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 5

Дніпро - 2025

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 01.12.2025 р.

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

УДК 669.714.82

Науково-методичний аналіз переробки алюмінієвих шлаків / А. М. Верховлюк, О. А. Щерецький, В. В. Довбенко, І. Ф. Червоний // Процеси лиття. – 2022. – № 3 (145). – С. 3-11. - Текст англ.

Наведено результати дослідження переробки алюмінієвих шлаків металургійних процесів, які мають різний хімічний склад. При створені нових металевих матеріалів і технологій їх виробництва важливо знати і контролювати всі структурні і фазові перетворення, які можуть відбуватися з матеріалом за тих чи інших умов. На сьогодні немає єдиного універсального методу, який давав би таку можливість. Тому найчастіше для дослідження структурних і фазових перетворень при нагріванні та охолодженні використовують диференціально-термічний аналіз (ДТА), диференціальну скануючу калориметрію (ДСК), та більш універсальний метод – синхронний термічний аналіз (СТА), який додатково включає ще і термогравіметрію (ТГ). В зв'язку з цим у роботі для проведення досліджень вибрано метод синхронного термічного аналізу. Він дає можливість поєднати два методи – термогравіметрію та диференціальну скануючу калориметрію. В роботі використано синхронний термічний аналізатор STA 449F1 Jupiter фірми NETZSCH (Німеччина). Термоаналізатор дозволяє проводити дослідження в двох режимах: «зразок» (без урахування теплофізичних характеристик тигельної системи) та «зразок з корекцією» (з урахуванням теплофізичних характеристик тигля). В режимі «зразок» дослідження проводяться в порівнянні зінертним еталоном, близьким за теплофізичними характеристиками до зразка, що досліджується. Наведено також, що на диференційних кривих плавлення й кристалізації деяких зразків шлаку спостерігаються декілька піків, які пов'язані з утворенням евтектики Al-Si і свідчать про наявність в системі крім алюмінію інших хімічних елементів. Вихідною сировиною для одержання алюмінію металургійним способом слугував ливарний алюмінієвий шлак. Дослідження фазових переходів одержаних зразків проводили методом диференційно скануючої калориметрії. Зазначено, що температури та ентальпії фазових переходів не дуже суттєво відрізняються від характеристик стандартного алюмінію (А85). Вони свідчать про те, що переробка алюмінієвого ливарного шлаку за допомогою плавки відходів алюмінієвого виробництва спільно з каустичною содою приводить до одержання алюмінію порівняно високої чистоти.

Ключові слова: скануюча калориметрія, алюміній, алмінієві відходи, ливарний алюмінієвий…….....…..….....**С.9**

УДК 669:696.135

Биканова В.В. Синтез та фотокаталітична активність покриттів $Ti/Ti_nO_m{\cdot}ZrO_2$ для очищення промислових стічних вод від органічних ароматичних забрудників / В.В. Биканова, В.О. Панасенко, С.М. Биканов // Вуглехімічний журнал. – 2021. – № 2. – С.33-40.

