

УДК 622 – 032. 35: 502. 7

О.І. ПОВЗУН (канд. техн. наук, доц.),
С.О. ВІРИЧ (канд. техн. наук, доц.),
С.В. КОНОНИХІН (канд. техн. наук, доц.)
Т.В. ГОРЯЧЕВА (ст. викладач)

Донецький національний технічний університет
Красноармійський індустріальний інститут

УКРІПЛЕНІ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНИМ В'ЯЖУЧИМ ГОРІЛІ ПОРОДИ ШАХТНИХ ТЕРИКОНІВ В ОСНОВАХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ

Показано можливість використання відходів вугільної промисловості – горілих порід шахтних териконів – як техногенної сировини у дорожньому будівництві. Визначено фізико - механічні властивості горілої породи шахти "Мушкетівська" (м. Донецьк). Досліджено кам'яновугільне в'язуче для укріплення горілопородних основ автомобільних доріг. Кам'яновугільним в'язучим є кам'яновугільний дьоготь, модифікований відходами виробництва полістиролу, — полістирольним пилом. Визначено оптимальну температуру суміщення полістирольного пилу з кам'яновугільним дьогтем і термін приготування дьогтеполістирольного в'язучого.

Ключові слова: горілі породи, кам'яновугільне в'язуче, відходи промисловості.

Постановка проблеми та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Наразі в Україні гостро стоїть проблема утилізації відходів і побічних продуктів промисловості. Щороку відвали, що займають великі площі земель, збільшуються на сотні тисяч кубометрів.

З усіх утворюваних і накопичуваних відходів самими великотоннажними є відходи вугледобувної та паливної промисловості - породи шахтних відвалів і золошлакові відходи.

В індустріально розвинутому Донбасі, в структурі господарчого комплексу якого вугільна промисловість є однією з провідних галузей, проблеми, пов'язані з вугільною промисловістю, є особливо гострими. Її підприємства відносяться до джерел найбільшого екологічного забруднення навколишнього середовища, яке відбувається не тільки безпосередньо під час видобутку, але й тривалий час після нього [1]. Джерелом цього забруднення є вугільні відвали (терикони горілих порід).

Горілі породи - продукт тривалого випалювання вуглевісних порід, витягнутих на поверхню під час видобутку вугілля і складування в териконах. Випалювання пустих шахтних порід відбувається у відвалі при температурах, близьких до 1000°C.

Горілі породи - це збірне поняття, що включає велику кількість різновидів відходів вуглевидобутку, які відрізняються своїми властивостями. Різний мінералогічний склад пустих шахтних порід і умови природного процесу вигорання призводить до утворення продуктів, що мають різний ступінь випалення, об'єднаних в клас "горілі породи". Якщо порівнювати самовипалення горілих порід в терикониках зі спалюванням у топках, то породи випалюються у важчих умовах, часто у вигляді крупних глиб з обмеженим доступом повітря і тягою, але такий процес довготривалий і відносно більш рівномірний.

На території Донбасу налічується за різними джерелами [1-5] від 1200 до 1500 і більше відвалів вугільних шахт (териконів), у кожному з яких у середньому 1144 м³ породи. Терикони розкидані по всій території Донбасу на площі 5,5 тис. га (а з урахуванням санітарно – захисної зони біля 30 тис. га), де зосереджено до 1800000 тис. т відходів [4], що негативно впливає на атмосферне повітря, підземні води, ґрунти, рослинний та тваринний світ. Щорічний обсяг гірської маси, що видається шахтами Донбасу у відвали, становить біля 30 млн. м³, а їхній загальний об'єм перевищує 2 млрд. м³, що, безумовно, створює суттєву екологічну напругу [2], [3].

З кожного гектара поверхні молодих відвалів щорічно виноситься за межі цих земель від 200 до 500 т пилу. Площа запилення становить 500 га на 1 га відвальної поверхні [6].

Конічна форма відвалів, велика крутизна їхніх схилів (до 45°) сприяє катастрофічним ерозійним процесам ґрунту [1].

Просідання земної поверхні по Донецькому басейну в середньому коливається в межах від 1,5 до 2,5 м, внаслідок чого сформувалася регіональна депресивна воронка глибиною 25-40 м [6]. З просіданням земної поверхні тісно пов'язані процеси затоплення і підтоплення територій, які супроводжуються руйнуванням будівель і споруд, порушенням умов гідрогеології регіону.

Деякі терикони вугільних шахт горять, сприяють значній зміні складу атмосферного повітря й випаданню кислотних дощів [1]. Процеси горіння в них призводять до термальних перетворень і плавленню вихідних осадових порід [7], [8]. Карбонатні осадові породи (вапняки, сидерити, анкерити, доломіти) і продукти їх перетворення є звичайними компонентами териконів вугільних шахт різних регіонів світу [7-11].

