

УПРАВЛІННЯ ПОРОДНИМИ ПОТОКАМИ З МЕТОЮ МІНІМІЗАЦІЇ ЕНТРОПІЙНОГО ВПЛИВУ НА ОТОЧУЮЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ

У вуглевидобувних країнах на різних етапах розвитку галузі приймалися різні рішення щодо скорочення обсягів утворення породних відвалів і мінімізації їх негативного впливу на оточуюче середовище. Так, у 50-60-ті роки минулого століття широкого поширення набула технологія видобутку із закладкою відпрацьованого простору. У Федеративній Республіці Німеччині із застосуванням цієї технології видобували 60-65% від загальної кількості кам'яного вугілля. При цьому у відпрацьованому просторі розміщували понад 40 млн. м³/рік породи (близько 68 млн. т) порівняно з 16-18 млн. м³, що складувалися у відвалах. У Польщі на частку видобутку із закладанням припадало 40%, у Франції і Бельгії – до 30%, у Британії – 20%.

При переході на прогресивні планувальні рішення під час підготовки родовища до експлуатації, підвищенні концентрації гірничих робіт і застосуванні високопродуктивного обладнання закладка відпрацьованого простору стала стримуючим фактором раціоналізації вуглевидобутку. У теперішній час за кордоном закладка відпрацьованого простору застосовується в окремих випадках, коли не існує альтернативи забезпеченню надійної охорони об'єктів, які знаходяться в зоні проведення гірничих робіт. Так, наприклад, у Німеччині в 2002 р. при видобутку товарного вугілля у кількості 29,0 млн. т (у 1990 р. видобуто 69,8 млн. т) було утворено більше 46,0 млн. т породи, з яких лише 1,3 млн. т залишено у відпрацьованому просторі шахт, а більше 97% від цієї кількості розміщено у відвалах на поверхні [2, 6]. У національній вугільній галузі практично відсутня інфраструктура закладання відпрацьованого простору. Її створення вимагає тривалого часу і величезних, а від того нереальних капітальних витрат. До того ж, обмеженими є промислові запаси на пластах потужністю більше 1,4 м, на яких з позиції оцінки технологічної можливості і економічної доцільності може бути виправданим застосування відпрацьованого простору. Через зазначені причини згадана технологія закладання відпрацьованого

простору буде мати обмежене застосування й істотно не вплине на зменшення обсягів породи, що розташовуються у відвалах, так само як і на покращання екологічної ситуації. У вуглевидобувних регіонах України до теперішнього часу накопичено близько 4,0 млрд. т породних відходів, які розташовані більш ніж у 1200 відвалах. Площа їх основи перевищує 7000 га; а з урахуванням санітарно-захисних зон площа земельних відводів, яку займають зазначені техногенні об'єкти, складає більше ніж 150,0 тис. га. Значна частина цих земель, що представлена родючими ґрунтами, виведена із сільськогосподарського обороту і за своїм змістом є втраченою назавжди економічною можливістю суспільства [5, 10].

Розгляду окремих аспектів розміщення відходів вуглезбагачення і виданої на поверхню гірської породи присвячені праці [2, 6], у яких аналізується досвід німецьких вуглевидобувних підприємств і пропонуються підходи до зменшення видачі породи на поверхню. Вплив відвалів гірської породи і відвалів вуглезбагачення розглянуто у працях [3-5]. Особливого дослідження потребують питання складу породних відвалів вугільних шахт України і можливості їхнього використання як закладного матеріалу при погашенні гірничих виробок та як сировини для різних галузей промисловості.

Метою статті є вивчення і узагальнення існуючого досвіду використання видобутої вугільними шахтами гірської породи для мінімізації негативного впливу їх виробничої діяльності на навколишнє природне середовище і раціоналізації використання природних ресурсів.

Окрім економічних втрат, велика кількість природних відвалів і значний обсяг розміщеної в них породи спричиняють негативний вплив на стан оточуючого природного середовища. Фізико-хімічні перетворення, що відбуваються в надрах і на поверхні складованої у відвалах породи, так само як і водно-повітряна ерозія, зумовлюють забруднення повітряного

басейну, ґрунтових вод і водотоків на прилеглий території хімічними сполуками і високотоксичними металами до надзвичайно небезпечного рівня. Під особливо шкідливий вплив при цьому потрапляє генофонд середовища існування.

Виконані у 80-х роках минулого століття вченими Інституту медико-екологічних проблем дослідження дозволили визначити залежність між підвищеною захворюваністю і втратою працездатності мешканцями шахтарських населених пунктів та незадовільним станом природного і оточуючого середовища. На основі отриманих даних був кількісно визначений розмір економічних втрат від погіршення стану здоров'я населення, що орієнтовно дорівнював 1 млн. радянських карбованців на рік і співвідносився з кожними 1,5 млн. т породи, що розміщувалася у відвалах [4]. За період, що минув із часу проведення даного дослідження, санітарно-екологічна ситуація має стійку тенденцію до погіршення.

