні RTCh-23 та ПЗМК-500 (зарядний модуль); мобільна установка УБМ-1(для заряджання на відкотних горизонтах).

4. Вперше у світовій практиці на шахті ім. Орджонікідзе (ПрАТ «Центральний ГЗК») за допомогою розробленого вітчизняного підземного модульного комплексу ПЗМК-500 здійснено механізоване заряджання висхідних свердловин наливною емульсійною ВР з перекачуванням емульсії на відстань до 500 м (по горизонталі), та впроваджена технологія заряджання з різницею висот до 40 м від зарядного пристрою до віяла свердловин при довжині зарядного шлангу до 300 м.

5. Розроблена та впроваджена технологія патронованих емульсійних ВР Україніт-П, які за вибуховими характеристиками перевершують штатні патроновані ВР

на основі тротилу та можуть застосовуватись як основний шпуровий заряд, як промдетонатор та для руйнування негабаритів.

6. Створено та функціонують 4 нові виробництва компонентів енергоконденсованих систем та безтротилових ВР на їх основі (Україніт-ПП-2, Україніт-П, Україніт-АНФО):

Рис. 10 Виробництво Україніт-АНФО (ПрАТ «Промвибух» (м. Запоріжжя)

Рис. 11 Виробництво компонентів ЕВР Україніт: промислових емульгаторів та ГГД (ТОВ «Антрацит», Дніпропетровська обл.)

Рис. 12 Виробництво патронованих ЕВР марки Україніт-П (ПрАТ «Промвибух» (м. Запоріжжя)

Рис. 13 Виробництво шахтної наливної емульсійної композиції ЕК на підприємствах:
- новий цех «шахтних ЕК», комплекс «Інгулецький» (КФ ТОВ «УВТ»)
- ПрАТ «Промвибух» (м. Запоріжжя)

7. Розроблену методику визначення стійкості очисних камер при видобутку багатих залізних руд на великих глибинах впроваджено на шахтах ПрАТ «Суха Балка» та «Родіна» (ПрАТ «Кривбасзалізрудком»), що дозволило на 6-7% знизити втрати глибоких свердловин у стелинах.

8. Запропоновано технологічні схеми комбінованого відпрацювання рудних покладів Криворіжжя, які дозволяють підвищити показники вилучення магнетитових кварцитів при їх підземному видобутку, зменшити собівартість закладки виробленого простору та здійснити утилізацію відходів гірничого виробництва, зокрема хвостів збагачення, в підземних пустотах. Це дає змогу:

- запобігти просіданню земної поверхні і забезпечити стійкість рудного масиву;
- зберегти цілісність водоносних горизонтів, обмежити водоприплив в гірничі виробки;
- знизити ймовірність обвалень порід лежачого та висячого боків покладів;
- підвищити герметичність шахтної вентиляційної мережі;

9. Створені технології безпечних емульсійних (наливні та патроновані) і гранульованих ВР марки Україніт в комплексі з новою технікою та технологією заряджання і розробленою логістикою доставки ЕКС та ВР дозволяють вирішити загальнодержавну проблему повної відмови від цивільного застосування токсичного тротилу і тротилвмісних ВР та знизити обсяг викидів в атмосферу отруйних газів вибуху в 2,5-3,0 рази.

Табл. 3 – Порівняльні характеристики ВР марки Україніт зі штатними ВР

ВР	Теплота вибуху, кДж/кг	Об'єм газів вибуху, л/кг	Швидкість детонації, м/с	Критичний діаметр, мм	Безпека в сульфідних породах
штатні тротилвмісні ВР					
Грамоніт 79/21,	4291	895	**3200-3600**	**50-70**	**ні**
Амоніт №6 ЖВ	4312	895	**3600-4800**	10-13	**ні**
штатна гранульована ВР для пневмозаряджання (містить алюмінієвий порошок)					
Грануліт АС-4	4522	847	**3000-3600**	**80-100**	**ні**
безтротилові ВР марки Україніт					
Наливна ЕВР Україніт-ПП-2	3000-3100	760-840	**5100-5400**	**30-35**	**так**
Патронована ЕВР Україніт П-СА	3900-4300	820-830	**4900-5100**	**20-23**	**так**
Гранульований Україніт-АНФО(КМ-1)	3760-3820	980-990	**3200-3800**	**40-45**	ні

