

## ВИКОРИСТАННЯ ШАХТНИХ ВІДВАЛЬНИХ ПОРІД ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО ВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ У ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

© Мовчан М.І., Акімов Д.М., 2011

Викладено результати досліджень шахтних відвальних порід Львівсько-Волинського вугільного басейну з метою застосування їх у дорожньому будівництві. Наведено хіміко-мінералогічний склад, фізико-механічні характеристики та зерновий склад відвальних порід. За матеріалами досліджень запропоновано сфери використання відвальних порід у дорожньому будівництві.

**Ключові слова:** хіміко-мінералогічний склад, фізико-механічні характеристики, відвальні породи, дорожнє будівництво.

**The testing result of the mining nonutilizable waste of Lviv-Volynsk Coal Field is discussed. There was a usage of the waste in the road building as a testing goal. The chemical, mineral and the grain mixture of the waste are presented. There were the applications methods of mining waste in the roads and highways construction proposed.**

**Key words:** chemical, mineral and the grain mixture, highways construction proposed.

**Актуальність проблеми.** Перед проектувальниками та будівельниками автомобільних доріг стоїть завдання забезпечити максимальне зменшення вартості будівельних робіт за одночасного підвищення якості їх виконання та збільшення терміну служби конструкцій. Істотно зменшити витрати на дорожнє будівництво можливо під час використання місцевих матеріалів, відходів і побічних продуктів промисловості зі створенням нових економічних типів конструкцій і виробів. В останні роки все більше уваги приділяється питанням охорони довкілля, утилізації промислових відходів. Шахтні відвальні породи – це місцева сировина: відходи вугільної промисловості. Основним видом відходів є порожня порода, яка супроводжує процес видобування вугілля або вилучається під час його збагачення. Ця порода часто вміщає підвищену кількість вугілля, яке самозаймається і випалює її.

Під час складування породи в терикони відбувається її розділення за розмірами. Дрібні фракції залишаються у верхній частині терикона, починаючи від розвантажувальної рампи і закінчуючи нижнім положенням рештаків, якими порода пропускається по схилу. Великі уламки, рухаючись по укусу конуса, нагромаджуються у нижній частині терикона. У зв'язку з цим нижній шар (15...20 % від усієї висоти) терикона складається з великих уламків породи, поровий простір якого сприяє притоку повітря для горіння вугілля. Процес самовипалювання перебігає за обмеженого доступу повітря, він тривалий, некерований і закінчується спонтанно під час вигорання вугільних домішок. Термін вигорання становить приблизно 35 років і зумовлений властивостями вугілля, вмістом сульфідів, вугленасиченням і способом складування порожніх порід.

У районах, де видобувають вугілля, постає питання утилізації відходів вуглезбагачення. Гостро стоїть воно й для Львівсько-Волинського вугільного басейну. Особливість цього басейну – необхідність розробки великої кількості порожніх порід і складування їх у відвали та терикони. Крім того, Львівська область, в якій розташований цей басейн, належить до регіонів, де на людину припадає мала кількість орної землі. Практика показує, що шахтні породи, за дотримання належної технології їх підготовки та укладання, можна успішно використовувати у дорожньому будівництві. Запаси шахтних відвальних порід Львівсько-Волинського вугільного басейну становлять десятки мільйонів кубічних метрів. Терикони переважно розміщені поблизу автомобільних доріг, доступні та зручні для розробки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основними споживачами шахтних відвальних порід є дорожнє, цивільне, промислове та гідротехнічне будівництво. Ці відходи використовуються у зарубіжному й вітчизняному будівництві для виготовлення цегли, керамічних виробів, аглопориту, керамзиту, легких пористих блоків та конструкцій, бетонів та розчинів, у транспортному та гідротехнічному будівництві. У дорожньому будівництві шахтні відвальні породи застосовуються для спорудження насипів, зокрема й високих, для влаштування укріплених і морозозахисних шарів, для будівництва покриттів на тимчасових проїздах і основ під тротуари, для виготовлення асфальтобетонних і бітумомінеральних сумішей, для укріплення ґрунтів [1–5].