Показано, що фотокаталітичні процеси на напівпровідникових матеріалах є перспективними для застосування у технологіях очищення стічних промислових вод та повітряного басейну від токсичних органічних домішок для вирішення важливих екологічних проблем. Виконано дослідження щодо формування покриттів оксидом титану(IV), що доповнені оксидом цирконію(IV). Формування покриттів проводили методом анодного оксидування технічних сплавів титану марки ВТ1-0 та цирконію марки Е-125 з водних розчинів електролітів на основі 0,5 М сірчаної кислоти та 1 М пірофосфату калію. Для одержання змішаних оксидних покриттів складу Ti/TinOm ·ZrO2 у розчини електролітів додатково вводили оксид цирконію(IV) заданої концентрації. Фотокаталітичну активність одержаних систем оцінювали за реакцією окиснення фенолу. Показано, що в результаті анодного оксидування сплаву ВТ1-0 у сірчанокислих та пірофосфатних електролітах є можливим одержання змішаних оксидних систем складу Ti/TinOm·ZrO2 з поруватою та мікрокристалічною структурою поверхні й вмістом цирконію до 2 % за масою. Встановлено, що підвищення pH електроліту призводить до суттєвого зниження вмісту цирконію в покриттях. Показано, що контактні маси Ti/TiO2, Zr/ZrO2, Ti/TinOm ·ZrO2 фотокаталітично активні у реакції окиснення фенолу під дією УФ-випромінювання, причому змішані покриви Ti/TinOm ·ZrO2, сформовані з сірчанокислотного електроліту, виявляють більш високу каталітичну активність у порівнянні що з індивідуальними оксидами, то й з Ti/TinOm·ZrO2, нанесеними з пірофосфатних електролітів. Одержані результати свідчать про можливість створення фотокаталітичних перетворювачей зі застосуванням змішаних оксидних систем, сформованих на металевих носіях, для очищення стічних вод від органічних ароматичних сполук.

Ключові слова: покриття, оксид титану(IV), електрохімічне анодування, фотокаталітична активність, оксид цирконію(IV), органічні ароматичні забруднювачі, фенол, стічні води, очищення.……..……...**С.18**

УДК 622.25: 502

Обґрунтування екобезпечного рівня вод шахти №2 «Новогродівська» для захисту прилеглих територій від підтоплення / Д. В. Рудаков, І. О. Садовенко, О. В. Інкін, Н.І. Деревягіна // Mining science. – 2022. – Вип. 68. – С.58-66.

Мета. Прогнозне обґрунтування змін гідродинамічних умов шахти № 2 «Новогродівська» в період її закриття та роботи геотермальних систем з визначенням необхідної потужності водовідливних установок, здатних попередити підтоплення на прилеглих до шахти територіях.

Методика. Загальний шахтний водоприток розраховано за допомогою аналітичних співвідношень геофільтрації та емпіричних залежностей з урахуванням швидкості підйому рівня шахтних вод на попередніх стадіях затоплення та гідродинамічного зв’язку з гірничими виробками сусідніх шахт ім. Д.С. Коротченка та № 1-3 «Новогродівська», а також об’єму виробленого простору та наявних геолого-структурних тектонічних порушень.

Результати. Розрахований за різними підходами загальний водоприток до шахти № 2 «Новогродівська» знаходиться у діапазоні 2000 – 2200 м3/добу та може коливатися залежно

від перетікання з сусідніх шахт, інфільтрації атмосферних опадів в діапазоні 30 –50 мм/рік і притоку з верхнього водоносного горизонту. Для підтримання гідродинамічно та екологічно безпечного рівня +185 м в період закриття шахти та роботи геотермальних систем цей водоприток має повністю відбиратися водовідливними установками та скидатися до гідрографічної мережі за межами зони водозбору на території шахтного поля.

Наукова новизна. Запропонований в роботі новий комплексний підхід до визначення загального водопритоку в процесі закриття шахти дозволяє обґрунтовано врахувати гідродинамічні умови на її території, геолого-гідрогеологічну будову та вплив різних природно-техногенних факторів.

Практична значимість. Отримані в ході розрахунків дані про величини водопритоку до шахти № 2 «Новогродівська» використані для визначення необхідної потужності водовідливних установок, що дозволить попередити підтоплення та запобігти прояву несприятливих фізико-геологічних явищ на прилеглих до шахти територіях. Крім того, розраховані величини водопритоку передбачається застосовувати при визначенні технологічних і техніко-економічних показників геотермальних систем.

