

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Факультет гірничо-металургійний  
Кафедра безпеки праці та охорони довкілля

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**кваліфікаційної роботи**

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання  
освітньо-професійної програми  
«Інноваційні технології та системи  
захисту навколишнього середовища»  
за спеціальністю 183 Технології захисту навколишнього середовища

**на тему «Заходи щодо запобігання пилінню на хвостосховищі  
гірничозбагачувального комбінату»**

Здобувач



Катерина АВЛАСЬОНОК

Кам'янське, 2024

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі безпеки праці та охорони довкілля.

Керівник:

Максимова Наталія Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля

Захист відбудеться 23 січня 2024 р. о 09:00 год. на засіданні екзаменаційної комісії ([https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting\\_NWMzYzdiMTgtOGQ1ZS00NDQyLTgyNmItNTk0Njk1YzQ0YTQ2%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%2201efadc2-6354-43fb-8f92-8e8c2485636b%22%7d](https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_NWMzYzdiMTgtOGQ1ZS00NDQyLTgyNmItNTk0Njk1YzQ0YTQ2%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%2201efadc2-6354-43fb-8f92-8e8c2485636b%22%7d)).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» 20 січня 2024 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

**Актуальність теми.** Одною з основних проблем Криворіжжя є незадовільний стан атмосферного повітря, котрий обумовлений виробничою діяльністю гірничодобувних підприємств. До основних джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря можна віднести діючі хвостосховища, кар'єри та транспортну систему. Однією з забруднюючих речовин (маркерів) є пил, котрий негативно впливає не лише на навколишнє середовище, а й на здоров'я людини. За умов не дотримання правил експлуатації діючі хвостосховища можуть стати потужними джерелами винесення пилу у атмосферне повітря при швидкості вітру понад 3 м/с. В залежності від рози вітрів під ризиком впливу пилового навантаження можуть опинитись селітебні території. Тому удосконалення системи заходів з пилопригнічення поверхонь хвостосховища та пошук нових відповідних технологій є актуальною науково-практичною задачею.

**Мета роботи:** удосконалити систему заходів з пилопригнічення поверхонь хвостосховища гірничозбагачувального комбінату на підставі аналізу існуючих та пошуку нових технологій, зокрема зелених.

**Об'єкт дослідження:** процес забруднення навколишнього середовища твердими суспендованими частинками з поверхонь хвостосховища.

**Предмет дослідження:** методи удосконалення системи пилопригнічення на діючому хвостосховищі.

Завдання, які плануються вирішити:

1. Проаналізувати вплив пилового навантаження на екологічну ситуацію м. Кривий Ріг.

2. Дослідити експлуатацію та процеси пилоутворення на хвостосховищі гірничозбагачувального комбінату.

3. Дослідити існуючі методи пилопригнічення та розглянути можливі шляхи удосконалення системи пилопригнічення поверхонь хвостосховища гірничо-збагачувального комбінату.

4. Розглянути заходи для безпечного виконання робіт в хвостовому господарстві.

5. Економічно обґрунтувати ефективність впровадження методів боротьби з пилінням.

**Методи дослідження:** Для реалізації визначених завдань застосовані загальнонаукові методи дослідження: методи порівняння, аналізу, спостереження, вимірювання, розрахунку. Для еколоморфологічного аналізу трав'янистого покриву на карті хвостосховища використано польові (визначення схожості культивованих рослин) та еколого-аналітичні (аналіз результатів опису) методи. Розрахункові методи використано для визначення річної кількості викидів пилу неорганічного від неорганізованого джерела забруднення атмосферного повітря.

**Структура кваліфікаційної роботи.** Робота складається зі реферату, вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, 2 додатків. Загальний обсяг роботи становить 101 сторінок, робота містить 18 рисунків, 4 таблиць. Список використаних джерел складається з 41 джерел.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтована актуальність теми кваліфікаційної роботи, сформульована мета і поставлені задачі, визначені об'єкт і предмет дослідження. Надана інформація щодо публікацій і апробації кваліфікаційної роботи.