Палаючі терикони виділяють пари, в яких окрім води містяться: сірчана кислота (сульфат – іон), вуглекислота, двооксид азоту (нітрат – іон), які в десятки разів перевищують допустимі норми. При браку кисню в осередках горіння в парогазових викидах містяться сірководень, вуглеводні, аміак, оксид вуглецю тощо [12]. Так, з одного палаючого відвалу за добу в середньому виділяється в атмосферу 4-5 т оксиду вуглецю та від 600 до 1100 кг сірчистого ангідриду, а також невеликі кількості оксидів азоту й інших продуктів горіння [1]. Виділення з породних відвалів містять оксиди сірки; дрібні частинки утримують свинець або азбест, окислювачі, берилій тощо [6]. У породі діючих відвалів вугільних шахт сірка знаходиться у чистому виді або утворює агрегати і сполуки з возгонами інших речовин [13]. Сірка – єдина горюча речовина, утворювана в гірській породі за звичайних умов, яка має низьку температуру сомозапалювання на повітрі. З осередків горіння породи у відвалі при температурі близько 300°C виділяються SO₂, H₂S, CS₂, COS [6], [13].

Властивості горілих порід визначаються умовами формування: складом мінеральної частини, температурою випалення, а також складом газового середовища під час горіння. Всі ці фактори у підсумку визначають галузь застосування.

Накопичення вугільних відходів за кількістю і якістю мінеральної сировини, що міститься в них і яка придатна для використання в сфері матеріального виробництва, слід вважати техногенними родовищами [14-17].

Розв'язання проблеми промислового використання відвальних шахтних порід означає організацію рентабельного виробництва, звільнення значних земельних угідь, зайнятих відвалами, і зменшення їхнього впливу на навколишнє природне середовище. Великотоннажна переробка шахтних териконів можлива лише в галузі дорожнього будівництва або виробництва будівельних матеріалів [2], [3].

Аналіз досліджень і публікацій. Відоме застосування відвальних горілих порід в настигах земляного полотна автомобільних доріг [18], в підстильних шарах [19], [20] та основах [15], [16], [21], [22] дорожніх одягів. Але такі конструктивні шари недовговічні через низький опір зсувові (пухкий незв'язний матеріал). Відоме також улаштування горілопородних щобеневих шарів, оброблених цементом [23], [24] або просочених бітумами чи рідкими кам'яновугільними дьогтями [25].

Цемент і бітум – це високовартісні в'язучі речовини у порівнянні з малов'язкими кам'яновугільними в'язучими, але останні мають підвищені токсичність і схильність до старіння, низьку теплостійкість і за фізико – механічними властивостями суттєво поступаються нафтовим бітумам [26].

Кам'яновугільні дьогті підвищеної в'язкості мають поліпшені реологічні властивості і за якістю наближаються до бітумів.

Одним з ефективних способів поліпшення якості кам'яновугільних в'язучих є введення до їх складу полімерів, що суміщаються з ними [27].

Постановка задач дослідження. Розділяючи дорожню конструкцію на окремі шари, можна зазначити, що найбільш проблемною ділянкою є її основа. Наразі найпоширенішим типом дорожніх основ є щобеневі основи. Порівняно з основами з матеріалів і ґрунтів, укріплених цементом, щобеневі основи мають такі переваги, як відсутність потреби в змішувальних установках; висока технологічність, обумовлена можливістю тривалого зберігання в при trasових

штабелях або безпосередньо на дорозі; допустимість транспортування і укладання в негоду; допустимість після розклинівки і ущільнення основи відкриття по ній автомобільного руху і використання його як тимчасове покриття (стадійне будівництво); зручність під час виконання ремонтних робіт і реконструкції без перекриття автомобільного руху; просторова однорідність шару, що унеможливує появу на зверху влаштованому асфальтобетонному покритті "відзеркалених тріщин". Однак за всіх перелічених переваг даного типу основ на практиці рідко реалізуються потенційні можливості щебеневих матеріалів у підвищенні міцності дорожнього одягу.

Впродовж багатьох років при нормуванні вимог до щебеню для дорожніх основ фахівці керувались уявленням про вплив міцності породи: чим міцніший камінь, тим вище якість основи. Але насправді міцність каменя впливає на модуль пружності значно менше, ніж щільність укладання щебеню, яка у менш міцного каменя, що легко ущільнюється, виявляється вищою. Жорсткість ущільненого шару щебеню залежить від жорсткості контактів його окремих зерен; тому загальна пружна деформація від дії зовнішніх навантажень складається з елементарних пружних зближень пари зерен, що стикаються. У щебеню, що легко ущільнюється (а саме таким є горілопородний щебінь), площадки контактів зерен, утворюваних під час ущільнення, більші і, отже, пружні зближення пари зерен менше, ніж щебеню, що важко ущільнюється. Цим і пояснюються вищі модулі пружності зі щебеню, що легко ущільнюється.