В умовах коли відмовитися від видобутку вугілля на даному етапі розвитку суспільства представляється неможливим, необхідно очікувати збільшення техногенного навантаження на довкілля внаслідок збільшення видачі на поверхню обсягів гірської породи, що буде розміщатися у відвалах, збільшення вилучення породи в процесі збагачення високозольного вугілля, накопичення її у відвалах збагачувальних фабрик та у шламовому господарстві.

Оптимістичний, але малоімовірний сценарій розвитку вугільної галузі передбачає збільшення обсягів видобутку рядового вугілля у 2012 р. до 90,9 млн. т при прогнозованому виході породи у 59 млн. т на рік.

Погіршення гірничо-геологічних умов і виснаження кращих за якістю ділянок шахтних полів призводять до збільшення вилучення гірської маси при ремонті гірничих виробок, при їх проведенні, а також через високу зольність рядового вугілля. Можливі шляхи мінімізації негативних наслідків переходу до відпрацювання тонких пластів вугілля і ускладнення підземного господарства шахт не можуть істотно вплинути на розв'язання існуючих екологічних проблем у силу обмеженості технологічних можливостей суспільства і нестачі матеріально-фінансових ресурсів.

Проте достатній інтерес може представляти розгляд породних відвалів як техногенних родовищ корисних копалин, які можуть розроблятися, а згодом – підлягають рекультивациі.

В Україні на даний час створені і функціонують кілька екологічно безпечних відвалів, які представляють собою раціональні ландшафтні об'єкти, наближені до умов природного середовища.

Джерелом утворення відвалів і сховищ є шахти, розрізи і збагачувальні підприємства. При видобутку вугілля джерелом утворення частини породи, що представляє собою самостійний вантажопотік, є проведення прохідницьких і ремонтних робіт в основних і допоміжних виробках. Іншим джерелом, яке представляє також окремий вантажопотік, виступають очисні виробки, хибна покрівля, яка не має взагалі чи має слабке з'єднання формуючих її порід з безпосередньою покрівлею; осідання і вивали, зумовлені як характером розташування тріщин напластування, так і петрографічним складом і ступенем метаморфізму вугілля, мінералогічним складом оточуючих порід, водонасиченістю виробок, величиною розпору кріплень та іншими чинниками.

Нарешті, частина породи в окремих виробках є результатом здимання ґрунту, зумовленого його специфічним мінералогічним і колоїдно-хімічним складом.

У міру механізації очисних робіт і поширення комбайнів зі шнековим виконавчим органом, гідравлічних стійок, механізованих комплексів та інших агрегатів основним джерелом засмічення вугілля породою стало присікання порід покрівлі і ґрунту. У результаті вміст породи у вугіллі, що видається на поверхню шахтою, в окремих випадках досяг 50% і більше, у той час як середнє значення по галузі становить 38% (порівняно з 32% наприкінці 1990-х років) [10].

Характеристики шахт, наведені в табл. 1, дозволяють зробити висновки стосовно стану гірничого господарства вуглевидобувних підприємств і обсягів видачі шахтами гірської породи. У силу незадовільного економічного і організаційного стану більшості підприємств галузі спостерігається зростання відносної кількості виробок, що не відповідають вимогам техніки безпеки. Найбільш критичною є ситуація на шахтах ім. По-

Таблиця 1. Стан гірничого господарства на шахтах Донбасу

Шахта	Обсяг проходження, м на рік	Підтримуваних виробок, км	Таких, що не відповідають ПБ, %	Потужність пласта, м	Обсяг переукріплення, м ³	Порода по шахті, тис.т
Ім. Леніна	4200	86,5	13,4	1,1	23 182	171
Ім. Поченкова	3200	97,5	24,9	1,59	48 555	202
Бутовська	4400	94,4	11	1,65	20 768	152
Чайкіно	1200	43,3	24,1	1,6	20 871	83
Ім. Кірова	3700	72	9,4	1,46	13 536	122
Ясинівська-Глибока	4450	107,1	13,6	0,8	29 131	203
Північна	2100	58	13,1	0,9	15 196	98
Шахтарська-Глибока	4000	101,3	5,5	1,3	11 143	127
Постніковська	2500	60,7	16	1,2	19 424	115
Шахтарська	1650	69,9	12,7	0,9	17 755	93
Вінницька	3200	55,7	8,4	1,1	9 358	108

ченкова і «Чайкіно», де в незадовільному стані знаходиться близько 25% виробок, у той час як середнє значення по групі шахт дорівнює 11%. У міру збільшення глибини відпрацювання запасів і деконцентрації гірничих робіт спостерігається збільшення довжини підтримуваних виробок і пов'язане із цим ускладнення шахтного підземного господарства: так, якщо середня довжина підтримуваних виробок для вітчизняних вугільних шахт становить 52 км, то для всіх наведених у таблиці шахт дані значення є значно більшими, особливо це стосується таких шахт, як «Ясинівська-Глибока» і «Шахтарська-Глибока», де довжина підтримуваних виробок сягає більше 100 км.

