ЕКОЛОГІЧНІ ШКОДИ КАРБОНОВМІСНОГО ПИЛУ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЙОГО НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ЯК СКЛАДНИК СТАЛОГО РОЗВИТКУ ГІРНИЧОВИДОБУВНОЇ ГАЛУЗІ

Горобей М.С.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
marina.dea@ukr.net

Розглянуто ризики негативного впливу карбонівмісного пилу на довкілля та здоров'я людини як ключове питання сталого довкілля. Як один із важливих ресурсів за всю історію індустріалізації, вугілля і досі широко використовується в різних галузях промисловості. Проте вугледобувна промисловість спричиняє серйозні екологічні проблеми. Близько 30% світового попиту на первинну енергію задовольняється за допомогою вугілля, що унеможливає його заміну в найближчому майбутньому. За умови забезпечення реалізації заходів, визначених Енергетичною стратегією України до 2035 року й Стратегією екологічної політики до 2030 року, неможливо повністю припинити діяльність із видобутку вугілля. За таких обставин вся діяльність гірничовидобувних компаній має сприяти сталому розвитку. Вугільним шахтам потрібно інвестувати в чистіші технології виробництва з метою зменшення заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу. Викиди пилу, які утворюються під час основних процесів видобутку вугілля, засвідчують, що важливою екологічною проблемою, яка супроводжує експлуатацію вугільних шахт, кар'єрів, терміналів зберігання та перевантаження, є забруднення атмосферного повітря карбонівмісним пилом, який може потрапляти в повітря протягом значного часу й переміщатися на великі відстані. Аналіз екологічного впливу карбонівмісного пилу, спричиненого видобутком вугілля, важливий для запобігання екологічних катастроф. Проведені обстеження підтвердили шкідливий вплив карбонівмісного пилу на повітря, воду, ґрунт та екологію місцевості, де є підприємства з видобутку вугілля, на здоров'я людей, а також можливість трансграничного забруднення пиловими частками. Отже, поліпшення якості атмосферного повітря може розв'язуватися шляхом вдосконалення наявних і впровадження новітніх технологій. Для зменшення шкідливого впливу на довкілля рекомендується локалізувати викиди карбонівмісного пилу в місцях його утворення за допомогою диспергової води. Запропоновано заходи зменшення негативного впливу карбонівмісного пилу, що сприятимуть ефективній та екологічно стійкій експлуатації вугільних ресурсів. *Ключові слова:* екологічна безпека, гірничовидобувна промисловість, забруднення повітря, карбонівмісний пил, довкілля, здоров'я людини, запобігання та контроль пилу, запобігання забрудненню, пилоподавлення, гідрознепилення, екологічна стійкість, сталий розвиток.

Ecological damages of carbon-containing dust and reduction of its negative impact on the environment as a component of sustainable development of the mining industry. Gorobei M.

The risks of the negative impact of carbon-containing dust on the environment and human health as a key issue for a sustainable environment are considered. As one of the important resources in the history of industrialization, coal is still widely used in various industries. However, the coal industry causes serious environmental problems; about 30% of world demand for primary energy is provided coal, which makes it impossible to replace it in the near future. Under the conditions of ensuring the implementation of the measures set by the Energy Strategy of Ukraine until 2035 and the Strategy of Environmental Policy until 2030, it is impossible to completely stop coal mining activities. In such circumstances, all mining companies must promote sustainable development. Coal mines need to invest in cleaner production technologies in order to reduce damage to the environment. Dust emissions generated during major coal mining processes indicate that an important environmental problem that accompanies the operation of coal mines, quarries, storage and transshipment terminals is air pollution by carbon-containing dust, which can enter the air for a long time and move long distances. Analysis of the environmental impact of carbon dust caused by coal mining is important to prevent environmental problems. Studies have confirmed the harmful effects of carbon dust on the air, water, soil and ecology of the area where the coal mines are located, on human health, as well as the possibility of transboundary dust pollution. Therefore, improving air quality can be solved by improving existing and introducing new technologies. To reduce the harmful impact on the environment, it is recommended to localize the emissions of carbon-containing dust in the places of its formation with the help of dispersed water. The measures proposed in the study to reduce the negative impact of carbon-containing dust will contribute to the efficient and environmentally sustainable exploitation of coal resources. *Key words:* ecological safety, mining industry, air pollution, carbon dust, environment, human health, prevention and control of dust, pollution prevention, dust suppression, hydrodedusting, ecological stability, sustainable development.