Табл. 4 Порівняння газової шкідливості ВР марки Україніт зі штатними ВР

ВР	NOx, л/кг	CO, л/кг	Сумарна кількість шкідливих газів (у перерахунку на умовне CO, л/кг)
штатні тротилвмісні ВР			
Грамоніт 79/21	**9,8**	**28**	**91,8**
Амоніт №6 ЖВ	**4,0-4,6** **20,5-22,8**	**34-35** **30-35**	**60-65** **(167-189)** *у картонній оболонці*
штатна гранульована ВР для пневмозаряджання (містить алюмінієвий порошок)			
Грануліт АС-4	**40,2**	**35**	**296**
безтротилові ВР марки Україніт			
Наливна ЕВР Україніт-ПП-2	**до 0,1** **до 0,2**	**14,4** **27,1**	**до 15** **(до 33)** *у картонній оболонці*
Патронована ЕВР Україніт П-СА	**до 0,1**	**24,4**	**до 25**
Гранульований Україніт-АНФО(КМ-1)	**до 0,2**	**23,5-28,4**	**27-38**

Значимість та ефективність впровадження роботи

Для реалізації мети були успішно розв'язані такі науково-технічні завдання:

- створено наукові засади розробки потужних рудних покладів з урахуванням напружено-деформованого стану геомасиву;
- розроблено наукові основи створення безпечних енергоконденсованих систем (ЕКС) та відповідних вибухових речовин (ВР) для підземних рудників на основі досліджень механізмів і кінетики взаємодії нітратних солей із відновниками органічної та неорганічної природи; створені безтротилові ВР за вибуховими характеристиками не поступаються кращим світовим зразкам провідних фірм США, Канади, Австралії, а за безпечністю застосування не мають аналогів:
- створений комплекс екологоорієнтованих технологій буропідривниxx робіт (БПР) з використанням безпечних ЕКС на заміну тротилових ВР. Створені нові виробництва новітніх безпечних ЕКС з оптимізацією технологічних процесів за допомогою нейронних мереж;
- сконструйовано та впроваджено новітню вітчизняну самохідну і модульну змішувально-зарядну техніку з високим рівнем автоматизації, що в сукупності із застосуванням сучасної бурової техніки мінімізує негативний вплив на працівників і забезпечує дистанційне керування БВР за допомогою цифрової інфраструктури;
- досліджено фізико-хімічні процеси, які реалізуються в твердіючих закладках виробленого простору на основі відходів гірничо-металургійного виробництва;
- успішно впроваджено технології з каскадним принципом відходності, що забезпечило стійкий стан рудного масиву,збереження цілісності водоносних горизонтів, утилізацію техногенних відходів у підземному просторі.

1. **Комплексне впровадження** розроблених екологоорієнтованих технологій на Запорізькому залізорудному комбінаті за останні 10 років забезпечило:

- **виключення просідання земної поверхні завдяки реалізації технології видобування за каскадним принципом відходності** – щорічно у складі закладних сумішей виробленого простору утилізується понад 4,4 млн. тонн промислових відходів металургійного виробництва, гірських порід відвалу комбінату,вторинних ресурсів гірничовидобувної промисловості і системи осушення родовища. За весь період реалізації технології ***утилізовано у виробленому просторі близько 55 млн. тонн відходів та порід відвалу***;
- **виключення скидів високомінералізованих шахтних вод у відкриті водотоки прісних вод** (відвернуто шкідливого скиду понад 900 тис. $м^3$/рік);
- **зменшення втрат та засмічення руди, введення в експлуатацію нових горизонтів з запасами руди 60 млн. т**. Середньорічна продуктивність 1 гірника на ЗЗРК у 1,45 рази вище, ніж на шахтах Кривбасу, рентабельність більша у 4,6 рази.