Більшість шахт національної вугільної промисловості працює в гірничо-геологічних

умовах, які є на даний час неприйнятними для вуглевидобутку у розвинутих країнах, – у першу чергу це стосується глибини відпрацювання запасів і потужності пластів вугілля, що відпрацьовуються. Так, шахти «Шахтарська», «Ясинівська-Глибока», «Північна» розробляють пласти потужністю 0,9 м, а це пов'язано як із технологічними труднощами (неможливість використання засобів механізації вуглевидобутку), так і з більшою зольністю вугілля (це пояснюється невитриманістю пластів такої малої потужності і наявністю домішок оточуючих порід).

Залежність між обсягами видобутку вугілля і кількістю вилученої з надр породи у графічному вигляді наведена на рис. 1 на основі технічних паспортів шахт [12].

Кількість породи, тис. т

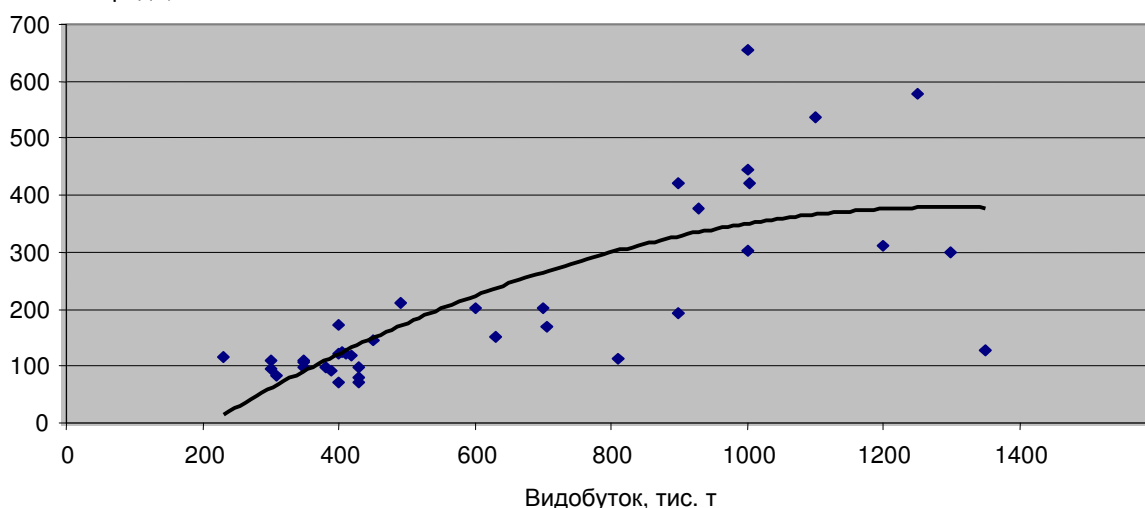


Рис. 1. Залежність кількості породи від видобутку по підприємствам Міністерства вугільної промисловості

Фактично можна зробити висновок про наявність прямої залежності між обсягами видобутку вугілля і видачею гірської породи шахтами, що описується рівнянням другого ступеня з коефіцієнтом детермінації $R=0,7$. Звертає увагу те, що найбільш тісний зв'язок між обсягами видобутку і видачею на поверхню породи спостерігається на малопотужних шахтах, які видобувають відносно невелику кількість рядового вугілля (до 200 тис. т на рік) і де переважно видобуток вугілля здійснюється ручним способом у надзвичайно складних гірничо-геологічних умовах, а підготовка нових шахтних полів не проводиться в силу

відпрацювання розвіданих балансових запасів або нестачі інвестиційних ресурсів.

В останній час більша частина капітальних вкладень спрямовувалася в першу чергу на розвиток вуглевидобувних підприємств, які видобувають коксівне вугілля, що пояснювалося високим споживчим попитом на цей вид продукції з боку вітчизняних металургійних підприємств. Шахти, що видобувають енергетичне вугілля, на цьому тлі відчували брак інвестицій, що позначалося на розвитку їх підземного господарства. У табл. 2 наведено характеристики стану гірничого господарства ряду шахт Донбасу [12].

Таблиця 2. Стан гірничого господарства на вуглевидобувних підприємствах ДХК «Жовтеньвугілля», ш/у «Кіровське», ДП «Артемвугілля»

Шахта	Обсяг проходження, м на рік	Підтримувані виробки, км	Виробки що не відповідають ПБ, %	Потужність пласта, м	Обсяг перекріплення, м ³	Порода по шахті, тис.т
Світанок	4200	86,4	9,6	1,05	16 589	1,05
Кіровська	3200	57,9	10	1,05	11 580	1,05
Житомирська	4400	18,6	7	1	2 604	1
Іловайська	1200	45,9	11,2	1,22	10 282	1,22
Комуніст	3700	71,2	10,1	1,13	14 382	1,13
Жданівська	4450	63,3	13,9	1,1	17 597	1,1
Ім. Леніна	5400	52,6	22	0,9	2 376 000	54,7
Комсомолец	2000	41,5	18,9	0,85	756 000	77,9
Ім.Ю. Гагаріна	1900	43,5	20	0,87	760 000	50,0
Ім. Калініна	900	52,3	16,8	0,96	302 400	51,4
Ім. Румянцева	3800	46,6	17,1	0,9	1 299 600	68,0