Постановка проблеми. Забруднення навколишнього природного середовища та його вплив на здоров'я людини є ключовим питанням сталого довкілля (Генеральна Асамблея ООН, 1987 рік).

На сьогодні глобальні екологічні проблеми тісно пов'язані з антропогенним забрудненням повітря. Охорона атмосферного повітря є ключовою пробле-

мою поліпшення природного середовища, оскільки повітря займає особливе місце серед інших компонентів біосфери, виконує найскладнішу захисну екологічну функцію. Проблеми впливу забруднення повітря на здоров'я людини широко вивчаються у всьому світі.

Здорове довкілля є визначальним фактором здоров'я та розвитку людини. За даними Всесвітньої

організації охорони здоров'я (ВООЗ), тільки забруднення повітря, яке є одним з найсерйозніших ризиків для здоров'я, щорічно спричиняє 7 млн смертей, і понад 90% людей дихають забрудненим повітрям. Цей показник більш ніж удвічі перевищує попередні оцінки і підтверджує, що нині забруднення повітря є найбільшим в світі екологічним ризиком для здоров'я. Скорочення викидів, що забруднюють повітря може зберегти мільйони життів [1].

Організм людини чутливий до найменших змін компонентного складу вдихуваного повітря і реагує природними реакціями на наявність домішок навіть природного походження. Висока концентрація зважених часток має пряму фіброгенну дію на тканини дихальних шляхів. Ці частки, як наждачний папір, постійно подразнюють їх. Вдихання повітря, що містить велику кількість зважених часток, може мати негативні наслідки. Вугільний пил, який в чистому вигляді є хімічно інертним, при тривалому впливі на організм людини призводить до виникнення хронічних пилових захворювань легень – таких як пневмоконіози, що характеризуються прогресуючим розвитком фіброзу легень, до розвитку бронхітів, пневмонії, бронхіальної астми, емфіземи, дерматитів, кон'юнктивіту та іншого, пригнічує діяльність нервової, серцево-судинної, травної систем, призводить до порушення обміну речовин і зниження захисних функцій організму. За високої адсорбційної здатності пилові частки можуть утримувати на своїй поверхні молекули газоподібних токсичних речовин, наприклад, оксиду і діоксиду вуглецю, які потрапляючи до організму людини, призводять до його хімічного ураження. Карбоновмісний пил є фактором збільшення смертності від серцевих та респіраторних захворювань (дрібні частинки прямують глибоко в легені і переходять у кров, створюючи ризик інсульту та інфаркту), зниження легеневої функції з розвитком обструктивних захворювань дихальних шляхів та збільшення поширеності їх симптомів. Вплив на здоров'я людей пов'язаний як з короткочасною, так і з довгостроковою дією часток пилу [2].

Енергетична стратегія України до 2035 року [3], передбачає збільшення енергетичної незалежності країни шляхом збільшення власного видобутку карбонових енергоносіїв, що, власне, унеможливує швидке збільшення виробництва енергії за рахунок відновлювальних та альтернативних джерел [4], а також повне припинення діяльності з видобутку вугілля. Зважаючи на це, вугільним шахтам потрібно інвестувати в інноваційні технології виробництва для зменшення шкоди навколишньому природному середовищу, зокрема, зменшенню забруднення карбоновмісним пилом.

Запобігання забрудненню карбоновмісним пилом довкілля – актуальна проблема, вирішення якої є передумовою науково-технічного прогресу у сфері екологічної безпеки та сприятиме більш ефективній та екологічно стійкій експлуатації вугільних ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існує статистично встановлений зв'язок між забрудненням повітря та загальною захворюваністю населення. А у разі епідемій – здатність імунної системи протистояти інфекційним хворобам. Забруднене повітря чітко пов'язане з поширеністю хронічних респіраторних захворювань. Стан довкілля входить до четвірки ключових чинників, що формують індивідуальний (і колективний) імунітет. Тому тривале його забруднення у може істотно збільшити поширеність та наслідки інфекційних захворювань серед населення (наприклад, пандемії COVID-19).