**У першому розділі «Огляд впливу пилового навантаження на компоненти довкілля»** розглянуто вплив забруднюючих речовин, наявних у повітрі, зокрема пилу, на здоров'я людини з урахуванням міжнародних рекомендацій та результатів регіональних спостережень в межах промислових регіонів України.

У 2021 р. відбулось оновлення рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я щодо якості повітря. А саме було рекомендовано підвищити

вимоги щодо знепилення повітря. Також Агентство з охорони навколишнього середовища США у 2023 р. запропонувало переглянути та підвищити вимоги щодо вмісту суспендованих твердих частинок у повітрі.

В залежності від розміру частинок і хімічного складу пилу та часу, протягом якого він впливає на організм людини, у людей різного віку можуть виникати різні патології ураження легеневої тканини.

За даними Державної служби статистики України у 2017 р. зазнали впливу пилових частинок 17 млн. осіб або 34% від загальної чисельності населення країни. Співставлення рівня захворюваності регіонів, що зазнають суттєвого техногенного навантаження з порівняно чистими показало, що у 3 – 4 рази збільшилась кількість народження дітей з вадами розвитку, у двічі збільшилась захворюваність на алергічні хвороби та на хвороби пов'язані з органами дихання.

Аналіз сучасного екологічного стану атмосферного повітря м. Кривий Ріг Дніпропетровської області показав, що за останні роки виявлена поступове зменшення техногенного навантаження на повітряний басейн, а як основну забруднюючу речовину слід розглядати суспендовані тверді частинки. Наприклад, за даними моніторингу атмосферного повітря у місті у червні 2023 р. було зафіксовано перевищення вмісту завислих речовин у повітрі до 1,4 разів за норматив, а вміст діоксиду сірки, оксиду вуглицю, діоксид азоту, оксиду азоту, сірководню, фенолу, аміаку, формальдегіду у повітрі був в межах норми протягом місяця на всіх постах спостереження.

На екологічну ситуацію в м. Кривий Ріг суттєво впливає добувна промисловість. У м. Кривий Ріг на даний час налічується вісім діючих хвостосховищ, які відносяться до стаціонарних неорганізованих джерел викиду забруднюючих речовин, зокрема суспендованих твердих частинок. З огляду на це доцільно дослідити вплив діючого хвостосховища на атмосферне повітря.

**У другому розділі «Огляд деяких екологічних проблем хвостового господарства», на прикладі хвостосховища гірничозбагачувального комбіна-**

ту (м. Кривий Ріг), наведена характеристика водного балансу та гранулометричного складу хвостів, розглянуті методики оцінки параметрів пиління.

Хвостосховище знаходиться на сході від промайданчика комбінату. Загальна площа хвостосховища становить 1650 га.

Водний баланс хвостосховища поповнюється за рахунок скидів: шламової пульпи із рудозбачувальних фабрик; кар'єрних вод; мінералізованих шахтних вод (до 2022 р., наразі тимчасово припинено); господарсько-побутових умовно очищених стоків; стоків очисних споруд комбінату; атмосферні опади і поверхневі фільтраційні води із побудованих навколо дренажних споруд. Для поповнення втрат в системі оборотного водопостачання раніше подавалась вода з р. Саксагань.

Моніторинг за станом атмосферного повітря виконується цілодобово завдяки автоматизованій системі моніторингу. При порушенні чи відхиленні параметрів від встановлених норм, автоматично складається звіт і відправляється відповідальним особам на підприємстві. Наприклад, аналіз даних моніторингу повітря за період з 1 квітня по 14 квітня 2020 р., показав, що всі показники якості атмосферного повітря перебували в межах норми, а як основну забруднюючу речовину доцільно розглядати пил.

