Державний заклад «Центральна державна науково-технічна бібліотека
гірничо-металургійного комплексу України»

ЕКОЛОГІЯ ТА РЕЦИКЛІНГ В МЕТАЛУРГІЇ

Тематична добірка публікацій з актуальних питань
промислового природокористування та ресурсозбереження

Випуск 2

Дніпро - 2026

Дана тематична добірка містить копії першоджерел, присвячених останнім науковим і практичним досягненням промислової екології в металургійній галузі, дослідженню зв’язків виробництва та довкілля, обґрунтуванню засобів гармонізації їх взаємодії, розвитку «зелених» технологій та залученню відходів у вторинний цикл виробництва.

Складено за фондом ЦДНТБ ГМК України станом на 01.07.2026 р.

Бібліографічний анотований список до тематичної добірки «Екологія та рециклінг в металургії»

УДК 504.4.054

Вплив гірничих робіт на водні об'єкти та ресурси (на прикладі вугільного розрізу) / А.Т. Оралова, Е.А. Цешковская, Н.К. Цой та ін. // Вісник Карагандинського технічного університету. – 2023. – Том. 92, №3. – С. 139-144.-Текст рос.

Робота присвячена оцінці впливу на водні об'єкти та ресурси гірничодобувного підприємства та розробленню рекомендацій щодо зниження даного впливу. Екологічна оцінка полягала у визначенні основних природних та антропогенних факторів, що впливають на стан водних об'єктів та ресурсів, концентрації забруднюючих речовин у кар'єрних стічних водах. У статті визначено вміст восьми забруднюючих речовин у кар'єрних водах за період із 2019 по 2021 роки. Виявлено перевищення ПДКкульт.-побут за вмістом у стічних водах сульфатів та азоту амонійного. Проведено розрахунки нормативів концентрацій забруднюючих речовин, що є у стічних кар'єрних водах, а також визначено обсяги забруднень, допустимі для надходження з кар'єрними водами у ставок-накопичувач вугільного розрізу. Також надано рекомендації щодо зниження негативного впливу гірничодобувного підприємства на водні об'єкти та ресурси.

Ключові слова: водні ресурси, водні об'єкти, викиди, вугільний розріз, гірничі роботи, забруднюючі речовини, емісії, стічні води, гранично допустима концентрація, кар'єрний водовідлив, забруднюючі речовини.……..……...……..**С.9**

УДК 666

Визначення мікроструктури та механічних властивостей набухаючого грунту, стабілізованого з використанням летючої золи і відпрацьованого формувального піску / А.С. Гунарріб Ю. Заіка, А. Мунавір та ін. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2023. – Том 6, № 6. – С. 31-40. – Текст англ.

Набухаючий грунт викликає пошкодження дорожніх конструкцій у вигляді тріщин або деформацій через зміну вологості. Одним із способів вирішення цієї проблеми є стабілізація грунту з використанням присадних матеріалів. Спеціальні добавки можуть бути дорогими. Отже, для вирішення проблеми набухаючого грунту в якості земляного полотна при будівництві доріг необхідно використовувати присадні матеріали на основі промислових відходів, як один з методів утилізації відходів. Метою дослідження є аналіз впливу додавання двох типів промислових відходів, а саме летючої золи (ЛЗ) та відпрацьованого формувального піску (ВФП), на мікроструктуру, фізичні та механічні властивості набухаючого грунту. Метод стабілізації набухаючого грунту включає змішування грунту з 9% ЛЗ та різною кількістю

ВФП (0%, 7,5%, 10%, 15%) у розрахунку на суху масу грунту. Дослідження мікроструктури включає кількісну дифракцію рентгенівських променів та скануючу електронну мікроскопію. Вивчення фізичних властивостей включає визначення питомої ваги, меж Аттерберга та ситовий аналіз. Проведено механічні випробування, а саме випробування на ущільнення, визначення несучої здатності грунту каліфорнійським методом, випробування на набухання і тривісні випробування. Грунт, стабілізований з використанням 9% ЛЗ та 15% ВФП, демонструє значне збільшення кута внутрішнього тертя і зчеплення, а також зменшення набухання на 67,18% порівняно з початковим набуханням грунту. Додавання 9% летючої золи та 15% ВФП у набухаючий грунт знижує вміст монтморилоніту. Природні набухаючі грунти мають дуже низький показник CBR (каліфорнійське число несучої здатності) при замочуванні, що становить 0,94%, в той час як стабілізовані грунти з вмістом 9% ЛЗ та 15% ВФП мають показник CBR при замочуванні, що дорівнює 6,46%. Це означає, що CBR при замочуванні стабілізованого грунту відповідає мінімальному CBR, необхідному для будівництва земляного полотна дороги. Суміш 9% ЛЗ та 15% ВФП в набухаючому грунті може бути рекомендована в якості матеріалу для стабілізації набухаючого грунту завдяки здатності до поліпшення мікроструктури та механічних властивостей.