Ширше шахтні породи використовуються під час спорудження земляного полотна, особливо високих насипів. При цьому досягається найбільший економічний ефект. Так, під час будівництва доріг у Донецькій області застосування шахтних відвальних порід для відсіпки насипів дало економію коштів в сумі 8...10 % від загальної вартості об'єкта. Використання шахтних горілих порід під час будівництва автомобільної дороги Чита-Аеропорт дало змогу вести земляні роботи за від'ємних температур повітря, оскільки горіла порода не змерзається, що дало відповідний економічний ефект. Для спорудження земполотна може використовуватися як горіла, так і негоріла порода [5–11].

Враховуючи рельєф, ґрунтово-гідрологічні та інші умови територій, суміжних із Львівсько-Волинським вугільним басейном, перспективним і економічно доцільним є використання шахтних порід для спорудження земляного полотна для будівництва конструктивних шарів дорожнього одягу, для вирівнювання територій і будівельних майданчиків тощо. Особливої ваги набуває проблема розширення сфери використання шахтних відвальних порід в умовах дефіциту місцевих природних кам'яних матеріалів. Досвід застосування цих порід дає змогу прогнозувати, що за дотримання належної підготовки та укладання добре випалені шахтні горілі породи можна успішно використовувати і в конструктивних шарах дорожнього одягу.

**Мета роботи** – вивчити властивості шахтних порід Львівсько-Волинського вугільного басейну для обґрунтованого і ефективного використання їх в дорожньому будівництві.

**Методика досліджень.** Дослідження проводили для шахтних порід з відвалів № 5 і № 7 (В. Мости). Хімічний і мінеральний склади визначали за стандартними методиками. Для оцінки фізико-механічних характеристик шахтних горілих порід використовували такі показники: об'ємну масу, пористість, водопоглинання, пустотність, межу міцності за стиску тощо.

**Результати лабораторних досліджень.** Шахтні відвальні породи мають багато різновидів, які відрізняються за своїми властивостями. За літологічним складом ці породи являють собою суміш осадових порід, які супроводжують вугільні пласти, – аргілітів, алевролітів, пісковиків, глинистих сланців, вапняків та вугілля різного мінералогічного складу. Після випалення в териконах істотно змінюються фізико-хімічні властивості породи.

За ступенем природної термічної обробки відвальні породи можна розділити на:

- невипалені породи (фактично відсутні уламки горілої породи, низька механічна міцність. Це переважно свіжі відходи вуглезбагачення);
- слабковипалені породи (характеризуються значним вмістом шматків горілої породи);
- горілі породи (характеризуються відсутністю невипалених частинок, шматки породи мають забарвлення червоної гами кольорів).

Залежно від мінерального складу порід розкриву горілі породи можуть бути розділені на дві групи:

- глинисті, які бувають залізисті (червоно-бурого кольору з великим вмістом заліза), і малозалізисті (жовтувато-рожевого й білого кольорів);
- запісочені, які мають кам'янисту, трохи піщану структуру і рожево-цегляне забарвлення.

Можлива також класифікація шахтних горілих порід за ступенем випалювання. Нормальним випалюванням вважають таке, за якого водопоглинання горілої породи знаходиться в межах 5...10 %, а підвищеним – за водопоглинання менше ніж 5 %.

Хімічний і літологічний склад характеризуються як техногенний вид великоуламкового ґрунту, що складається, як правило, з аргілітів, алевролітів і залишків вугілля. Рідше зустрічаються

пісковики і карбонатні породи. Хіміко-мінералогічний склад шахтних відвальних порід повністю залежить від характеру та складу порід розкриву.

Хімічний склад горілих порід В. Мостовських шахт № 5 і № 7 наведено у табл. 1, мінеральний склад – у табл. 2, а фізико-механічні показники – у табл. 3.

Таблиця 1

### Хімічний склад шахтних горілих порід

Номер шахти	Вміст окислів, % до маси							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	інші
5	64,93	22,03	7,17	1,20	1,06	1,91	0,8	0,9
7	63,77	21,50	7,22	1,41	1,16	2,04	1,1	1,8

Таблиця 2

### Мінеральний склад шахтних горілих порід

Складові породи	Вміст, % до маси
Глинисті сланці	54
Піщані сланці	27
Пісковики	12
Вуглисті сланці	5
Карбонатні породи	2

Орієнтовно якість породи можна оцінити також візуально. Щільна структура та гладка каменеподібна поверхня зламу свідчать про високу якість горілої породи. Ніздрювата та шорстка, або жирна на дотик поверхня зламу вказує на низьку міцність матеріалу. Добре випалені породи мають червону гаму кольорів, невипалені – сіру. Ступінь випалювання впливає не тільки на міцність матеріалу й розміри грудок породи, але й на зерновий склад відвальної породи. Крім того, зерновий склад горілої породи залежить від способу розроблення терикона. З огляду на це, слід зазначити, що характеристика природного зернового складу горілих порід є дуже відносна.