В цілому, основа дорожнього одягу, виконана з зернистого матеріалу (щебеню), не має достатньої жорсткості, що призводить до залишкових деформацій і перенапруженню в покриттях автомобільних доріг. Досвід будівництва і експлуатації дорожніх одягів з основами з укріплених кам'яних матеріалів свідчить про значну їх перевагу перед основами зі щебеню. До того ж, дрібнозерниста органомінеральна суміш додатково сприятиме збільшенню площадок контактів між крупнішими зернами.

Метою даної роботи є виявлення можливості використання горілих порід шахтних териконів в основах автомобільних доріг і дослідження полімерного кам'яновугільного в'язучого для їх укріплення.

Задачами дослідження є вивчення кінетики і механізму розчинення відходів полімеру в кам'яновугільних в'язучих, а також розробка рекомендацій щодо визначення температуро – часових режимів їх суміщеності.

Викладення основного матеріалу та результати. Як об'єкти досліджень було прийнято:

1. Горіла порода згаслого терикону шахти "Мушкетівська" (м. Донецьк).
2. Кам'яновугільні дьогті, що задовольняють вимогам ГОСТ 4641.
3. Полімер — відходи виробництва полістиролу — полістирольний пил (ВАТ «Концерн «Стирол», м. Горлівка Донецької області).

Під час відбору проб горілої породи з терикона було помічено, що дрібні фракції знаходились у верхній його частині, починаючи від розвантажувальної рампи і закінчуючи нижнім положенням риштаків, якими порода пропускається по схилу. Великі уламки, рухаючись по укусу конуса, нагромадились у нижній частині терикона.

Накопичення дрібних фракцій у верхніх шарах відвалу пояснюється рухом породних окремоостей в режимі тертя ковзання. Дрібна фракція заповнює пори верхніх шарів відвалу, затримується на нерівностях укусу відвалу і, як наслідок, у меншій мірі досягає нижніх шарів. Процес спонтанного розділення гірської маси за крупністю під час формування відвалів пов'язаний з тим, що відсіпання матеріалу здійснюється похилими шарами, а розподіл мас за крупністю призводить до утворення шарів, які розташовані паралельно основі відвалу. Чітких меж між шарами не помітно. Крупногрудковий матеріал, що є в нижній частині відвалу, лише домінує над дрібною фракцією.

Зазначена горіла порода має високу якість: вона добре випалена (помітна червона гама кольорів); поверхня зламу гладка каменеподібна; структура щільна.

Хімічний склад горілої породи наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад горілої породи.

Шахта	Вміст оксидів, % за масою							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SO ₃	інші
"Мушкетівська"	53,79	12,90	9,52	5,10	5,12	1,98	1,04	1,35

Малий вміст основних оксидів кальцію і магнію і великий – оксидів кремнію і алюмінію свідчать про кислу природу горілої породи.

Класифікація зразків як залізистих порід (за глинисто – залізистим модулем

$$M_{зл.з} = \frac{Al_2O_3\% + Fe_2O_3\%}{SiO_2\%}) \text{ показує, що горіла порода є активною: } M_{зл.з} = \frac{12,9+9,52}{53,79} = 0,42$$

(для активних порід $M_{зл.з}$ має бути від 0,3 до 0,45 [18]).

Значення ефективної питомої активності C_{ef} гранулометричних фракцій териконних порід, що розраховуються за рівнянням $C_{ef} = C_{Ra} + 1,31 \cdot C_{Th} + 0,085 \cdot C_K$, Бк/кг [28],

де C_{Ra} , C_{Th} , C_K – питома активність нуклідів радію, торію, калію відповідно; 1,31 і 0,085 – зважені коефіцієнти ^{232}Th і ^{40}K відповідно по відношенню до ^{226}Ra ,

становлять < 370 Бк/кг. Тобто, згідно з Нормами радіаційної безпеки України НРБУ - 97 горіла порода може бути використана в будівництві без обмежень.

Фізико – механічні властивості досліджуваної горілої породи наведено в табл.2.

Таблиця 2 – Фізико – механічні властивості горілої породи шахти «Мушкетівська».

Показники	Середні значення
Густина, кг/м ³	2746
Середня густина грудок, кг/м ³	2320
Насипна густина, кг/м ³	1233
Водовбирання, % за масою	3,0
Пористість (каменя), % за об'ємом	15,5
Пустотність (міжзернова), %	46,8
Дробильність при стиску в циліндрі, %	36,7
Границя міцності на стиск, МПа	39,0

Гранулометричний склад горілої породи наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Гранулометричний склад горілої породи шахти "Мушкетівська".