Ключові слова: затоплена шахта, водоприток, шахтні води, безпечний рівень, підтоплення. ……..……...**С.26**

УДК 66.098.4:662.767.2

Ефективність руйнування органічних забруднювальних речовин фективність руйнування органічних забруднювальних речовин у процесі анаеробного зброджування сировини різного генезис / А. Парамонов, І. Аблєєва, І. Васькіна та ін. // Ecological Safety and Balanced Use of Resources. – 2024. – Т.15, № 1. – С.24-38.

Дослідження ступеня деградації забруднювальних речовин у процесі анаеробного зброджування та їх вмісту в дигестаті є актуальним науковим питанням, яке продиктовано необхідністю підтвердження безпечності застосування цього продукту як біодобрива для покращення якості сільськогосподарських земель. Мета статті – визначення ефективності руйнування забруднювальних речовин у процесі анаеробного зброджування із застосуванням різних методів додаткової обробки. Для встановлення закономірностей деградації забруднювальних речовин у процесі анаеробного зброджування за різних умов та зі застосуванням додаткових технологій інтенсифікації процесу (ультразвук, застосування хімічних реагентів та вугільної тканини, міжвидове перенесення електронів, іммобілізація мікроводоростей тощо) було застосовано мета-аналіз. Визначення достовірності обраних гіпотез та статистичної значущості отриманих даних було проведено методами статистичного аналізу. Було визначено, що додаткові методи обробки дозволяють підвищити ефективністьдеградації органічних забруднювачів у змішаних органічних відходах на 180 % (пряме міжвидове перенесення електронів), у відходах тваринного походження – на 115 % (лужне попереднє оброблення), а в осадах стічних вод – на 55 % (шляхом їх обробки в термофільному аеробному реакторі сумісно з анаеробним зброджуванням). Ефективність технології іммобілізації мікроводоростей, що забезпечує видалення забруднювальних речовин із рідкої фракції дигестату, становить 135 %. Також було встановлено наявність синергетичного ефекту додаткових методів оброблення сировини, що ілюструється зростанням кількості виділеного метану на 98,88-261,56 % залежно від виду відходів і методу обробки. Отримані результати доводять високу ефективність додаткових технологій обробки. Практичне значення одержаних результатів полягає в доведеному синергетичному ефекті від

застосування додаткових методів обробки сировини та дигестату за рахунок підвищення рівня деградації органічних забруднювачів з одержанням екологічно безпечного добрива та збільшенням виходу біогазу.

Ключові слова: виробництво біогазу, дигестат, небезпечні хімічні речовини, органічні відходи, попередня обробка, стійкий розвиток, субстрат……...……...**С.35**

УДК 622.807

Дослідження впливу аеродинамічних показників пилового потоку для визначення параметрів запиленості промислових об'єктів / Балабас Л.Х., Трікав В.В., Саттарова Г.С., Балабас А.Ю. // Збірник трудів Карагандинського технічного університету. – 2023. – № 4(93). – С. 178-182.- Текст рос.

Метою статті є вивчення основних аеродинамічних показників пилового потоку, що визначають запиленість промислових об'єктів, на основі дослідження динамічних структур потоку, що турбулізується. Вивчено характер впливу параметрів руху повітряного потоку на механізм осадження частинок пилу в потоці, що турбулізується. Встановлено критеріальні показники, що характеризують пиловий потік, складено алгоритм розрахунку структурних показників та динаміки запиленості. Подано математичну модель визначення запиленості, що враховує масштаби турбулентності. Дано умови оцінки застосування ефективних способів видалення пилу. Обґрунтовано рекомендації щодо використання інженерних рішень для ефективних способів боротьби з пилом.

Ключові слова: пиловий аерозоль, концентрація частинок пилу, дисперсний склад пилу, ефективна схема знепилювання, розподіл частинок за розмірами, стаціонарний стан турбулентності, дифузія, дисипація, режим пилеутворення, поле турбулентних пульсацій, наведений розмір аерозолю пилу.....**С.50**

УДК 338.49

Сорочинська О.Л. Рециклінг – сучасний шлях управління і поводження з відходами / О.Л. Сорочинська, В.В. Лук’янова, Г.В. Ничкалюк // Екологічні науки. – 2024. – № 1(52). – С. 101-107.