Більшість шахт відпрацьовують тонкі пласти вугілля потужністю менше 1 м (шахти ім. Румянцева, ім. Калініна, ім. Гагаріна, «Комсомолец», ім. Леніна), зольність видобутого вугілля на яких становить від 46 до 52%; найбільшу зольність рядового вугілля має продукція шахт «Світанок» і «Комуніст», де ці значення дорівнюють 86,4 і 71,2%, а середньодинамічна потужність пластів становить 1,05 1,13 м відповідно (табл. 3).

На шахтах, де високий процент виробок, що не відповідають вимогам правил безпеки, зростає обсяг робіт з перекріплення підтримуваних виробок, що призводить до зростання постійних витрат вуглевидобувних підприємств і збільшення розміру збитків від реалізації видобутої вугільної продукції; з іншого боку, зростання обсягів робіт з

перекріплення виробок, так само як і висока частка виробок, чий стан не відповідає умовам безпечної експлуатації, свідчить про функціонування шахти в несприятливих гірничо-геологічних умовах і про наявність високих ризиків для потенційного інвестора (власника) такого підприємства.

На основі даних, наведених у табл. 2 і 3, можна визначити залежність між кількістю виданої на поверхню породи від потужності пласта, що розробляється.

Графік залежності, наведений на рис. 2, підтверджує припущення про зростання обсягів виходу породи при розробці пластів потужністю від 0,8 до 1,2 м, у той час як на пластах більшої потужності спостерігається помірне зменшення маси видобутої гірської породи. Оскільки в нашій країні на більшості шахт розробляються саме тонкі пласти

вугілля, то закономірним наслідком рядового вугілля і відповідне зростання зростання видобутку є збільшення зольності витрат на його

Таблиця 3. Якісні характеристики запасів вугілля на шахтах ДХК «Жовтеньвугілля», шу «Кіровське», ДП «Артемвугілля»

Шахта	Плановий видобуток, тис. т	Зольність, %	Виробки, що не відповідають ПБ, %	Потужність пласта, м	Обсяг переукріплення, м ³	Концентрат, тис. т
Світанок	240	86,4	9,6	1,05	16 589	53,3
Кіровська	360	57,9	10	1,05	11 580	46,1
Житомирська	410	18,6	7	1	2 604	43,7
Пловайська	250	45,9	11,2	1,22	10 282	49,7
Комуніст	360	71,2	10,1	1,13	14 382	54,5
Жданівська	450	63,3	13,9	1,1	17 597	48,5
Ім. Леніна	490	52,6	22	0,9	2376000	54,7
Комсомолец	430	41,5	18,9	0,85	756 000	77,9
Ім. Ю. Гагаріна	380	43,5	20	0,87	760 000	50,0
Ім. Калініна	430	52,3	16,8	0,96	302 400	51,4
Ім. Румянцева	450	46,6	17,1	0,9	1299600	68,0