За даними публікацій [5–7], внесок забруднення повітря у частоту та тяжкість найбільш поширених захворювань органів дихання, травлення, шкіри, алергічних реакцій тощо становить до 30% від загальної кількості факторів, що впливають на здоров'я. Останні дослідження засвідчили, що забруднення частками карбоновмісного пилу спричиняє близько 1 млн. смертей щорічно у всьому світі [8].

Системні дослідження провідних вітчизняних та закордонних фахівців з проблем аналізу екологічних і техногенних загроз для основних компонентів довкілля, що виникають на різних етапах функціонування гірничих підприємств (С.В. Гошовського, Г.І. Рудька, П.І. Копача, О.А. Улицького, І.Ф. Ярембаша, Л.Є. Шкици й інших, Б.А. Грядущого, В.Б. Гого, В.М. Єрмакова, А.Б. Качинського, Є.О. Яковлева, О.М. Трофимчук, О.І. Лисенка, О.Г. Драчука, Wenbing Gu, Yi Tan, W.S. Liu, C. Pettit, W. Pulle та інших) свідчать про те, що боротьба з карбоновмісним пилом є складним науково-практичним завданням.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Діяльність шахт зумовлює виникнення комплексу явищ і процесів, негативних в техногенному та екологічному аспектах, зокрема, забруднення довкілля карбоновмісним пилом. Жоден з відомих способів і засобів гідрознепилення не забезпечує зниження запиленості повітря відповідно до санітарних норм. Не зрозуміла повною мірою роль динамічного змочування карбоновмісного пилу, тому механізм гідрознепилення повітря зрошенням залишається недостатньо вивченим. У зв'язку з цим виникає необхідність встановлення науково-обґрунтованих параметрів для створення і використання ефективних способів гідрознепилення, розробки теоретичних основ екологічної безпеки для довкілля та людини на територіях функціонування гірничих підприємств. Тому актуальне сьогодні питання вивчення процесів взаємодії крапель диспергованих водних потоків із частками сухого та осадженого карбоновмісного пилу.

Виклад основного матеріалу. Карбоновмісний пил, що утворюється під час видобутку, перевалки та переробки вугільної сировини, є найшкідливішим забруднювачем повітря, що спричиняє

високий рівень захворюваності людей на території, де він поширюється. Вдихання карбоновмісного пилу спричиняє широке коло респіраторних захворювань, включаючи невиліковний пневмокніоз, хронічну обструктивну хворобу легень, дифузний фіброз, хронічний бронхіт та інші хронічні захворювання органів дихання [9;10].

Проблема забруднення повітря в Україні є однією з найважливіших екологічних проблем. Оскільки основна частина населення живе в районах, де концентрація забруднюючих речовин регулярно перевищує гранично допустимі рівні.

Вугільна промисловість посідає особливе місце серед галузей, що сприяють пиловому забрудненню атмосфери [11–15]. Основними джерелами забруднення атмосферного повітря під час видобутку вугілля в шахтах є відвали гірських порід, вугільні склади та основні вентиляційні стволи шахт (рисунк 1).

Вугільна промисловість впливає не лише на територію підприємств, що займаються видобутком вугілля, а й навколишнє середовище прилеглих населених пунктів.

Викинутий через вентиляційні системи шахт грубодисперсний пил інтенсивно осідає в межах санітарно-захисних зон шахт. Тонкодисперсний пил виноситься за їх межі, забруднюючи довкілля на відстані до 3 500 м від вугільної шахти. Забруднення атмосферного повітря та зміна екологічних параметрів мають повільний, накопичувальний ефект негативних наслідків, що проявляється через багато десятиліть. Якість повітряного басейну, в свою чергу, впливає на стан лісів, урожайність сільськогосподарських культур тощо.