Показники	Діаметри отворів сит, мм										
	70	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	< 0,14
Частковий залишок на ситі, %	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, %	6,3	18,6	36,4	52,4	66,7	73,1	79,6	85,4	88,9	93,4	100,0

Як видно з табл. 3, в горілій породі найбільше міститься фракції 20 – 40 мм (17,8 %), а найменше — фракції 0,315 – 0,63 мм (3,5 %).

Найнефективніше використовувати горілу породу після обробки її органічними в'язучими речовинами. В даній роботі розглянута можливість її застосування в основах дорожніх одягів з укріпленням дьогтеполістирольним в'язучим.

Кам'яновугільні дьогті виробляють в процесі деструктивної переробки кам'яного вугілля. Їх поділяють на марки Д-1—Д-6 в залежності від їхньої умовної в'язкості в секундах, яка позначається C_{30}^{10} або C_{50}^{10} , де 10 – діаметр стічного отвору, мм; 30 або 50 – температура витікання 50 мл в'язучого на стандартному віскозиметрі, °С.

Полістирольний пил (ПС) — відхід хімічної промисловості; порошок білого кольору з розміром частинок, меншим за $6,3 \cdot 10^{-5}$ м.

Необхідною умовою ефективного впливу полімеру на властивості органічних в'язучих є їхня суміщеність, яка полягає у здатності полімеру розчинятись в них. Якщо компоненти суміща-

ються, то під час безпосереднього контакту одне з одним вони довільно диспергуються один в одному.

Калориметричні дослідження на приладі ДАК-1 (рис. 1) в режимі сканування довели, що процес взаємодії кам'яновугільних дьогтів з полістирольним пилом – екзотермічний.

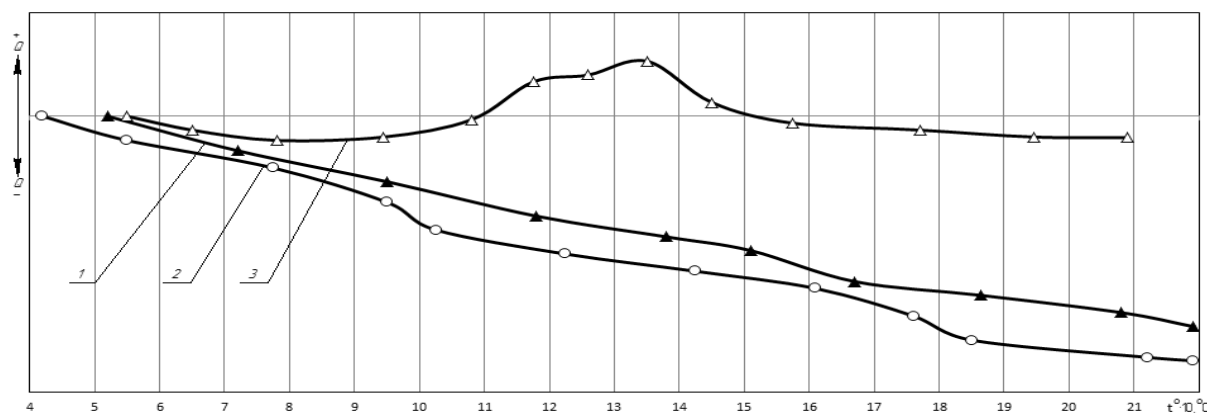


Рис. 1. Залежність теплового ефекту Q системи від температури $t^{\circ}\text{C}$: 1 – дьоготь $\tau_{\frac{10}{30}}^{\frac{10}{30}} = 13$ с; 2 – полістирольний пил (ПС); 3 – дьоготь $\tau_{\frac{10}{30}}^{\frac{10}{30}} = 13$ с з ПС.

Отже, полістирол і кам'яновугільні дьогті є сумісними речовинами.

Під час взаємодії полістирольного пилу, що є капілярно – пористою системою, з кам'яновугільним в'язким його низькомолекулярні компоненти змочують поверхню, а також проникають у відкриті пори. Капілярне просочування порошку є гідродинамічним процесом, який не призводить до зміни розмірів частинок полістиролу. Це обумовлено тим, що при температурі до 80°C полістирол знаходиться у склоподібному стані.

На температурних залежностях відносного розміру частинки полістирольного пилу і питомого об'ємного електричного опору його дисперсії можна виділити ряд характерних зон (рис.2, рис.3).