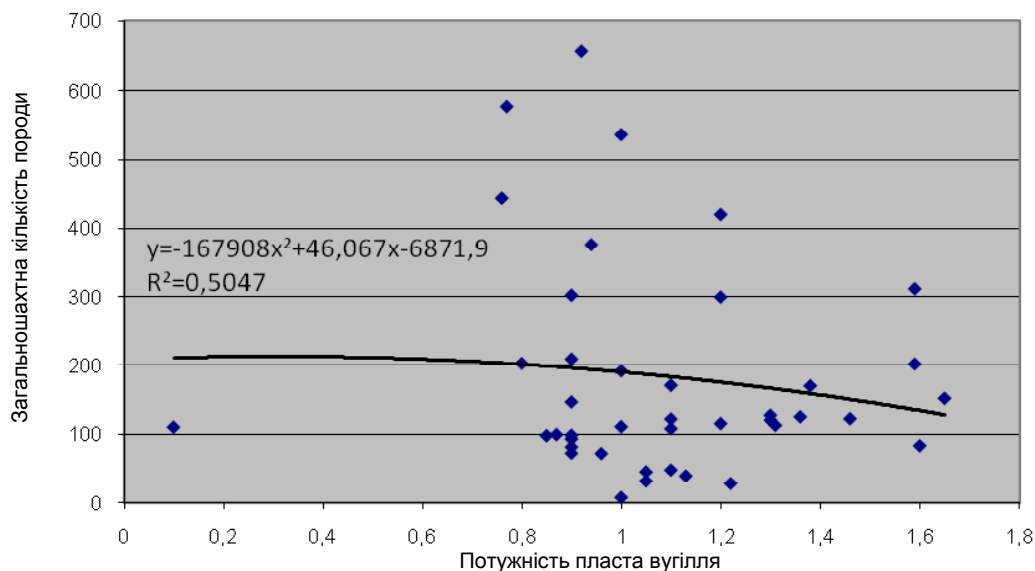


Рис. 2. Залежність між виходом породи і потужністю вугільних пластів

збагачення, що в решті-решт позначається на вартості тонни товарної вугільної продукції і на розмірі збитків, що отримує шахта від своєї господарської діяльності. Якщо десятиліття тому середня зольність видобутого в Україні вугілля становила 32%, то сьогодні цей показник наближається до 42% і дуже імовірно є його подальше зростання, а це, в свою чергу, збільшує і без того критичне навантаження на природне середовище шахтарських регіонів.

Все коксівне і частина енергетичного вугілля підлягає збагаченню гравітаційним і

флотаційним методами. Порода, що відділяється за допомогою першого з них, складається у відвали, переважно плоскі, а флотаційні хвости – у спеціальні сховища, ізольовані обвалуванням або греблями. На території Донбасу зосереджено 90% всіх діючих в Україні шахт, а видобуток вугілля складає 93,2% загального підземного видобутку. Всього на балансі діючих шахт нараховується 838 породних відвалів, з яких 115 є такими, що горять [5]. Поряд із шахтами складування породи (відходи

гравітаційного збагачення) і хвостів здійснюють збагачувальні фабрики.

Між тим використання ресурсного потенціалу відходів вуглевидобутку є вкрай невеликим і не перевищує 7%. Що стосується породи, то її споживання коливається в межах 1,5-2,0 млн. т на рік [6]. У той самий час порода від проведення гірничих виробок може використовуватися у виробництві кераміки, будівництві доріг, закладці відпрацьованого простору в шахтах і для деяких інших потреб. Відходи збагачення (флотохвости) можуть бути використані як сировина для кам'яного

литва, виробництва сірки і сільськогосподарських добрив.

Мінерало-петрографічні характеристики породних відвалів у Донецькому і Центральному вуглевидобувних регіонах наведені у табл. 4 [3]. Результати аналізу 169 проб, відібраних з відвалів шахт у Донецько-Макіївському промисловому регіоні, наведені у табл. 5 [4]. Результати проведених досліджень породи дозволяють прийняти рішення про можливі напрямки подальшого використання цього виду сировини з урахуванням фізико-хімічних властивостей і відповідності її існуючим санітарним нормам і екологічним вимогам.

Таблиця 4. Мінерало-петрографічна характеристика

Назва	Середній вміст	Довірчий інтервал (P=0,95)	Коефіцієнт варіації, %
Каолініти	27,6	34,7-20,5	13
Хлориди	17,1	21,9-12,3	14
Гідрослюди	25,2	31,1-19,3	12
Польові шпати	4,0	6,2-1,8	28
Кварц (загальний)	15,8	23,4-8,2	26
Сульфати	2,1	5,4-0,0	80
Сульфіти	0,75	1,7-0,0	65

Таблиця 5. Склад відвальної породи

Складники	Вміст, %		
	мінімальний	максимальний	середньозважений
Волога аналітична	0,2	9,2	2,0
Зольність	46,6	99,8	94,5
Сірка:			
загальна	0,04	15,41	0,98
пірїтна	0,01	0,42	0,14
сульфатна	0,03	14,7	0,79
органїчна	0,01	0,71	0,19
SiO ₂	46,7	74,2	61,6
Fe ₂ O ₃	6,0	18,7	9,0
Al ₂ O ₃	13,0	29,0	21,4
CaO	0,7	2,9	1,6

Переважно відвали складаються з глинистих різновидів (глинистих сланців, аргїлітів) піщаників, алевроліту, вапняку і невеликої кількості вугїлля. Негорїлі породи поширенї у більшостї відвалів, у їх нижнїй частинї. Порода перегорїлих відвалів є високомїнеральною (A^d=94,5%) і сухою (W^a=2,0%). Вміст загальної сірки коливається в широ-

ких межах від 0,04 до 15,41%, кремнїю, залїза і алюмїнію в середньому становить 61,6;9,0;21,4% від загальної маси відібраних проб.

Оскїлки в Українї запаси глинозему є незначними і він переважно надходить на експорт, то окисли алюмїнію, що мїстяться у породних відвалах, представляють інтерес як вторинний ресурс для виробництва

промислових сплавів. Для цього, наприклад, може бути використана технологія отримання заевтектичних силумінів, джерелом яких є сировина з концентрацією Al_2O_3 до 20%, або електрогідравлічний спосіб, при якому використовується руда з концентрацією бокситів більш ніж 15%. Відходи, що містять кремній і кальцій, можуть бути сировиною для виробництва будівельних матеріалів.

З вугільними пластами і оточуючими породами парагенетично пов'язані хімічні елементи, зокрема й рідкі землі (табл. 5). Із 70 виявлених рідкоземельних елементів 16 представлені стійко у породі і вугіллі [10].