Карбоновмісний пил впливає на людей, які живуть неподалік вугільних шахт, та спричиняє захворювання органів дихання та алергію. Він небезпечний як транспортер в організм людини і тварин шкідливих і отруйних речовин, що осідають на тонкодисперсних частках вугілля.

На територіях, де проводяться гірничовидобувні роботи, мешкають близько 20% місцевого населення України, а обсяг житлової забудови за останні роки досяг 30%. За даними Інституту екологічної гігієни та токсикології України, щороку на одну людину припадає понад 95 кг шкідливих речовин. У зв'язку з діяльністю вугледобувних підприємств екологічне навантаження на біосферу регіону є найбільшим в Європі [16].

Інтенсивність впливу забруднення навколишнього середовища на території прилеглих територій шахт різна в часі та просторі і залежить від обсягу та технології видобутку. Викиди великих вугледобувних підприємств містять значний відсоток пилових часток різних хімічних складів, які мають ефект осідання на підстилаючій поверхні. Навіть якщо їх вміст у повітрі не перевищує встановлених норм, вони можуть накопичуватися у депонуючих середовищах (грунтах, сніговому покриві). Тому, з одного боку, наявність пилу відображає забруднення повітря, а з іншого – характеризує процеси вторинного надходження забруднюючих речовин у природне середовище (наприклад, під час таяння снігу). Карбоновмісний пил є джерелом забруднення та негативно впливає на довкілля та здоров'я людини [17], як показано в таблиці 1, тому зменшення всіх його викидів є актуальною проблемою в сучасних умовах.

Рис. 1. Екологічні наслідки впливу карбоновмісного пилу на довкілля під час його видобутку, транспортування, зберігання та переробки

Найсуттєвіший наслідок – погіршення якості повітря. За останнє десятиріччя викиди пилу та газу в атмосферу підприємств вугільної промисловості зросли більш ніж удвічі. Через вивітрювання гірських порід у повітря потрапляє великий спектр забруднюючих речовин.

Легкість дрібних пилових часток дозволяє їм тривалий час залишатися зваженими у повітрі і пролітати від сотень до тисяч кілометрів, залежно від вітру та інших метеорологічних умов. Перенесення пилових часток на значну відстань робить характер забруднення трансграничним. Тому гірничодобувні та переробні галузі мають своєчасно вживати ефективних заходів щодо зменшення забруднення.

Високі витрати на охорону навколишнього середовища та втрати вугілля в процесі зберігання та транспортування вимагають розробки та впровадження нових економічно вигідних та ефективних технологій для значного зменшення забруднення повітря.

У ХХІ столітті охорона екологічного та геологічного середовища привертає все більше уваги до галузі видобутку корисних копалин з метою реалізації стратегії сталого розвитку ООН.

Інтеграція розвитку мінеральних ресурсів та охорони навколишнього середовища стала важливою тенденцією розвитку в міжнародній гірничій галузі.

Зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферу є одним із пріоритетів екологічної безпеки у гірничодобувній галузі. Запобігання утворенню карбоновмісного пилу та потрапляння його в атмосферу є важливою і невід'ємною частиною видобутку вугілля.

Основним напрямком діяльності в галузі боротьби з пилом є запобігання його утворення та потрапляння в робочі виробки та атмосферу. Найпоширенішим інструментом боротьби з пилом у цьому випадку є гідрознепилення. Гідрознепилення на гірничих підприємствах включає запобігання пилоутворення під час руйнування гірського масиву, переробки та транспортування пилоутворюючого матеріалу та пригнічення пилу, що утворюється. Гідрознепилення застосовується майже в усіх гірничих процесах і за будь-яких кліматичних умов, навіть за низьких температур.