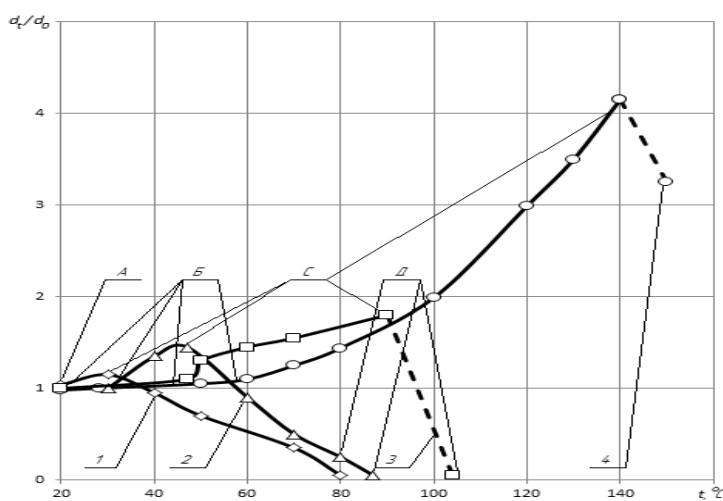


Рис. 2. Залежність відносного розміру d/d_0 частинки полістиролу в кам'яновугільних розчинниках від температури $t, ^{\circ}\text{C}$: 1 – частинка полістиролу з відкритою пористістю в антраценовому маслі; 2 – частинка полістиролу із замкненою пористістю в антраценовому маслі; 3 – частинка полістиролу із замкненою пористістю в кам'яновугільному дьогті в'язкістю $\tau_{\frac{10}{30}}^{\frac{10}{30}} = 13$ с; 4 – частинка полістиролу з кристалічними областями в антраценовому маслі.

Перша з них (A – B) відповідає інтервалу температур від 20°C до $45-140^{\circ}\text{C}$, третя (C – D) — понад $80^{\circ} - 140^{\circ}\text{C}$. Границі температурних зон, що відображають кінетику процесу, залежать від консистенції продукту переробки кам'яновугільної смоли та від ступеня кристалізації частинок полімеру.

Дані рис. 2, рис. 3 показують, що в зоні $A - B$ розміри частинок полімеру не змінюються.

Полімер знаходиться у склоподібному стані. За даними рис. 3 в цій зоні питомий об'ємний опір падає, що пов'язано з підвищенням рухливості дипольних молекул розчинника внаслідок зменшення його в'язкості.

У другій зоні частинки полістирольного пилу збільшуються: полімер переходить у високоеластичний стан (рис. 2). Інтенсивність поглинання молекул кам'яновугільних в'язучих полістирольним пилом стрімко зростає: частина дипольних молекул разом з розчинником переходить у більш в'язке середовище, всередину частинок полімеру. У випадку використання антраценового масла це призводить до зростання питомого об'ємного опору (рис. 3, крива 1, зона $B - B'$), а потім — до встановлення динамічної рівноваги між поглинанням низькомолекулярних полярних компонентів кам'яновугільних в'язучих частинками полімеру і зниженням в'язкості суспензії внаслідок підвищення температури.

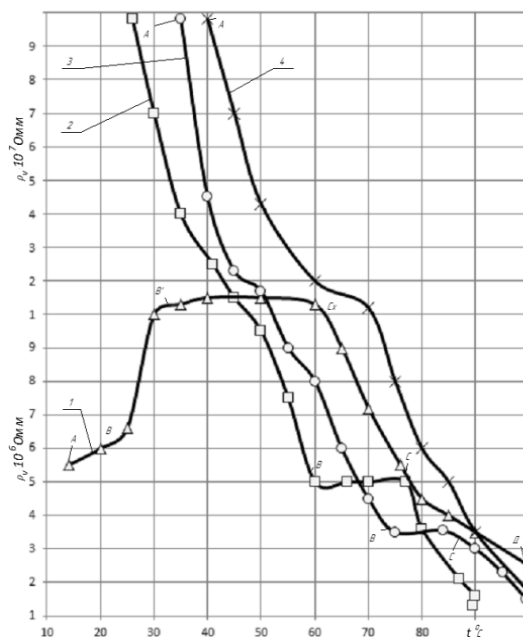


Рис. 3. Залежність питомого об'ємного електричного опору ρ_v дисперсій полістирольного пилу в розчинниках кам'яновугільного походження від температури $^{\circ}\text{C}$:

1 – в антраценовому маслі;

2,3,4 – в кам'яновугільних дьогтях з умовною в'язкістю

$\zeta_{10}^{10} = 50$ с, $\zeta_{10}^{10} = 100$ с; $\zeta_{10}^{10} = 12$ с відповідно.

Таким чином, внаслідок теплових флуктуацій і пластифікуючої дії розчинника підвищується рухливість макромолекул і надмолекулярних утворень полімеру. Це супроводжується збільшенням відстані між надмолекулярними комплексами, тобто розуцільненням системи, що призводить до набухання зерен.

При температурах в точці C частинки полімеру, набухаючи, досягають найбільших своїх розмірів і розпадаються на агрегати – глобулярні утворення (рис. 2).