Ключові слова: набухаючий грунт, стабілізація, ВФП, ЛЗ, мікроструктура……С.**15**

УДК 656.135.8:656.3

Транспортне забезпечення рециклінгу відходів металургійного виробництва / А. С. Дорош, Є. Б. Демченко, Д. В. Хилькевич, Н. Ю. Берун // Металургія. – 2023. – Вип.26. – С. 53-60.

Мета. Одним з можливих шляхів підвищення ефективності та екологічності металургії є переробка та повторне використання у виробництві у якості сировини залізовмісних пиловидних відходів. При цьому невід'ємною складовою такого рециклінгу відходів є транспортування залізовмісного пилу від джерел утворення до ділянок гранулювання, де здійснюється його переробка. В той же час існуючі технологічні рішення з транспортування пилу характеризуються значним пилоутворенням як під час виконання навантажувально-розвантажувальних робіт, так і в процесі перевезення. В цьому зв'язку в роботі розглянуто технологічні схеми безпилового транспортування пиловидних відходів з використанням танк-контейнерів.

Методика. Під час виконання дослідження використані методи геопросторового аналізу маршрутів перевезення з урахуванням габаритно-вагових обмежень, методи планування роботи автотранспорту на маршрутах, методи теорії маневрової роботи на залізничному транспорті. Результати. В роботі на прикладні одного з металургійних підприємств представлено методику визначення потрібного парку транспортних засобів та основних техніко-технологічних параметрів схем доставки залізовмісного пилу в танк-контейнерах автомобільним та залізничним транспортом.

Наукова новизна. Отримані результати досліджень параметрів транспортного процесу дозволяють виконати наукове та економічне обґрунтування вибору технологічної схеми перевезень пиловиднихвідходів.

Практична значимість. Представлені технологічні схеми можуть бути використані в якості рішень з транспортного забезпечення рециклінгу залізовмісних пиловидних відходів металургійного виробництва.

Ключові слова: рециклінг, залізовмісні відходи, промисловий транспорт, танк-контейнер……..…….…....…..…....**С.25**

УДК 504.5:628.3

Лавринюк З.В. Екологічні аспекти використання біовугілля для очистки стічних вод / З.В. Лавринюк, О.А. Караїм, В.Т. Дубенська // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія» – 2025. – Вип.32. – С. 101-109.

Мета. Дослідження ефективності використання біовугілля як сорбенту для очищення стічних вод від органічних і неорганічних забруднювачів на процес адсорбції, а також оцінка екологічної доцільності та можливості повторного використання біовугілля у технологіях водоочищення.

Методи. Експериментальний, адсорбційної атомної спектроскопії на приладі UNICAM Solaar 939, статистичний.

Результати. Досліджено вплив початкової концентрації, pH середовища, дози сорбенту та часу контакту. Встановлено, що сильна адсорбція забруднювачів на біовугіллі у водних розчинах зменшує мобілізацію забруднюючих речовин і допомагає зменшити ризик, пов'язаний з токсичними хімікатами та їх побічними продуктами, що присутні у стічних водах та можуть негативно впливати на навколишнє середовище. Значення pH середовища значною мірою впливає на поверхневий заряд і специфікацію хімічних речовин у всіх сорбентах біовугілля. Високі концентрації забруднень ускладнюють повне видалення. Використання біовугілля видаляє забруднення найкраще в умовах низьких початкових концентрацій забруднень. Ефективність очищення підвищується з часом контакту, що пов'язано з тривалістю процесу між біовугіллям і забрудником. Але надмірне збільшення часу може призвести до насичення, що обмежить ефективність видалення забруднень. Підтверджено також екологічну безпеку використання біовугілля та його придатність до багаторазового застосування з мінімальною втратою сорбційних властивостей.