З метою запобігання негативного впливу карбоновмісного пилу на населення необхідно розробити та застосувати на практиці ефективну систему мінімізації розповсюдження його поза підприємствами. Для зниження рівня екологічної небезпеки викидів пилу з вугільних шахт рекомендується локалізувати його за допомогою диспергованої води. Це вимагає пошуку нових способів і засобів пилоподавлення з підвищенням ефективності та надійності на основі

Таблиця 1

Вплив карбоновмісного пилу на довкілля і людину

Середовище	Екологічний аспект і джерела	Типи і/або шляхи	Потенційна дія
Повітря	Викиди пилу Джерело: вітрова ерозія відвалів, бортів кар'єрів та сховищ, пил машинного відбивання, подрібнення; навантажно-розвантажувальних та транспортних операцій, буріння свердловин. діючі об'єкти або мобільне устаткування, яке порушує шар ґрунту	Частинки вугілля і породи	Збільшення кількості респіраторних захворювань робітників Збільшення кількості респіраторних захворювань серед населення прилеглих територій Забруднення повітря
Ґрунти	Перенесення пилу на ґрунт Джерела: покинуті матеріали, завислий пил з породних відвалів, та місць зберігання вугілля, від збагачення та транспортування вугілля, завислий у воді осад, забруднювачі, розчинені в стоках, фільтрах або водах, які відкачуються	Похідні завислі часточки ґрунту і породи, карбоновмісний пил	Забруднення ґрунтів Зменшення придатності прилеглих ґрунтів для відновлення рослинності
Поверхневі води	Пиловий осад	Розчинені або захвачені смолисті похідні вугілля, пил	Негативні наслідки для здоров'я населення, нижче за течією Негативний вплив на водні екосистеми Зменшення комунального водопостачання Втрата водних шляхів Збільшення витрат на очищення води Підкислення і евтрофікація водних об'єктів.
Підземні води	Дренаж забруднених вод Джерела: Відвали – поверхневий дренаж Фільтрати відвалів Дренаж земель з порушеним ґрунтовим шаром і дренаж з об'єктів Дренаж ґрунтових вод, що відкачуються з різних геохімічних водоносних шарів, які скидаються на поверхні	Розчинені або захвачені смолисті похідні вугілля, карбоновмісний пил	Негативні наслідки для населення нижче за течією і приймаючих екосистем у зв'язку з підвищеною біологічною і хімічною потребою в кисні Зменшення комунального водопостачання Втрата водних шляхів Збільшення витрат на очищення води

подальших теоретичних та експериментальних досліджень.

Виробництва, що займаються видобутком та транспортуванням вугілля, мають вживати ефективні заходи зменшення наслідків, щоб стримувати вплив твердих часток на довкілля. Викиди пилу у навколишнє природне середовище повинні регулярно контролюватися. Належна практика може допомогти мінімізувати навантаження на довкілля та людей.

Заходи щодо зменшення карбоновмісного пилу, включаючи використання закритих конструкцій для завантаження та зберігання, навчання персоналу різним методикам для мінімізації викидів пилу, оцінка вологості вугілля та практичні практики управління, такі як покриття та змочування відкритих запасів, використання сучасних ефективних засобів гідрознепилення відіграють ключову роль у запобіганні розповсюдження карбоновмісного пилу.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отже, аналіз наукової літератури та результатів експериментальних досліджень щодо впливу атмосферних суспендованих частинок на людину дозволяє зробити висновок, що тверді частки можуть становити значний ризик залежно від їх розмірів, морфометричних та фізико-хімічних характеристик; серйозну небезпеку представляють різноманітні респіраторні захворювання, що виникають під впливом зважених часток карбоновмісного пилу.

Для підвищення технічного рівня захисту атмосферного повітря та поліпшення ситуації в місцях

розташування підприємств вугільної промисловості необхідні такі заходи:

- оснащення джерел викидів карбоновмісного пилу ефективними установками для очищення від пилу та газу;
- заміна пило- та газоочисних споруд, що не забезпечують очищення викидів за встановленими стандартами, більш ефективними аналогами;
- використання діючих ефективних методів та технічних засобів для запобігання та зменшення пилоутворення та викиду карбоновмісних пилових часток в атмосферу під час технологічних процесів видобутку та переробки вугілля;
- виробничий контроль за технічним станом очисних споруд та їх працездатністю.

Забруднення повітря та зміни навколишнього середовища мають повільний, накопичувальний негативний вплив на довкілля та здоров'я людини [18].