Розчинність частинок полістиролу з кристалічними областями йде за гетерогенним механізмом. Це пов'язано з тим, що в кристалічні області не проникає розчинник. Тому розчинність таких частинок обумовлено дифузійною стадією транспортування сольватованих агрегатів в об'єм розчину і плавленням кристалічної фази (рис. 2, крива 3). В кінці третьої зони границі розділу фаз між полімером і розчинником зникають (рис. 2). Розчин полімеру стає оптично прозорим.

Отже, під час об'єднання полістирольного пилу з кам'яновугільним дьогтем при постійній швидкості нагрівання існує декілька характерних температур: температура набухання (точка B), що відповідає переходу полімеру із склоподібного до високоеластичного стану; тем-

пература найбільшого розміру частинки полімеру (точка *C*); температура розчинення полістирольного пилю (точка *D*), яка підвищується зі збільшенням в'язкості середовища, що модифікується. Враховуючи те, що відсоток частинок з кристалічними областями незначний, то температура розчинення полістирольного пилю в кам'яновугільних в'язучих становить 105 – 110°C (рис. 2, рис. 3).

Властивості дьогтеполімерного в'язучого залежать від терміну його приготування.

Максимальних значень еластичності, розтяжності, коефіцієнта водостійкості при тривалому водонасиченні дьогтеполістирольні в'язучі і дьогтебетони досягають при терміні суміщення полімеру з кам'яновугільним дьогтем 50 – 60 хвилин (рис. 4).

Так, для модифікованого в'язучого (дьоготь в'язкістю $C_{30}^{10} = 200$ с з 2 % полістиролу) еластичність при 0°C становить 29 %, а розтяжність при 0°C — понад 1 м. Коефіцієнт тривалої водостійкості дьогтеполістиролбетону в початковий період приготування зростає, а після 50 хвилин стабілізується, досягнувши значення $K_{д.в} = 0,8$.

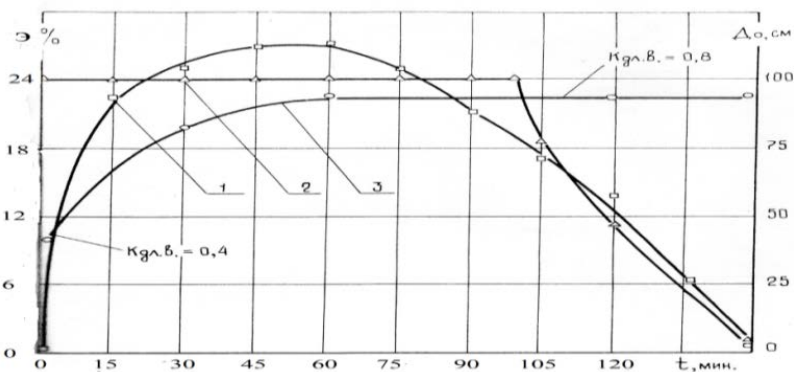


Рис. 4. Залежність еластичності E при 0°C (1) і розтяжності (дуктильності) $\Delta\sigma$ (2) двопрцентної полістирольної кам'яновугільної композиції; коефіцієнта тривалої водостійкості (3), границі міцності на стиск R_{20} при 20°C (4) і водонасичення W (5) дьогтеполістиролбетону від терміну приготування в'язучого t (хвил.). В'язкість вихідного дьогтю $C_{30}^{10} = 200$ с.

Дані рис. 4 також показують, що міцність на стиск дьогтеполістиролбетону при температурі 20°C стабілізується при 50 – 60 хвилинах приготування в'язучого, досягаючи значення $R_{20} = 2,3$ МПа, а водопоглинання стрімко зменшується і стабілізується після 30 хвилин приготування в'язучого при значенні $W = 2,1$ %.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Результати досліджень підтвердили доцільність укріплення основ автомобільних доріг з горілої породи терикону шахти «Мушкетівська» полістирольним кам'яновугільним в'язучим, яке оптимально потрібно готувати при температурі 105 – 110°C впродовж 40 – 50 хвилин.

Використання горілих порід шахтних териконів у дорожньому будівництві як техногенну сировину дасть можливість вирішити декілька проблем:

- в процесі розробки частина породних відвалів буде розібрана, що суттєво знизить екологічну напругу;

- одержане під час переробки сировина дозволить зменшити обсяги її імпорту, що надасть більшої незалежності промислового комплексу, його конкурентоздатності і підвищить економічну ефективність;

- замінити і заощадити високовартісну природну сировину;

- в результаті розробки породних відвалів будуть звільнені значні території, які можна використовувати в різних галузях народного господарства або в цілях рекреації;

- використати трудові ресурси, будівлі і споруди, обладнання і техніку, що звільняться у зв'язку із закриттям нерентабельних шахт;

- знизити соціально – економічну напруженість створенням робочих місць на підприємствах з виробництва дорожньо – будівельних матеріалів.