За результатами розрахунку вмісту забруднюючих речовин викиду від неорганізованих джерел забруднення атмосфери, при швидкості вітрового потоку 5 м/с, отримано питоме пиловиділення в розмірі 0,002 кг/добу з 1 м<sup>2</sup> пилючих поверхонь.

**У третьому розділі «Заходи щодо запобігання пилінню на хвостосховищі гірничо-збагачувального комбінату»** проведено аналіз існуючих методів зниження пиління та запропоновано заходи щодо їх удосконалення.

Для попередження пилоутворення на хвостосховищі службами комбінату проводяться заходи технологічного і спеціального характеру. До комплексу основних технологічних заходів відносяться: підтримка рівня води на проектній відмітці за допомогою водоскиду; максимальне покриття поверхні хвостосховища водою; чергування роботи пульпопроводу; кріплення дамб,

ділянок технологічних доріг, укосів дамб скельними породами; застосування на пляжах карт закріплювальних матеріалів; закриття залізистими кварцитами карт хвостосховища та інші заходи.

У 2008 році було проведено закріплення поверхні хвостосховища розчином природного бішофіту. Він мав гарні показники по зниженню пиління карт, але мав певні недоліки, такі як перенесення пилу з ділянок, які були не закріплені розчином, а також з дорожчання матеріалу, що свідчить про його економічну недоцільність для подальшого використання. Також спільно з представниками компанії GRT з Ірландії на хвостосховищі використовували сучасний реагент SoilLoc, який має добрі показники з пилопригнічення. У 2023 році працівники гірничозбагачувального комбінату разом з науково-дослідницьким гірничим інститутом проводили дослідження із зрошування сухих поверхонь розчином гуматового реагенту, до складу якого входять природна речовина – торф. Результати експерименту показали позитивні результати, реагент дешевий у закупівлі порівняно з іншими в'яжучими речовинами.

До спеціальних заходів зниження пилоутворення відносяться, зокрема: обробка поверхні берми, ділянок вздовж технологічних доріг, відкосів дамб покривними і в'яжучими матеріалами, котрі значно знижують процес пилоутворення, а також озеленення дамб і карт хвостосховища.

Застосування «зелених» технологій є дієвим та сучасним заходом. Одним з основних чинників, який необхідно враховувати при підготовці поверхні до озеленення, є фізико-хімічні параметри субстрату, а саме гранулометричний склад, щільність, вміст основних мікроелементів.

Перед виконанням посадки рослин проводяться підготовчі заходи. Для вирівнювання поверхні карти і розпушення верхнього шару проводиться рихлення поверхні пляжу дисковою бороною за допомогою міні-трактора на глибину 8 – 10 см. Це створює сприятливі умови для посівної кампанії і для сходження посівів.

Підбір рослин для висадження на поверхнях хвостосховищ здійснюється індивідуально для кожного техногенного об'єкта.

У 2020 році було висіяно 500 кг насіння кураю іберійського, однак його сходження склало до 5%. Можливо це обумовлено не вірним підбором видового складу. Також спостерігались несприятливі погодні умови протягом переважаючої частини вегетаційного періоду рослин.

У 2021 році було висіяно суміші злакових трав (костриці, вівсяниці та райрасу). За затяжної весни спостерігалось сходження рослин 54%, а внаслідок спекотного літа рослини загинули не утворивши зеленого покриву.

У 2022 році засіяно 5 га карти хвостосховища злаковими культурами. Сходження жита склало 74%. У весняний період рослини продовжили розвиватися утворюючи зелений покрив, що сприяло запобіганню пиління карт хвостосховища.

У 2023 році навесні застосовано озеленення житом 12 га сухих поверхонь, ще 25 га засіяли в середині вересня. Паростки жита до кінця листопада проросли до 10 см по чотири-п'ять стебел на одну рослину, а отже будуть надійно стримувати пиління в осінньо-зимовий період.