Зерновий склад шахтних відвальних порід залежить переважно від міцності та хіміко-мінералогічного складу порожньої породи. Якщо порожня порода тверда й міцна, то горілий матеріал буде грубий і масивний. Подрібнення шахтні породи зазнають під час скочування схилом терикона, від тиску покриваючих шарів та під час випалювання.

Таблиця 3

### Фізико-механічні характеристики шахтних горілих порід

Показники породи	Значення показника
Густина, кг/м <sup>3</sup>	2370...2580
Об'ємна маса грудок, кг/м <sup>3</sup>	1690...2460
Насипна маса, кг/м <sup>3</sup>	1360...1510
Водопоглинання, % до маси	1,95...6,35
Пористість, % до об'єму	3,5...30,2
Стирання в поличковому барабані, % до маси	13,7 і більше
Межа міцності на стиснення, МПа	6,7...71,3
Марка щебеню за показником дробності в циліндрі (у сухому стані)	300...600

Найміцніші горілі породи одержують у результаті випалювання дрібнозернистих піщаників, піщаних сланців (з дуже малим вмістом вугілля). За даними Г.І. Книгіної, горілі породи, що складаються з глинистих і вуглистих сланців із домішками вугілля, карбонатних і залізистих мінералів, зазнають природного подрібнення. Ці породи рекомендовані для дорожнього будівництва. Зерновий склад шахтних горілих порід наведено у табл. 4 і 5.

Зерновий склад шахтної горілої породи (Шахта № 5)

Показники	Розміри отворів сит, мм										
	70	40	20	10	5	2,5	1,25	0,5	0,315	0,14	<0,14
Частковий залишок на ситі, % до маси	6,3	12,3	17,8	16,0	14,3	6,4	6,5	5,8	3,5	4,5	6,6
Повний залишок на ситі, % до маси	6,3	18,6	36,4	52,4	66,7	73,1	79,6	85,4	88,9	93,4	100,0

Таблиця 5

Зерновий склад шахтної горілої породи (Шахта № 7)

Показники	Розміри отворів сит, мм										
	70	40	20	10	5	2,5	1,25	0,5	0,315	0,14	<0,14
Частковий залишок на ситі, % до маси	6,5	8,2	21,4	20,5	14,0	5,3	6,7	5,0	2,6	3,0	6,8
Повний залишок на ситі, % до маси	6,5	14,7	36,1	56,6	70,6	75,9	82,6	87,6	90,2	93,2	100,0

Однорідність матеріалу можна поліпшити селективною вибіркою під час розроблення терикона, подрібненням породи з подальшим розділенням на фракції й приготуванням суміші оптимального зернового складу. Коли зерновий склад горілої породи не відповідає оптимальному, до суміші потрібно ввести додаткові фракції, одержані після розсіювання породи. У горілій породі оптимального зернового складу вміст фракцій повинен становити: 40...70 мм – 44...55 %, 20...40 мм – 18...25 %, 5...20 мм – 10...15 %, 0,1...5 мм – 12...18 %.

Число пластичності дрібнозему не повинно перевищувати 5. В іншому разі неминує грудкування суміші після зволоження і, як наслідок, незадовільне змішування з в'язучим під час зміцнення породи. Дрібнозем добре випалених порід, як правило, не проявляє гідралічних властивостей, але розчинна частина в сумішах, що зміцнені цементом, після тверднення набуває підвищеної міцності, водо- і морозостійкості. Вміст дрібнозему в суміші можна допускати до верхньої граничної межі.

**Висновки.** Результати досліджень підтвердили можливість використання шахтних горілих порід Львівсько-Волинського вугільного басейну для спорудження насипів, зокрема й високих, для будівництва основ дорожніх одягів на автомобільних дорогах III–IV категорій та покриттів на автомобільних дорогах IV–V категорій і на внутрішньогосподарських дорогах III-с категорії.

Але ці породи неоднорідні за структурою та своїми властивостями. В одному й тому самому териконі поряд із щільним, добре випаленим матеріалом, залягають маломіцні, слабковипалені породи. Зерновий склад породи також дуже змінюється у межах терикона. У зв'язку з цим кам'яний матеріал рекомендується попередньо переробляти, а в конструкціях дорожнього одягу застосовувати підібрані суміші оптимального зернового складу.