Проблема утворення відходів сьогодні є глобальною проблемою і нагальним питанням державної політики для всього міжнародного співтовариства. Постійно зростаючі обсяги відходів та пов’язані з ними небезпеки мають значний вплив на глобальне та місцеве довкілля, стан природних ресурсів, здоров’я населення, місцеву економіку та умови життя, а також все більше суперечать цілям сталого розвитку. Відходи – це складна суміш матеріалів, що характеризується різноманітним складом і містить велику кількість антропогенних забруднювачів хімічного та біологічного походження, які становлять потенційну небезпеку для здоров’я населення. В країні, з огляду на структуру господарського комплексу та домінування ресурсоємних комплексних технологій переробки відходів, поводження з відходами є не лише технічним питанням, а комплексною проблемою, яка охоплює всі важливі аспекти сталого розвитку: екологічний, економічний та соціальний. Враховуючи глобальний характер проблеми для суспільства, нашій країні необхідно сформувати соціально прийнятну систему поводження з відходами та розробити сучасну стратегію управління відходами.

Проблеми, пов’язані з накопиченням відходів, виникли ще на початку 20-го століття і, незважаючи на зусилля, спрямовані на поліпшення ситуації в цій сфері, їх актуальність

продовжує зростати: в 1997 році в доповіді Генерального секретаря ООН Генеральній Асамблеї було підсумовано катастрофічну ситуацію із забрудненням навколишнього середовища і, що особливо важливо, було зазначено, що саме за останні два десятиліття минулого століття кількість відходів в індустріально розвинених країнах потроїлася. Сьогодні у своїй господарській діяльності людина використовує близько 100000 небезпечних речовин, які не мають природних аналогів і вплив яких на живі організми та екосистеми не достатньо вивчений. Після використання ці речовини створюють ризик забруднення навколишнього середовища на кожному етапі утилізації відходів. Щороку ця кількість збільшується на 500–1000 нових видів речовин. Однією з головних причин такого погіршення ситуації є недалекоглядна модель виробництва та споживання, яка наразі є однаковою як у країнах з високим, так і з низьким рівнем економічного розвитку. На жаль, людська діяльність продукує велику кількість відходів, які не можуть розкладатися під дією самоочищення природних систем. Тому настав час для людства розглянути абсолютно новий підхід до споживання ресурсів та поводження з відходами.

Ключові слова: поводження з відходами, рециклінг, циркуляційна економіка, утилізація……..……..... **С.55**

УДК 620.97

Савчук Є. Огляд перспективних досліджень у галузі переробки твердих побутових відходів для подальшого використання як твердопаливних матеріалів/ Є. Савчук // Вісник Криворізького національного університету. – 2024. – Т.22, № 2. – С. 28-36.

Актуальність заявленої теми даного наукового дослідження полягає в глобальному зростанні екологічних проблем, включаючи виснаження ресурсів і забруднення, що призвело до нагальної потреби у розробці рішень щодо сталого управління відходами. Це дослідження стосується переробки твердих побутових відходів, з особливим акцентом на перетворення відходів у тверді паливні матеріали. Було проведено порівняльний аналіз літературних джерел за період по 2024 рік з метою виявлення найбільш ефективних технологій перетворення відходів на енергію. Отримані результати підкреслюють дві ключові суспільні проблеми: погіршення стану довкілля внаслідок неадекватних практик поводження з відходами та дефіцит ресурсів, спричинений урбанізацією та індустріалізацією. Серед помітних результатів – визначення спалювання та піролізу відходів як перспективних технологій для відновлення енергії, зменшення кількості сміттєзвалищ та пом'якшення впливу на довкілля. Зокрема, було показано, що піроліз дає більше енергії і призводить до менших викидів, ніж традиційне спалювання. Крім того, аналіз показав потенціал палива з відходів та мікробних паливних елементів як інноваційних підходів до сталого виробництва енергії з відходів. Ці технології можуть забезпечити додаткові джерела енергії для побутових і промислових потреб, одночасно зменшуючи вплив на навколишнє середовище, пов'язаний з утилізацією відходів. Практична цінність цього дослідження полягає в його потенціалі для розробки передових технологій переробки твердих побутових відходів з метою отримання енергії, що може підвищити ефективність використання ресурсів та енергетичну стійкість