2. Розроблені технології за показником інтегрального екологічного впливу в 11 разів безпечніші, у порівнянні з традиційними технологіями Кривбасу. **Екологічний ефект від впровадження (як вартісний показник відвернутої шкоди - реабілітації пошкоджених земель) складає у 2019 році понад 260,5 млн. грн,** а **за період 2009-2019 рр. сягає суми 2,18 млрд. грн.**

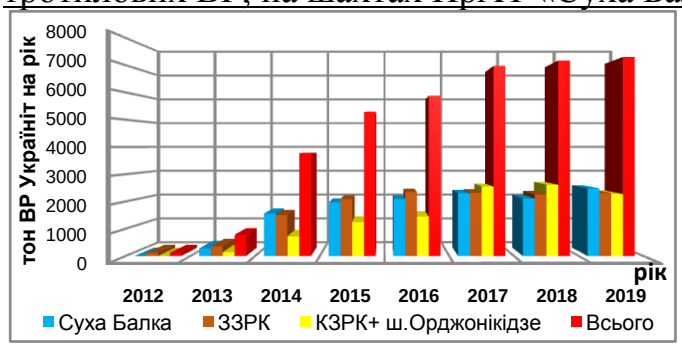
3. **Створено та функціонують 4 нових виробництва** з виготовлення енергоконденсованих систем та безтротилових ВР марки Україніт та їх компонентів.

Проектні потужності створених виробництв здатні повністю задовольнити потреби підземних рудників України у вітчизняних безпечних ВР.

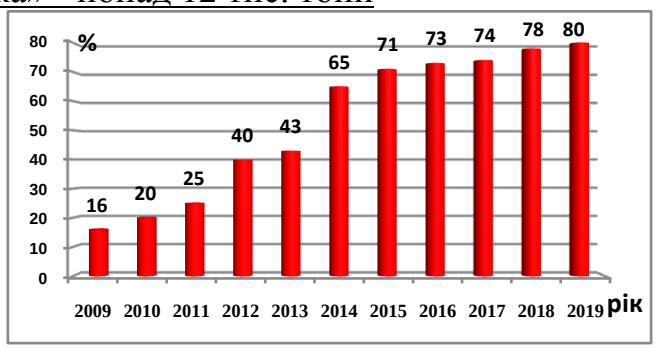
4. **Безтротилові ВР марки Україніт** (Україніт ПП-2 шахтний, Україніт-П та Україніт-АНФО) **допущені до постійного виробництва й застосування**, **не містять вибухових та токсичних компонентів**, а розроблені технології нітратних ЕКС, склад і збалансованість компонентів забезпечують утворення під час вибуху **мінімальної кількості шкідливих викидів**, що надзвичайно важливо у підземних умовах із ускладненою вентиляцією.

5. **Спроектовано, виготовлено і впроваджено близько 45 одиниць нової вітчизняної спеціальної модульної та самохідної змішувально-зарядної техніки** (зокрема у 2019 році - 4 нових комплекса ПЗМК-500), що забезпечило успішну реалізацію технологій механізованого заряджання наливних емульсійних ВР.

6. **Масштабне впровадження розроблених технологій** із застосуванням створених ВР здійснено на Запорізькому ЗРК. Починаючи з 2009 року використано понад 13 тис. тонн безтротилових вибухових матеріалів, **частка яких у загальному обсязі ВР сягла 80%** . З 2013 року розроблені технології широко впроваджуються в Кривбасі: на шахтах ПАТ «Кривбасзалізрудком» застосовано понад 9 тис. тонн безтротилових ВР; на шахтах ПрАТ «Суха Балка» - понад 12 тис. тонн



а



б

Рис. 14 Споживання вітчизняних безтротилових ВР Україніт на залізорудних шахтах України (а) та динаміка переходу ПрАТ «ЗЗРК» на застосування безтротилових ВР (% від загальної кількості) (б)

7. **Загальний економічний ефект впровадження** екологоорієнтованих технологій на шахтах Кривого Рогу та ПрАТ «ЗЗРК» **склав понад 468 млн.грн., в тому числі за 2019 рік – понад 51,5 млн. грн.**

Кількість публікацій за роботою: 269, в т.ч. 6 монографій, 1 посібник, 165 статей (11 – у англомовних журналах з імпакт-фактором). Загальна кількість посилань на публікації авторів/h-індекс роботи, згідно баз даних складає відповідно: WebofScience–4/2, Scopus–148/7, GoogleShcolar –489/12. Отримано 18 патентів України на винахід та 43 на корисну модель. За даною тематикою захищено 2 докторські та 4 кандидатські дисертації.

автори: Ступнік М.І. Карапа І.А.
Коваленко І.Л. Шевчик Д.В.
Короленко М.К. Кіященко Д.В.
Полторащенко С.П. Небогін В.З.