У низці випадків концентрація рідких земель є вищою, ніж у сировині, що використовується традиційно. Так, маса германію, що міститься у вугіллі, яке щорічно спалюється в опалювальних пристроях, перевищує його щорічне споживання у 20 разів. З іншого боку, цінні рідкоземельні елементи потребують від вуглевидобувних шахт додаткових витрат на їх вилучення, а попит на деякі з них вимірюється у світі лише десятками тонн, через що більшість шахт найчастіше ігнорують можливості їх додаткового вилучення. Окремі автори [6] стверджують

про доцільність вилучення германію, при його вмісті у породі в межах 55 і більше грам на тонну, за умови вилучення супутніх йому галію, ітрію, цирконію і скандію. Інші автори [11] привертають увагу на перевищення пропозиції окремих рідких земель над поточним попитом та зазначають економічну недоцільність розпорошення виробничих ресурсів на видобуток цього виду супутнього продукту.

Статистична обробка результатів аналізу гранулометричного складу відвальної породи як будівельної сировини свідчить про те, що в середньому 51,5% її маси представлено щелевеною фракцією (розмір частинок більше 5 мм), а решта – пісковою. Спеціально проведені дослідження [3] засвідчили, що 45% відвалів через підвищений вміст у породі сірки непридатні для використання як сировини для керамічного виробництва, 15% може бути використано як пороутворювачі, решта – як заповнювачі бетону і як матеріал для дорожнього будівництва. Результати статистичної обробки гранулометричного аналізу проб горілої породи, відібраних із 40 відвалів у Донецькій області, наведені у табл. 6 [4].

Таблиця 6. Ситовий склад проб гірської породи териконів

Розмір вічок сита d , мм	Залишок на ситі $f(d)$, %	Вміст фракції більше $f(d)$, %	Довірчий інтервал $F(d)$, % ($P=0,95$)	Розрахункові значення	
				$f(d)$, %	$F(d)$, %
40	5,1	5,1	5,7-4,4	6,5	6,5
20	12,7	17,8	19,3-16,2	10,8	17,3
10	15,9	33,7	36,0-31,3	20,3	37,6
5	17,8	51,5	54,5-48,5	10,8	48,4
2,5	16,6	68,1	71,7-64,5	14,4	62,8
1,25	3,6	71,7	75,5-67,5	11,3	74,1
0,63	8,2	80,0	84,1-75,4	8,0	82,4
0,315	6,6	86,6	91,2-81,6	5,9	88,3
0,14	6,9	93,1	98,2-87,6	4,6	92,9

Дані табл. 6 свідчать про широкий діапазон розмірів частинок горілої породи – від десятих до сотих міліметра. Статистична обробка результатів ситового аналізу свідчить, що інтегральна крива розподілу маси породи за розмірами частинок

апроксимується за розподілом Розіна-Раммлера:

$$F(d) = 100 \exp\left(-\left(\frac{d}{a}\right)^b\right), \quad (1)$$

де d – еквівалентний діаметр частинок породи, мм; $F(d)$ – масова частка породи із

розмірами частинок більше d , %; a , b – параметри розподілу.

Виходячи з даних табл. 6, методом найменших квадратів були знайдені емпіричні значення коефіцієнтів $a=8,273$ і $b = 0,638$. Виходячи з хімічного аналізу, можна зробити висновок, що горілі породи териконів являють собою кондиційне сировинне джерело щебеню і піску для будівельної промисловості. За сукупністю фізико-хімічних властивостей горілий матеріал 40 досліджених шахтних відвалів розподіляється таким чином:

45% – у потрійній системі координат $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-(R}_2\text{O+RO+Fe}_2\text{O}_3)$ розташовані в системі природного здимання. При цьому третина з них за вмістом сірки є непридатною як керамічна сировина;

15% – середньоздимні і у потрійній системі координат знаходяться в сфері використання як пороутворювачі;

40% – не дають пластичного числа і оцінюються як наповнювач для бетонів і як матеріал для дорожнього будівництва.

Проби відвальної породи, відібрані на 58 вуглезбагачувальних фабриках Донбасу, характеризуються високим ступенем мінералізації ($A^c=74,22\pm 1,28\%$) і малою гігроскопічністю ($W^e=1,70\pm 0,06\%$).

Вміст сірки коливається від 0,7 до 6,7% і в середньому становить $3,7\pm 0,2\%$. Як свідчить петрографічний аналіз, основним компонентом відвальної породи є глинисті матеріали. Кількість карбонатних порід є незначною. У ряді випадків вони мають сидерит-анкеритовий і доломит-анкеритовий склад, рідше представлені вапняками. Частка піщанику лише в окремих випадках перевищує 15%, і хоча петрографічний аналіз довів наявність відносно великої (у середньому $23,9\pm 2,6\%$) кількості вугільно-мінеральних зрощувань у відвальній породі, вміст легких фракцій ($<1500 \text{ кг/м}^3$) із середньою зольністю 11,4% є невеликим (табл. 7) [3].