Подальші дослідження будуть присвячені вивченню структуроутворення в кам'яновугільних в'язучих для укріплення горілих порід шахтних териконів і визначенню оптимальної концентрації полістиролу в них.

Библиографический список

1. Кочура В.В. Утилізація відвалів вуглеводобутку з отриманням окатишів і аглопориту / В.В. Кочура, Н.В. Папуна, В.Ф. Сорочкін // Проблеми екології. – 2010. – № 1-2. – С. 128 – 135.
2. Семирягин С.В. Использование отходов угледобычи при производстве огнеупоров / С.В. Семирягин, Б.Н. Пилипенко // Гірничий вісник. – Кривий Ріг: КНУ, 2014. – Вип. 97. – С. 244 – 247.
3. Коваленко Л.И. Перспективы использования горелых пород шахтных отвалов / Л.И. Коваленко, Н.П. Омельченко // Проблеми екології. – 2009. – № 1-2. – С. 16 – 19.
4. Выборов С.Г. Перспективы отвальных пород в качестве алюминиевого сырья / С.Г. Выборов, А.А. Силин // Уголь Украины. – 2012. – № 6. – С. 33 – 39.
5. Смирный М.Ф. Экологическая безопасность терриконовых ландшафтов Донбасса / М.Ф. Смирный, Л.Г. Зубова, А.Р. Зубов. – Луганск: ВНУ им. В.Даля, 2006. – 232 с.
6. Макєва Д.О. Екологічна небезпека породних відвалів та шляхи вирішення проблеми / Д.О. Макєва // Проблеми екології. – 2013. – № 1 (31). – С. 43 – 48.
7. Шарыгин В.В. Лакаргит и минералы перовскит-браунмиллерит в метакarbonатных породах из горелых терриконов г. Донецка / В.В. Шарыгин // Наукові праці ДонНТУ. Сер. «Гірничо – геологічна». – 2011. – Вип. 15 (192). – С. 113 – 123.
8. Пирогный метаморфизм / Э.В. Сокол, Н.В. Максимова, Е.Н. Нигматулина и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 284 с.
9. Ca-Fe³⁺- rich Si-undersaturated buchite from Zelénky, North-Bohemian brown coal basin, Czech Republik [V. Žáček., R. Skála, M. Chlupáková, Ž. Dvorák] // European Journal of Mineralogy. - 2005. - Vol. 17. - PP. 623 - 633.
10. Dokoupilová P. The mineral assemblages at the abandoned burning spoil-heaps in the Rocice-Oslavany coal field, Czech Republic / P Dokoupilová, S. Houzar, J. Seikora // Acta Mus. Moraviae, Ski. geol. - 2010. - Vol. 95. - No. 1. - pp. 121 - 140.
11. Sharygin V.V. Mineralogy of Car-rich metacarbonate rocks from burned dumps of the Donetsk coal basin / V.V. Sharygin // In: Proceedings of "ICCFR2 - Second International Conference on Coal Fire Research". - Berlin, 2010. - PP. 162 - 170.
12. Выборов С.Г. Экологические последствия структурно – вещественных преобразований отвальных пород терриконов / С.Г. Выборов, Ю.А. Проскурня, А.А. Силин // Наукові праці ДонНТУ. Сер. «Гірничо – геологічна». – 2010. – Вип. 11 (161). – С. 155 – 160.
13. Зборщик М.П. Вещества новообразования в углях и углистых породах, предопределяющие опасные и вредные проявления в них / М.П. Зборщик, В.В. Осокин // Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Гірничо–геологічна». – Донецьк: ДонНТУ, 2004. – Вип. 81.– С. 8 – 11.
14. Трубецкой К.Н. Комплексное освоение техногенных месторождений / К.Н. Трубецкой, В.Н. Уманец // Горный журнал. – 1992. – № 1. – С. 12 - 16.
15. Панов Б.С. Новые виды минерального сырья Донбасса / Б.С. Панов, Ю.А. Проскурня // Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Гірничо–геологічна». – Донецьк: ДонНТУ, 2004. – Вип. 81. – С. 74 – 77.
16. Материалы из техногенного сырья для дорожного строительства / Н.И. Буравчук, О.В. Гурьянова, Е.П. Окороч, Л.Н.Павлова // Энергосбережение. – 2013. – №3 (160). – С.12 - 13.
17. Буравчук Н.И. Использование горелых пород и золошлаковых отходов в технологии бетонов / Н.И. Буравчук, О.В. Гурьянова // Достижения и перспективы технических наук: сборник статей Международной научно - практической конференции. – Уфа, 2014. – С. 3 - 8.
18. Скрипник Т.В. Удосконалення технологічних процесів зведення земляного полотна з відвальних горілих порід: автореф. дис. на здобуття наукового ступ. канд. техн. наук: спец. 05.22.11 / Т.В. Скрипник. – К.: 1996. – 19 с.
19. Мовчан М.І. Використання шахтних відвальних порід Львівсько – Волинського вугільного басейну у дорожньому будівництві / М.І. Мовчан, Д.М. Акімов // Теорія і практика будівництва. Збірник наукових праць Національного університету «Львівська політехніка». – 2011. – № 697. – С. 174-179.
20. Васильев С. Д. Перспективы использования горелых пород шахтных отвалов / С.Д. Васильев, М.Н. Шафоростова // Збірка доповідей V регіональної конференції «Комплексне використання природних ресурсів». – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – С. 16 – 20.
21. Филиппова Я.В. Применение перегоревших пород шахты им. Калинина для строительства дорожного полотна / Я.В. Филиппова, В.Г. Ефимов // Збірник наукових праць «Екологічні проблеми паливо – енергетичного комплексу». – Донецьк: ДонНТУ. – 2013. – С.71 – 74.
22. Дворянова И.Н. Эколого – экономическое обоснование использования породы из отвалов / И.Н. Дворянова, М.Н. Шафоростова // Збірка доповідей VI регіональної конференції «Комплексне використання природних ресурсів». – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – С. 24 – 25.
23. Буравчук Н.И. Ресурсосбережение в технологии строительных материалов / Н.И. Буравчук. – Ростов н/Д.: Изд-во Южного федерального университета, 2009. – 224 с.
24. Бакурова Е.И. Использование шахтной породы ОП «шахта им. М.И. Калинина» для строительства автомобильных дорог / Е.И. Бакурова, Е.Л.Завьялова // Збірник матеріалів II регіональної наукової конференції «Екологічні проблеми паливо-енергетичного комплексу». – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – С.134 – 136.
25. Бируля А.К. Дороги из местных материалов / А.К. Бируля. – М.: Автотрансиздат, 1955. – 138 с.
26. Перспективы получения дорожных органических вяжущих на основе твердых горючих ископаемых. I. Коксохимическое сырье / М.К. Пактер, В.И. Братчун, В.Л. Беспалов и др. // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури: зб. наук. праць. – Макіївка, 2010. – Вип. 1 (81). – С. 22 – 35.

27. Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів: монографія / В.І Братчун, В.О.Золотарьов, М.К. Пактер, В.Л. Беспалов. – Макіївка – Харків: ДонНАБА, 2011. – 366 с.

28. Уханева М.И. Радиационно – химическая оценка промышленных отходов как техногенного сырья / М.И. Уханева, Э.Б. Хоботова // Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Гірничо – геологічна». – 2011. – Вип. 15 (192). – С. 300 - 307.

Надійшла до редакції 09.12.2015

А.И. Повзун, С.А. Вирич, С.В. Кононыхин, Т.В. Горячева

Донецкий национальный технический университет
Красноармейский индустриальный институт

УКРЕПЛЕННЫЕ КАМЕННОУГОЛЬНЫМ ВЯЖУЩИМ ГОРЕЛЫЕ ПОРОДИ ШАХТНЫХ ТЕРРИКОНОВ
В ОСНОВАНИЯХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Горелые породы, укрепленные каменноугольным вяжущим, — эффективный конгломерат в основаниях автомобильных дорог. Показана возможность использования отходов угольной промышленности – горелых пород шахтных терриконов – в качестве техногенного сырья в дорожном строительстве. Исследовано каменноугольное вяжущее для укрепления горелопородных оснований автомобильных дорог. Каменноугольным вяжущим является каменноугольный деготь, модифицированный отходами производства полистирола – полистирольной пылью.

Ключевые слова: горелые породы, каменноугольное вяжущее, отходы промышленности.

O.I. Povzun, S.O. Virych, S.V. Kononykhin, T.V. Goryacheva

Donetsk National Technical University
Krasnoarmiysk Industrial Institute

BURNED METAMORPHIC ROCKS OF MINE WASTE HEAPS FIRMED WITH COAL
TAR ASPHALT VISCOUS MATERIAL IN THE BASES OF HEAVY-DUTY PAVEMENT

Burned rocks strengthened with coal knitting are an effective conglomeration in the basis of highways. The paper shows the possibility of using wastes of the carbon industry – burned rocks of mine waste heaps – as technogenic raw materials in road construction. Coal knitting was probed for solidifying bases from the burned rocks of the highways. The coal tar knitting is the coal tar modified by polystyrene production wastes – by polystyrene dust.

Key words: burned breeds, coal knitting, waste of the industry.