Ключові слова: енергетичні ресурси; сортування відходів; глобальне потепління; промислова переробка…..……..... **С.62**

УДК 621.3

Вдосконалення прототипу мікрофільтра та його реалізація: хімічне застосування / Т. Бадюк, М. Маммадова, Г.В. Херера, Е. Куссул // Technology Audit and Production Reserves. – 2025. – Том 3, № 1. – С. 58-63. – Текст англ.

Об'єктом дослідження є мікрофільтри. Це дослідження направлено на розробку мікрофільтра, який може бути використаний, наприклад, для фільтрації повітря або води в традиційних сферах застосування. Закриті приміщення вимагають контролю якості повітря для здоров'я людей, які там працюють. Проаналізовано застосування різних технологій, таких як мікроелектромеханічні системи (MEMS), наноелектромеханічні системи (NEMS) та технологія мікрообладнання (МЕТ) для виробництва мікрокомпонентів. Описано переваги та недоліки цих технологій. У цій роботі використано МЕТ для виготовлення та розробки структури мікрофільтра.

Представлено структуру та модель мікрофільтра. Проблема, яку необхідно вирішити, пов'язана зі спрощенням конструкції мікрофільтрів та підготовкою її до використання нових технологій їх виробництва. Для її реалізації використано 3D-принтер. 3D-принтери – це обладнання, що реалізує адитивну технологію, яка активно розвивається в останні роки. З комп'ютерної 3D-моделі можна побудувати 3D-прототип. Суть результатів полягає в можливості масового виробництва мікрофільтрів. Описано різні можливі застосування, не тільки фільтрація повітря та рідини, але й застосування в хімії для модулів мікрореакцій та мікророзділення.

Проведено порівняння нового дизайну мікрофільтра з нашим попереднім прототипом мікрофільтра, розробленим і виготовленим з використанням МЕТ. Перевага МЕТ полягає в тому, що він працює з різними матеріалами, а не лише з тими, що використовуються в мікроелектроніці. Випробування та дослідження показали, що мікрофільтри можуть бути використані на практиці. Новий прототип був виготовлений на 3D-принтері. Порівняльна оцінка першого прототипу мікрофільтра та нового прототипу показує, що новий прототип має спрощену структуру та є простішим у виготовленні. Однією з найцікавіших сфер їх застосування є хімічні мікрореактори. Це одна з нових, цікавих і перспективних сфер застосування.

Ключові слова: MEMC, НЕМС, МЕТ, 3D-принтер, мікрофільтр, мікровиробництво, хімічний мікрореактор, мікросепаратор, фільтрація повітря та рідини……..…… **С.71**

УДК 669.15′28-198

Виявлення особливостей структурно-фазових перетворень при переробці оксидних легованих відходів з використанням вуглецевого відновника / А.М. Поляков, В.О. Волох, А.М. Андрєєв та ін. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2024. – Vol.5, № 12. – С.25-30. – Текст англ.