Висновки. Встановлено, що біовугілля є ефективним сорбентом для видалення забруднювачів із водних розчинів завдяки своїм фізико-хімічним властивостям: великій питомій поверхні, розвиненій пористості та наявності активних функціональних груп. Біовугілля є перспективним матеріалом для впровадження в системи очищення стічних вод у промисловості, сільському господарстві та побуті.

Ключові слова: забруднення води, адсорбція, біовугілля, очистка стічних вод, концентрація, pH.....…….....**С.33**

УДК 574.3:556.114:621.311.22

Ричак Т.Л. Оцінка забруднення донних відкладень важкими металами при тривалому впливі тес / Т.Л. Ричак // Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2026. – Вип. 45. – С. 109-123.

Мета: Оцінка геохімічного та екологічного стану донних відкладень у межах гідрологічної системи "р. Гнила Липа – Бурштинське водосховище – р. Дністер".

Методи. Польові, аналітичні, системний підхід для узагальнення результатів.

Результати. Зразки осадів відібрано на семи репрезентативних створах гідрологічної системи. Для інтерпретації даних на вміст важких металів (Cu, Zn, Cd, Pb) використовували показники: індекс геоакумуляції, коефіцієнт збагачення, індекс забруднення та токсикологічний скринінг. Отримані значення індексу геоакумуляції вказують на екологічне

благополуччя, а геохімічний цикл Zn в басейні р. Гнила Липа визначається виключно природними літогенними процесами. Розраховані значення коефіцієнту збагачення лише для Cd на третьому створі вказують на антропогенну складову. Встановлено, що значення індексу забруднення у створах №3 та №5 визначають стан антропогенної деградації; на фонових та замикаючих створах індекс вказує на відсутність забруднення. Найвищий токсикологічний скринінг виявлено для Cd у створі №3, що дає підстави стверджувати про приховане екологічне навантаження, яке за несприятливих гідрохімічних умов може трансформуватися в реальну загрозу для бентосних біоценозів. Розраховані значення сумарної токсичності варіюють в межах, що відповідає низькому та помірному рівням екотоксикологічного ризику. Максимальне значення коефіцієнта зафіксовано в зоні акумуляції (створ №3), що є показником зростання біологічної небезпеки внаслідок синергетичного ефекту накопичених важких металів. Значення індексу навантаження забруднення та індексу забруднення визначили, що екологічний ризик, пов'язаний з наявністю важких металів у донних відкладеннях річок та водосховища був помірним.

Висновки. Результати дослідження мають практичне значення для розробки стратегій управління навколишнім середовищем для річкової системи Гнила Липа – Дністер. Виміряні рівні накопичення важких металів у донних відкладах слугують основою для оцінки екотоксикологічного стану водосховища та прогнозування стійкості водних екосистем до антропогенних впливів.

Ключові слова: донні відкладення, водна екосистема, теплова електростанція……..**С.42**

УДК [662.613.1:661.97]+628.5+669.018

Технологія очистки сірковмісних димових газів з отриманням на виході товарної продукції / М.А. Кащеєв, С.В. Манзенко, Є.М. Сигарьов // Метал та литво України. – 2025. – Том. 33, № 2. – С. 59-66.

Агломерат є одним із основних видів сировини для доменного виробництва. У процесі агломерації, охолодження та обробки агломерату утворюється значна кількість шкідливих технологічних викидів, зокрема пил, оксиди вуглецю, сірки, азоту та інші. До складу агломераційної шихти входить тверде паливо, таке як коксовий дріб’язок та антрацитовий штиб, а також значна кількість залізовмісних відходів, які є основним джерелом надходження сірки в метал на технологічному маршруті виплавки сталі. З метою вирішення проблеми комплексної обробки димових газів розроблено технологію, що базується на використанні плазмово-каталітичного реактора (ПКР). Запропоноване рішення дозволяє оптимізувати процес очищення газоподібних викидів, підвищити економічну ефективність та зменшити екологічне навантаження процесу агломерації. Крім того, технологія відкриває можливість додаткової переробки залізовмісних та сірковмісних матеріалів. Принцип дії реактора полягає у генерації озону в коронному розряді. Озон забезпечує повне доокислення діоксиду сірки (SO2) до триоксиду сірки (SO3). Апарат складається з блоку ПКР, що забезпечує утворення необхідної кількості озону шляхом пропускання повітря через коронний розряд, та блоку живлення (трансформатора). Інтеграція апарата типу «MV-2JS» у традиційну технологію десульфурації дозволяє повністю відмовитися від третьої стадії процесу — окислення сульфіту кальцію у спеціальних ємностях. Установлення ПКР безпосередньо перед реактором-адсорбером, на шляху потоку димових газів, забезпечує замість сірчистого ангідриду (SO2) отримання сірчаного ангідриду (SO3). Це, у свою чергу, дозволяє синтезувати товарний