Вважається за доцільним розглянути в подальшому можливість пророщення гібриду пшениці і жита, так званий тритикале (*Triticale*), яке характеризується добре розвиненою мичкуватою кореневою системою. Дана рослина більш стійка до несприятливих факторів вегетації взимку і навесні, у порівнянні з пшеницею.

За результатами безпосередньо виконаних польових досліджень, виявлено, що зелені технології дозволять надійно закріпити сухі поверхні, знижуючи пиління до 90%.

**У четвертому розділі: «Охорона праці»** розглянуто загальні вимоги охорони праці на хвостосховищі, основою яких є рекомендації нормативно-правових актів з питань охорони праці, зокрема НПАОП 0.00-1.74-15 Правила охорони праці під час експлуатації хвостових і шламових господарств гірничорудних і нерудних підприємств.

Для забезпечення безпеки на хвостосховищі підприємство має дотримуватися правил наміву, укладання хвостів, випуску пульпи, які затверджуються проектною документацією.

Обов'язково слід підтримувати рівень води хвостосховища на проектній відмітці об'єму води. Щозмінно необхідно проводити контроль за станом споруд, обладнання і контрольно-вимірювальних пристроїв, для запобігання виникнення аварійних ситуацій. Своєчасно виконувати ремонтні роботи та профілактичні заходи.

Утримання греблі хвостосховища та додаткових споруд у належному стані здійснюється регулярними візуальними спостереженнями, геодезичними методами контролю тіла греблі, фільтраційними спостереженнями та проведенням за їх результатами необхідних ремонтних чи відновлювальних робіт.

До працівників, які задіяні у різних сферах роботи на гірничих підприємств, законодавством встановлені спеціальні вимоги щодо професійної підготовки, кваліфікації, стану їхнього здоров'я та дисципліни при виконанні робіт у небезпечних умовах.

Відповідно до Переліку робіт з підвищеною небезпекою, затвердженим наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26.01.2005 №15 з урахуванням специфіки виробництва, затверджено перелік робіт підвищеної небезпеки. Для їх виконання працівники проходять спеціальне навчання і перевірку знань з охорони праці, відповідно до наказу Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26.01.2005 №15.

Працівники повинні проходити щорічний медичний огляд згідно наказу Міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007 року № 246.

Працівники також проходять щозмінний медичний огляд згідно затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України, Міністерством внутрішніх справ України від 31 січня 2013 року № 65/80.

Всі працівники своєчасно мають отримувати спец одяг відповідно норм, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки,

охорони праці та гірничого нагляду від 21 серпня 2008 року № 184, що відображено у НПАОП 0.00-3.10-08 Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам гірничодобувної промисловості, а також отримують засоби індивідуального захисту.

Транспорт та будівельно-дорожні машини, діючі на хвостосховищі, а також механізми та обладнання повинні відповідати основним вимогам Технічного регламенту безпеки машин, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 30 січня 2013 року № 62.

**У п'ятому розділі «Економічна частина»** наведено економічне обґрунтування застосування реагентів та зелених насаджень для закріплення хвостів.

Розрахунково отримано річний викид пилу, що здувається з поверхні пляжів хвостосховища, в розмірі: за умови неналежного експлуатаційного режиму, тобто за відсутності впровадження будь-яких заходів з пилопригнічення, – 60,6 т/рік; при використанні зелених технологій (за умови схожості жита 90 %) – 6,6 т/рік; при використанні хімічного реагенту (за умови застосування гуматового розчину експериментально отримано 98% ефективності) – 1,2 т/рік; при комбінації методів, а саме застосування у вегетаційний період зелених технологій та хімічного (гуматового розчину) реагенту, – 5,29 т/рік.