Таблиця 7. Характеристика фракційного складу

Фракції, кг/м^3	Середні значення при довірчій імовірності 95%		Середньоквадратичне відхилення	
	вихід, %	зольність, %	вихід, %	зольність, %
<1500	$2,39\pm 0,90$	$11,41\pm 2,40$	2,20	5,82
1500-2000	$9,61\pm 1,81$	$41,35\pm 1,81$	4,40	9,60
>2000	$83,21\pm 4,33$	$80,31\pm 1,07$	10,50	2,62

Вміст у породі зрощувань, щільність яких знаходиться в межах від 1500 до 2000 кг/м^3 , досягає на окремих фабриках 20%, а в середньому становить $9,61 + 1,8\%$ [3]. Мінеральна частина відходів флотаційного збагачення представлена переважно (у середньому $88,16\pm 1,250$) схильними до набухання і такими, що легко руйнуються,

глинистими речовинами і піритом ($1,0\pm 0,12\%$). Середня зольність флотаційних хвостів дорівнює 72% і збільшується зі зменшенням величини частинок. Середньостатистичний петрографічний склад хвостів флотації 20 збагачувальних фабрик Донецького вугільного басейну наведений у табл. 8 [10].

Таблиця 8. Петрографічний склад хвостів фракцій

Назва	Середнє, %	Середній квадрат відхилень, %	Коефіцієнт варіації, %	Довірчий інтервал середнього ($P=0,95$), %
Вугілля:				
Вітринитові зерна	8,0	0,98	54,4	10,0-6,0
Фюзинитові зерна	1,1	0,18	75,9	1,4-0,7
Зрощування:				
Віринит з глинистим матеріалом	1,6	0,23	67,0	2,0-1,1
Фюзинитові зерна	0,4	0,1	115,6	0,6-0,2

Вітринит з піритом	1,2	0,25	96,1	1,6-0,6
Порода:				
Глинистий матеріал	88,2	1,70	9,2	86,1-79,4
пірит	1,5	0,33	98,0	2,2-0,8
кальцій	0,6	0,17	120,4	1,0-0,3
кварц	2,7	0,58	96,7	38-1,5
Органічна частина	11,2	1,34	53,6	13,9-8,5
Мінеральна частина	88,2	1,24	6,3	90.6-85,6

Середньозважений діаметр хвостів флотації 20 збагачувальних фабрик Донбасу знаходиться в межах 0,05-0,24 мм, неквадратичне відхилення – 0,145 мм. Поширення частинок за розміром є несиметричним, що, найімовірніше, зумовлено більш високою ефективністю вилучення частинок, більших за 0,25 мм, в усіх технологічних операціях, у тому числі й тих, що передують флотації. Гранулометричний склад хвостів апроксимується рівнянням (2). Коефіцієнт кореляції $r = 0,96 - 0,99$, $F > 50$. Розрахункові значення коефіцієнтів дорівнюють $0,067 \pm 0,027\%$ і $0,49 \pm 0,12\%$ відповідно. Увагу привертає висока варіація коефіцієнта a , що може пояснюватися високим ступенем метаморфізму і петрографічним складом ендегенних частинок флотоваого вугілля і, як наслідок, їх схильністю до набухання, стирання, подрібнення. Тому й зольність хвостів флотації A^d має тісний зв'язок ($r=0,81$) з граничними розмірами класів і апроксимується експоненційним рівнянням:

$$A^d = e^{5,0073 - 0,174 \ln N} \quad (2)$$

де N – середнє значення граничних класів крупності, мкм.

З вугіллям парагенетично пов'язані хімічні мікроелементи, проте їхній вміст у породі є дуже незначним і промислова розробка таких елементів на сучасному етапі науково-технічного розвитку людства є недоцільною. Деякого поширення набуло виробництво піритних концентратів, що застосовуються у металургійному виробництві при обробці сталі і плавці нікелевих і кобальтових руд. Що стосується оксидів алюмінію, кременю, сірки, заліза та інших елементів, то вони в окремих випадках відповідають за кондиціями природній сировині, яка застосовується у промисловому виробництві. Промисловий інтерес представляє германій, запаси якого є доволі суттєвими на вітчизняних вугільних родовищах, але обмежуючими факторами виступають додаткові витрати на його вилучення і вкрай незначна ємність світового ринку цього рідкоземельного елемента. Небезпеку для навколишнього середовища представляють берилій, вісмут, цинк, свинець, арсен, ртуть. Напрямки виробництва і найбільш поширені види продукції, що отримуються з відвальної породи і флотаційних хвостів, наведені у табл. 9.