високоякісний гіпс, що не містить шкідливих токсичних домішок і не потребує додаткового доокислення.

Ключові слова: агломерація, димові гази, десульфурація, плазмово-каталітичний реактор, діоксид сірки, триоксид сірки, озон, метод зв'язування, сухий спосіб, вторинна сировина……..……...……...…….....…….**С.57**

УДК 665.6

Рахімлі Ф. Промислові адсорбційні методи зниження вмісту сірки у вуглеводневих потоках / В. Горский // Journal of Kryvyi Rih National University. – 2025. – Том 23, № 1. – С. 92-103. – Текст англ.

Досліджено промислові адсорбційні методи зниження вмісту сірки у вуглеводневих потоках з акцентом на їх технічну ефективність та технологічну адаптивність на нафтопереробних заводах. Проведено порівняльний аналіз використання цеолітів, активованого вугілля, металоорганічних каркасів, вуглецевих молекулярних сит, оксидів металів, полімерних матеріалів, сульфідів металів, модифікованих глин і бентоніту для зниження вмісту сірки у вуглеводневих потоках. Адсорбція з використанням цеолітів та металоорганічних каркасів виявилася високоефективною для видалення сірковмісних сполук, таких як тіофени та меркаптани, особливо при високих концентраціях сірки. Однак ці методи вимагають значних капітальних витрат і складної інфраструктури для масштабування. Активоване вугілля, незважаючи на його доступність та економічну ефективність, продемонструвало нижчу ефективність у видаленні сірки з важких вуглеводнів та обмежені можливості регенерації. Гібридні методи, що поєднують адсорбцію з каталітичною десульфурацією, виявилися перспективними для глибокого видалення сірки і зниження експлуатаційних витрат завдяки можливості регенерації адсорбенту. Для великих заводів оптимальними є гібридні технології та методи з використанням цеолітів і металоорганічних каркасів, що забезпечують високу ефективність при дотриманні екологічних стандартів. Для малих і середніх нафтопереробних заводів економічно доцільними є технології з використанням активованого вугілля. Таким чином, вибір методу адсорбції залежить від специфіки підприємства, типу потоку вуглеводнів та можливостей впровадження інноваційних технологій

Ключові слова: цеоліти; металоорганічні каркаси; каталітична десульфуризація; нафтопереробні заводи; активоване вугілля…….……**С.65**

УДК 669.053.4

Переробка лому W-Ni-Fe з отриманням порошкового вольфраму / Ю. Є. Скнар, О. В. Кожура, І. В. Скнар та ін. // Journal of Chemistry and Technologies – 2024. – Том 32, № 2. – С. 391-397. – Текст англ.

Робота присвячена актуальній темі переробки лому стратегічного сплаву W-Ni-Fe, який використовується у виробництві бронебійних снарядів. Рециклінгове використання вольфраму та інших компонентів сплаву вирішує проблему дефіциту і дорогоцінності цих металів. У даній роботі досліджено вплив концентрації хлоридної кислоти і гідроген пероксиду, як компонентів розчину вилуговування, на ступінь вилуговування зв’язуючої фази. Встановлено, що збільшення концентрації обох компонентів призводить до збільшення швидкості як процесу вилуговування, так і перебігу побічних процесів, які призводять до нецільової витрати реагентів. Результати проведених експериментальних

досліджень свідчать, що найбільш ефективним є використання хлоридної кислоти концентрацією 2 моль/л та гідроген пероксиду концентрацією 2 моль/л. Проблема каталітичного розкладання гідроген пероксиду вирішується за рахунок проведення процесу вилуговування за низької температури (близько –5 °С). Запропоновано нову методику вилуговування сплаву W-Ni-Fe з отриманням високоякісного порошку вольфраму. Інтенсифікація процесу досягається організацією вилуговування в умовах самопомелу з безперервним механічним оновленням поверхні, яка контактує з кислотно-окиснювальним розчином вилуговування.