На разі не передбачається оподаткування викидів у атмосферне повітря забруднюючих речовин від стаціонарних неорганізованих джерел, до яких зокрема відносяться хвостосховища. Але у світі простежується чітка тенденція щодо підвищення вимог до якості повітря, зменшення впливу господарської діяльності на атмосферу, а також підвищення ставок екологічного оподаткування. Тому для відображення у грошовому виразі, що слід очікувати бізнесу за умови початку оподаткування стаціонарних неорганізованих джерел були виконані наближені розрахунки. Отримано, що впровадження технологій з пилопригнічення на хвостосховищі призводить до поліпшення екологічної ситуації і, як наслідок, до зменшення розміру умовно нарахованого еколо-

гічного податку за викиди суспендованих частинок у повітря, орієнтовно в 2-11 разів в залежності від застосованих технологій.

Порівняння вартості посіву *Triticale* на дослідній ділянці у комбінації з нанесенням реагенту Soil Loc (у співвідношенні з водою – 1:199) до комбінації зелених технологій і гуматового реагенту показало, що використання другої комбінації у 1,17 разів дешевше за першу.

## ВИСНОВКИ

Основним джерелом викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря відносяться діючі хвостосховища, кар'єри та транспортну систему. Однією з забруднюючих речовин (маркерів) є пил, який виноситься з хвостосховища за умов не дотримання правил експлуатації діючих хвостосховищ. Таким чином в кваліфікаційній роботі представлені результати щодо удосконалення системи заходів з пилопригнічення поверхонь хвостосховища гірничо-збагачувального комбінату на підставі аналізу існуючих та пошуку нових технологій, зокрема зелених.

Основні результати досліджень представлені нижче.

1. Аналіз науково технічної літератури показав, що у 2017 р. населення України (17 млн. осіб) зазнавало впливу запиленого повітря, що відобразилось на стані їх здоров'я. В місті Кривий Ріг за період 2015 – 2020 р. спостерігались періодичні перевищення гранично допустимих норм пилу, а інші показники знаходились в той час в межах норми. Аналогічна ситуація відзначається у світі, що знайшло відображення в підвищенні у 2021 р. рекомендацій ВООЗ щодо якості атмосферного повітря. У районах з розвиненою гірничо-металургійною промисловістю, одним із потужних стаціонарних неорганізованих джерел викидів пилу в атмосферне повітря є діючі хвостосховища підприємств.

2. На прикладі діючого хвостосховища розглянуто можливість його впливу на атмосферне повітря в штатному режимі експлуатації: винесення

твердих часток з 63,063 га за рік може сягати 368,29 т. Проаналізовано гранулометричний склад хвостів, хімічний склад твердої фази пульпи, а також характеристики та експлуатація різних елементів хвостового господарства, зокрема: дренажні і насосні станції, система водооборотного постачання тощо.

3. На підставі аналізу різних заходів для зниження пиління на хвостосховищі, а також технологій їх впровадження, запропонована комбінація зелених технологій (посів гібриду пшениці і жита *Triticale*) та гуматового реагенту, який умовно відноситься до органічно чистих продуктів за своїми фізико-хімічними властивостями.

4. Розглянуті заходи для безпечного виконання різних робіт в хвостовому господарстві.

5. Визначена річна кількість викиду забруднюючих речовин від стаціонарного неорганізованого джерела забруднення атмосферного повітря пилом: за умови відсутності заходів з пилопригнічення – 60,6 т/рік, при використанні зелених технологій – 6,6 т/рік, при використанні хімічного реагенту – 1,2 т/рік, при використанні комбінації зелених технологій та хімічного реагенту – 5,29 т/рік. З урахуванням розрахункових даних за методикою, яка зокрема враховує місцеві кліматичні умови, визначено розмір екологічного податку.

6. Впровадження технологій з пилопригнічення на хвостосховищі призводить до поліпшення екологічної ситуації і, як наслідок, до зменшення розміру екологічного податку за викиди суспендованих частинок у повітря, орієнтовно в 2-11 разів в залежності від технологій, що застосовуються.