Карбоновмісний пил руйнує екосистеми та становить загрозу здоров'ю людини, а отже, важливість ефективних методів пилоподавлення не варто недооцінювати. Поліпшення атмосферного повітря повинно вирішуватися шляхом удосконалення існуючих та впровадження інноваційних технологій.

Аналіз впливу на довкілля карбоновмісного пилу, спричиненого гірничовидобувною діяльністю, є важливим для запобігання екологічних катастроф, а відповідні заходи зменшення його негативного впливу сприяють ефективній та екологічно стійкій експлуатації вугільних ресурсів.

Література

1. World Health Organisation : офіційний вебсайт. URL: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1 (дата звернення: 15.07.2020).
2. Драчук Ю.З. Напрямки зменшення негативного впливу на довкілля у вугільному регіоні. *Економічний вісник Донбасу*. 2007. № 1 (7). С. 33–37.
3. Енергетична стратегія України на період до 2035 року : документ від 10 грудня 2019 р. / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://menr.gov.ua/news/34422.html>.
4. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 28 лютого 2019 р. № 2697-VIII / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>.
5. Холодов А.С., Кириченко К.Й., Задорнов К.С., Голохваст К.С. Вплив твердих часток у повітрі житлових районів на здоров'я людини. *Періодичний вісник Камчатського державного технічного університету*. 2019. С. 82.
6. Гілмундінов В.М., Казанцева Л.К., Тагаєва Т.О., Кугаєвська К.С. Вплив забруднення навколишнього середовища на здоров'я населення регіонів Росії. *Регіон: економіка та соціологія*. 2013. № 1. С. 209–228.
7. Кіку П.Ф., Беніова С.Н., Гельзер Б.І. Навколишнє середовище та екологічно залежні захворювання людини. Владивосток: Далекосхідний федеральний університет, 2017. С. 390.
8. Coal Dust: Environmental Impacts And Good Coal Dust Management Practices. URL: <https://www.environment.co.za/environmental-issues/coal-dust-environmental-impacts-and-good-coal-dust-management-practices.html> (дата звернення: 28.01.2019).
9. Petsonk E.L., Rose C., Cohen R. Coal mine dust lung disease. New lessons from old exposure. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2013. № 187 (11). P. 1178–1185.
10. Laney A.S., Weissman D.N. Respiratory diseases caused by coal mine dust. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2014. № 56 (10S). P. 18–22.
11. Surber S., Simonton D. Disparate impacts of coal mining and reclamation concerns for West Virginia and central Appalachia. *Resources Policy*. 2017. V. 54. P. 1–9.
12. Yu X. Coal mining and environmental development in southwest China. *Environmental Development*. 2017. V. 21. P. 77–86.
13. Hota P., Behera B. Coal mining in Odisha: an analysis of impacts on agricultural production and human health. *The Extractive Industries and Society*. 2015. V. 2. № 4. P. 683–693.
14. Ghose M., Majee S. Characteristics of hazardous airborne dust around an Indian surface coal mining area. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2007. V. 130. № 1–3. P. 17–25.

15. Осипова Н.А. та ін. Вплив вугільного виробництва на забруднення снігового покриву на прилеглих міських територіях (тематичний приклад Міжреченська). *Вісник Томського політехнічного університету. Георесурсна інженерія*. 2017. Т. 328. № 12. С. 36–46.
16. Васильєва І.В. Актуальні питання моніторингу породних відвалів вугільних шахт та навколишнього середовища. *Мінеральні ресурси України*. 2015. № 3. С. 39–45.
17. Горобей М.С., Бондар О.І. Проблемні питання негативного впливу карбоновмісного пилу на атмосферне повітря та шляхи їх вирішення. *Проблеми екологічної безпеки* : збірник наукових праць XVII Міжнародної науково-технічної конференції, м. Кременчук, 02–04 жовтня 2019 року. Кременчук : Видавництво ПП Щербатих О., 2019. С. 181–186.
18. Качурин Н.М., Рибак Л.Л., Єфімов В.І., Воробйов С.А. Розподіл ресурсів на профілактику забруднення атмосфери гірничопромислового району. *Безпека праці в промисловості*. 2015. № 2. С. 24–27.