Ключові слова: порошковий вольфрам; зв'язуюча фаза; самопомел; рециклінг; ступінь вилуговування. ……**С.77**

УДК 628.511:66.067:678.742:504.064

Бєлоконь К. Рециклінг пластиків: філософські та інноваційні підходи до мінімізації ризиків / К. Бєлоконь, Н. Метеленко, В. Оглобіна // Humanities Studies – 2026. – Вип. 26. – С. 213-222.

У статті досліджено системні дисфункції технологій очищення газових викидів у процесах рециклінгу пластикових матеріалів. Актуальність теми зумовлена зростанням обсягів пластикових відходів та необхідністю мінімізації екологічних ризиків, пов'язаних із вторинною переробкою полімерів. Одним із перспективних шляхів розв'язання цієї проблеми є вторинна переробка пластикових пляшок, яка дозволяє частково замінити первинну сировину, зменшити обсяги відходів та знизити загальне навантаження на природні ресурси. Метою даної роботи є розроблення ефективної системи очищення технологічних газів, що утворюються в процесі промислової переробки пластикових пляшок, з метою зниження шкідливих викидів в атмосферу, забезпечення екологічної безпеки виробництва та дотримання нормативних вимог щодо охорони навколишнього середовища. Залишається відкритою проблема комплексного видалення високотоксичних сполук (зокрема діоксинів і фуранів), які утворюються під час термічних процесів. Більшість наявних технологій забезпечують лише часткове очищення або переносять забруднення в інші агрегатні стани, що не вирішує проблему в цілому. Недостатньо опрацьованим є також питання вторинного забруднення, яке виникає внаслідок використання очисних систем (утворення шламів, відпрацьованих сорбентів, токсичних залишків), що потребують додаткової утилізації та створюють нові екологічні ризики. Проаналізовано основні джерела утворення шкідливих газоподібних сполук під час термічної та механічної переробки пластиків, а також ефективність існуючих систем газоочищення. Визначено ключові дисфункції, зокрема: технологічну невідповідність очисного обладнання складу викидів, недостатню адаптивність систем до змін сировини, енергетичну неефективність, а також недосконаліть систем моніторингу та контролю. Особливу увагу приділено аналізу бар'єрів впровадження інноваційних екологічних технологій у сфері рециклінгу. Обґрунтовано необхідність інтеграції комплексних підходів до очищення газових викидів, що поєднують сучасні фільтраційні, каталітичні та біотехнологічні методи. Запропоновано напрями підвищення ефективності екологічної безпеки рециклінгових процесів, зокрема через цифровізацію систем контролю, впровадження принципів циркулярної економіки та оптимізацію технологічних режимів. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення екологічної політики підприємств та підвищення ефективності управління викидами у галузі переробки пластикових матеріалів.

Ключові слова: системні дисфункції, технології очищення, газові викиди, рециклінг, пластикові матеріали ……..……..……..…**С.84**

УДК 004.94:628.32

Янов О.О. Розробка типової архітектури побудови цифрових двійників в автоматизованому виробництві при керуванні очисними спорудами / О. О. Янов, О. М. Клименко// Сучасні проблеми металургії – 2026. – № 29. – С. 3-12.

У статті запропоновано типову архітектуру побудови цифрового двійника в автоматизованому виробництві. Вона ґрунтується на використані рівнів для мінімізації часу розроблення цифрового двійника та забезпечує гнучкість та здатність поступово розширюватися без радикальних змін. Розглянуто рівні системи та надано рекомендації, щодо складових рівнів та їхнього розроблення.

Ключові слова: архітектура цифрового двійника, цифрові двійники, автоматизоване виробництво, очисні споруди, багаторівнева архітектура, IoT, хмарні обчислення, граничні обчислення. ……..……..……..…**С.94**