7. Обґрунтовано економічна доцільність впровадження на хвостосховищі за для пилопригнічення комбінації зелених технологій з нанесенням гуматового реагенту у порівнянні з комбінацією зелених технологій та в'язучої речовини Soil Loc (співвідношення «Soil Loc /вода» – 1:199), а саме: 223954,9 грн. < 263408,65 грн.

## ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Авласьонок К.І., Максимова Н.М. Деякі питання управління об'єктами видалення відходів, які є стаціонарними неорганізованими джерелами викидів забруднюючих речовин. *Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології*: Нац. Форум, м. Івано – Франківськ, 21–23 листопада 2023 р. С. 287 – 289.

2. Авласьонок К.І., Максимова Н.М. Огляд заходів захисту атмосфери районів розвитку гірничодобувної промисловості. *MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education*: International scientific conference, Riga, the Republic of Latvia, 29–30 November 2023. Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 2. 171-174 pages. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-136>

## АНОТАЦІЯ

**Авласьонок К.І. Заходи щодо запобігання пилінню на хвостосховищі гірничозбагачувального комбінату.**

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 183 Технології захисту навколишнього середовища.

Робота присвячена заходам щодо зниження пиління на хвостосховищі гірничозбагачувального комбінату. За умов не дотримання рекомендацій щодо експлуатації хвостосховища можуть стати потужними джерелами пиловиділення. За даними моніторингу атмосферного повітря в м. Кривий Ріг у червні 2023 р. виявлено підвищений вміст лише завислих речовин. На підставі аналізу основних і спеціальних технологічних заходів боротьби з пилінням виявлено, що підбір рослин необхідно здійснювати індивідуально для кожного хвостосховища. Найкраща схожість зафіксована під час озеленення дослідних ділянок житом, а як рекомендований варіант вважається за доцільне розгля-

нути можливість пророщення *Triticale*. Зелені технології дозволяють знизити до 90% пиління. Аналіз ефективності реалізації різних реагентів, виявив перспективність застосування саме гуматового реагенту та в'язучої речовини Soil Loc (у співвідношенні з водою – 1:199). Впровадження комбінації зелених технологій з обробкою поверхонь хімічним реагентом призведе до зменшення річних викидів пилу у 50,5 разів у порівнянні з відсутністю заходів з пилопригнічення. Застосування комбінації методів (пророщення *Triticale* і нанесення гуматового реагенту) у 1,17 разів дешевше у порівнянні з висівом *Triticale* і обробкою реагентом Soil Loc.

**Ключові слова:** забруднення атмосферного повітря, пиління, хвостосховище, зелені технології, реагенти.

## ABSTRACT

### **Avlasonok K. «Measures to prevent dusting at the tailings of the mining and processing plant»**

Qualification work for a master's degree in specialty 183 Environmental Protection Technologies.

The work is devoted to measures to reduce dusting at the tailings storage facility of the mining and processing plant. If the recommendations for the operation of tailings are not followed, they can become powerful sources of dust emission. According to atmospheric air monitoring data in the city of Kryvyi Rih in June 2023, an increased content of only suspended substances was found. Based on the analysis of basic and special technological measures to combat dusting, it was found that the selection of plants must be carried out individually for each tailings repository. The best germination was recorded when planting experimental plots with rye, and as a recommended option, it is considered advisable to consider the possibility of *Triticale* germination. Green technologies can reduce up to 90% of dust. The analysis of the effectiveness of the implementation of various reagents revealed the promising use of the humate reagent and the binding agent Soil Loc

(in a ratio of 1:199 with water). The implementation of a combination of green technologies with chemical surface treatment will reduce annual dust emissions by 50.5 times compared to the absence of dust suppression measures. The use of a combination of methods (germination of Triticale and application of the humate reagent) is 1.17 times cheaper compared to sowing Triticale and treatment with the Soil Loc reagent.

Keywords: atmospheric air pollution, dusting, tailings storage, green technologies, reagents.