Таблиця 9. Напрямки використання відвальної породи і флотаційних хвостів

Напрямки промислового виробництва	Вид продукції
Легкі неорганічні заповнювачі для бетону	Керамзитовий щебінь, керамзитовий гравій, аглопорит
Заповнювачі для бетону	Фракційований щебінь, піщано-щебенева суміш, штучний пісок
Будівельна кераміка	Цегла, черепиця, каналізаційні труби, виснажуючі добавки до високопластичних глин при виготовленні стінової кераміки, тротуарна плитка
Зв'язувальні матеріали	Безклінкерний цемент, вихідна сировина
Склокерамічні матеріали	Кам'яне литво, скловата
Дорожнє будівництво	Матеріал для основ доріг, заповнювач асфальтобетонних сумішей
Хімічне виробництво	Комплексні органо-мінеральні добрива, склокристалічні матеріали, сірчана кислота
Гідротехнічне будівництво	Дренажні пристрої, заповнювач бетонів

Наведені характеристики складу і фізико-хімічних параметрів дозволяють зробити попередню оцінку продуктів складування у відвалах, що є одним з етапів екологічної паспортизації вуглевидобувних підприємств і побудови логічного сценарію можливого промислового застосування техногенних мінеральних ресурсів як вихідної сировини для виробництва товарної продукції, створення баз даних про еколого-біологічну небезпеку інгредієнтів, що містяться у відвалах і хвостах збагачення. Як видно з табл. 9, існує широкий спектр напрямків використання відвалів гірської породи і відходів збагачення, що дозволяють перетворити небезпечну для довкілля сировину на цінний вторинний мінеральний ресурс. У міру виснаження основних родовищ увага промисловців все більшою мірою буде концентруватися на розробці техногенних родовищ, оскільки останні є легкодоступним джерелом сировини і мають комплексний характер. Обмеженням використання гірської породи є часто її хімічний склад, зокрема включення шкідливих речовин, підвищена радіоактивність тощо. У таких випадках порода може бути використана для заповнення підземного простору і погашення виробок на діючих шахтах і тих, що ліквідуються.

Висновки та пропозиції. У сучасній практиці існує широкий спектр напрямків використання відвалів гірської породи і відходів збагачення, що дозволяють перетворити небезпечну для довкілля сировину на цінний вторинний мінеральний ресурс. У міру виснаження основних родовищ увага промисловців все більшою мірою буде концентруватися на розробці техногенних родовищ, оскільки останні є легкодоступним джерелом сировини і мають комплексний характер. Обмеженням використання гірської породи є часто її хімічний склад, зокрема включення шкідливих речовин, підвищена радіоактивність тощо. У таких випадках порода може бути використана для заповнення підземного простору і погашення виробок на діючих шахтах і тих, що ліквідуються.

Література

1. Тургай Н.С., Кулиш В.А., Олевская Т.В. Вопросы реабилитации земель, нарушенных горными работами в Львовско-Волынском бассейне и Западном Донбассе // Экология шахтерских регионов. – К.: УкрНИИПроект, 1999. – С. 1-6.
2. Шульц Д. Концепция породных отвалов предприятий концерна «Рурколе» // Глюкауф. – 1989. – № 1/2. – С. 41-45.
3. Заря А.В., Родин Д.П., Григорюк М.Е. Совершенствование управления горнопромышленными отходами и воссоздание экологического мониторинга – реальне меры оздоровления ситуации в угледобывающих регионах Украины: Сборник научных трудов Донецкого научно-исследовательского угольного института. – Донецк, 2005. – С. 73-77.
4. Геологическое заключение по «Оценке физико-химического и компонентного состава пород 9 исследованных недействующих отвалов шахт ПО «Донецкуголь» и «Макеевуголь» / Артёмовская геологоразведочная экспедиция ГПП «Донбассгеология». – Артёмовск, 1992. – 55 с.
5. Вагонова А.Г. Экологические последствия добычи угля в регионах с ограниченными запасами // Проблемы природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів: Матеріали другої міжнар. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ: ІППЕ НАН України. – 2003. – С. 191-193.
6. Чих Г. Утилизация и устранение отходов угольной промышленности // Глюкауф. – 1993. – № 1/2. – С. 70-76.
7. Бильд Г. Сокращение выхода породы в шахте // Глюкауф. – 1988. – № 19/20. – С. 2-7.
8. Жук В.Н. Совершенствование ресурсосбережения в отрасли // Уголь. – 1998. – № 9. – С. 42-43.
9. Иванов Н.И., Хижняк Л.Т., Липницкий Д.В. Методические подходы к решению проблемы ресурсосбережения. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 1997. – 27 с.
10. Недодаева Н.Л. Эколого-экономическая политика природопользования в

умовлях специфики горного производства:
моногр. / НАН України. Ін-т економіки
пром-сти. – Донецьк, 2006. – 356 с.

11. Daly H. Towards to Environmental
Macroeconomics. The Internal Society For
Ecological Economics. – Washington D.C.,
1990. – P. 10-15, 34-38.

12. Звіт Міністерства вугільної
промисловості України про стан гірничого
господарства вугільних шахт України /
Міністерство вугільної промисловості
України. – Київ, 2004. – 78 с.