Стабільність характеристик шахтної породи в конструктивних шарах земляного полотна і дорожнього одягу залежатиме також і від дорожньо-кліматичних умов експлуатації. Слабковипалені та невипалені породи можна застосовувати в конструкціях земляного полотна тільки за умови належної ізоляції їх від води. Горілі, добре випалені породи можуть задовільно працювати в конструктивних шарах дорожнього одягу за умови, коли будуть враховані розмір навантаження й особливості зволоження земляного полотна в період експлуатації дороги

Під час проектування й спорудження земляного полотна необхідно ретельно дотримуватися вимог щодо забезпечення поверхневого водовідведення та обмеження капілярного підняття води.

Під час експлуатації автомобільної дороги водовідвідні споруди слід утримувати в робочому стані і не допускати переозволення земляного полотна й дорожнього одягу.

1. Ковалев Н.А. Горелые породы шахтных терриконов эффективный дорожно–строительный материал. – Ростов на Дону, 1976. 2. Книгина Г.И. Строительные материалы из горных пород. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1966. 3. Фоменко Т.Г., Кондратьев А.Ф. Отходы флотации и их свойства. – М.: Недра, 1977. 4. Якунин В.П., Агроскин А.А. Использование отходов обогащения углей. – М.: Недра, 1978. 5. Абалмасов Ю.Д. и др. Земполотно из горелых пород // Автомобильные дороги. – 1987. – №7. 6. Боднар Ю.В. и др. Комплексное использование горелых пород // Строительные материалы и конструкции. – 1989. – № 2. 7. Евгеньев И.Е. и др. Насыпи из отходов углеобогащения // Автомобильные дороги. – 1987. – № 6. 8. Комаров В.В., Малиновский Ю.И. Использование отходов угольной промышленности // Автомобильные дороги. – 1987. – № 7. 9. Купраш Р.П. и др. Использование горелых пород для устройства земполотна // Автомобильные дороги. – 1979. – № 8. 10. Сасько Н.Ф. Особенности технологии строительства земполотна из углеотходов // Автошляховик України. – 1992. – № 1. 11. Жданюк В.К., Гнатів М.Я., Говоруха О.В., Бойко Є.М. Застосування відходів шахтного виробництва при благоустрої територій та будівництві автомобільних доріг. Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: мат. VIII Междунар. научн.-техн. интернет-конф. – Харьков: ХНАГХ, 2008. – 153 с.

УДК 69.07

А.Я. Мурин, Р.І. Канафоцький, Т.В. Приставський  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра мостів та будівельної механіки

## МОМЕНТ ТРІЩИНОУТВОРЕННЯ НОРМАЛЬНИХ ПЕРЕРІЗІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ПІДСИЛЕНИХ ЗОВНІШНЬОЮ КОМПОЗИТНОЮ АРМАТУРОЮ

© Мурин А.Я., Канафоцький Р.І., Приставський Т.В., 2011

Подано результати теоретично-експериментальних досліджень моменту тріщиноутворення нормальних перерізів залізобетонних балок, підсиленних зовнішньою композитною арматурою. Наведено графік та таблиці тріщиноутворення нормальних перерізів експериментальних балок.

Ключові слова: залізобетонна балка, підсилення, зовнішня композитна арматура, момент тріщиноутворення.

The results of theoretical and experimental investigations of reinforced-concrete beams, strengthened an external composite reinforcement are given. Parameters of crack-resistance of normal cuts of investigations beams are resulted.

Key words: reinforced-concrete beam, strengthening, external composite reinforcement, cracking moment.

**Постановка проблеми.** Для збільшення міцності, жорсткості та тріщиностійкості конструктивних балкових елементів сьогодні широко використовується практика підсилення залізобетонних конструкцій фіброармованими пластиками, які наклеюються в зонах максимального розтягу на поверхні конструкцій як додаткове зовнішнє армування [1–4].

Складність вивчення роботи підсиленних конструкцій полягає у тому, що у водній конструкції поєднуються три різні матеріали: бетон, внутрішня сталева та зовнішня композитна арматури. При цьому складові відрізняються як фізико-механічними показниками, так і їх взаємодією, що необхідно враховувати під час проектування підсилення.