Об’єктом дослідження є структурно-фазові перетворення при відновленні вуглецем окалини вольфрамової швидкоріжучої сталі щодо отримання ресурсозберігаючої легуючої добавки. Проблема полягає у втратах коштовних елементів при отриманні та використанні легуючого матеріалу із техногенної сировини. Вирішення проблеми пов’язане із визначенням технологічних параметрів щодо забезпечення зменшення втрат відповідних елементів. В результаті підвищення ступеня відновлення окалини з 33 % до 72 % та 85 % виявлено підсилення прояву твердого розчину вуглецю та легуючих елементів в α-Fe відносно до $FeWO_4$, FeO та Fe_3O_4. Також мали прояв Fe_3C, WC, W_2C, FeW_3C, Fe_3W_3C, Fe_6W_6C, VC, V_2C,

Cr_3C_2, Cr_7C_3 та $Cr_{23}C_6$. Разом з цим виявлено частки округлої та багатогранної форми з різним хімічним складом та утворення губчастої мікроструктури. Встановлено, що найбільш прийнятним ступенем відновлення є 85 %. Але досягнення ступеню відновлення 72 % також є достатнім. Це пояснюється тим, що залишковий вуглець в карбідах забезпечує підвищену відновну спроможність, яка реалізується при довідновленні оксидів в рідкому металі під час легування. Губчаста мікроструктура обумовлює більш швидке розчинення на відміну від стандартних феросплавів, що забезпечує зменшення часу плавки при скороченні витрачених ресурсів. В отриманому легуючому матеріалі не виявлено фаз, що мають підвищену схильність до сублімації. Тобто не потрібні додаткові умови, що стримують втрати легуючих елементів при випаровуванні з газоподібною фазою, що забезпечує підвищення ступеня вилучення відповідних елементів. Властивості отриманого легуючого матеріалу дають можливість використання в металургійному виробництві при виплавці в електродуговій печі марок легованої сталі, склад яких не має суворих обмежень за вмістом вуглецю.

Ключові слова: оксидні техногенні відходи, швидкоріжуча сталь, окалина, відновлення вуглецем, структурно-фазові перетворення……..……...…….. **С.77**

УДК 628.339.048

Кожемякін Г.Б. Знешкодження високомінералізованих стічних вод металургійних виробництв на проміжному твердому теплоносії / Г.Б. Кожемякін, К.В. Белоконь, В.Р. Румянцев // Металургія. – 2025. – № 1. – С. 114-120.

Одним із головних джерел забруднення навколишнього середовища на металургійних підприємствах є високомінералізовані стічні води. Підвищення вмісту солей уцих водах спричинене використанням розчинних речовин у металургійних процесах, хімічною обробкою води в замкнених системах охолодження обладнання, очищенням стічних травильних розчинів і промивних вод у прокатних цехах. Крім того, мінеральні домішки потрапляють у стоки під час контакту рідин із твердими або розчиненими солевмісними матеріалами. Одним із ключових завдань екологічної безпеки металургії є ефективне очищення таких стічних вод від розчинених мінералів.

Найпоширенішими технологіями видалення солей із води є методи зворотногоосмосу, електродіалізу, іонного обміну та термічного знесолення. Проте в більшості випадків результатом таких процесів є концентровані розсоли.

Випарювання мінералізованих стоків на металургійних підприємствах призводить до накопичення в них високих концентрацій солей. При цьому, окрім традиційного карбонатного та сульфатного накипу, можуть утворюватися також силікатні, залізисті й інші відкладення на теплообмінних поверхнях. Щоб уникнути цих проблем, доцільно застосовувати тверді матеріали як проміжний теплоносій. У таких установках зазвичай використовуються металеві кулі, нагріті гарячими газами, на поверхні яких кристалізуються солі, що потім видаляються.

Проаналізовано теплотехнічні особливості процесу випарювання із застосуванням вердого теплоносія та встановлено залежності коефіцієнта тепловіддачі від основних параметрів процесу. На основі експериментальних досліджень розроблено метод утилізації високомінералізованих стічних вод, який дозволяє ефективно використовувати низькопотенційні вторинні енергетичні ресурси.

Ключові слова: знешкодження, стічні води, мінеральні домішки, безпека, зворотній осмос…….……...…….....**С.86**