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 4

Дніпро - 2024

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 10.10.2024 р.

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

УДК 621.747.55-026.658:[621.746.393:669.141.25
DOI: 10.15407/steelcast2019.10.064

Воденнікова О.С. Застосування кріогенного бластінгу як сучасного методу очищення від забруднень виливниць для розливки сталі / О.С. Воденнікова, С.А. Воденніков, Є.А. Манідіна // Метал та литво України. – 2021. – №4. – С. 85-91.

Запропоновано застосування нової ресурсозберігаючої технології – кріогенного бластінгу як сучасного методу очищення від забруднень деталей та механізмів металургійного призначення. Зокрема, запропоновано використання гранул сухого льоду (твердої фази двоокису вуглецю) як сучасного методу очищення чавунних виливниць в процесі їх підготовки до розливки сталі. Наведено основні переваги технології кріогенного бластінгу та показано, що ця технологія в порівнянні з іншими методами очищення деталей та механізмів металургійного призначення найменше впливає на навколишнє середовище та є екологічно безпечною для життя та здоров'я довкілля. Представлено схему процесу видалення забруднень (слідів нагару, хлоридів, сплесків та іншого) зі стінок виливниці за допомогою подачі гранул сухого льоду. Процес очищення металевої поверхні від забруднень відбувається в три етапи: механічний (коли гранули сухого льоду видуваються струменем стисненого повітря і вдаряються об забруднення на високій швидкості, видаляючи їх); термічний (за рахунок низької температури (-79 °С) сухий лід робить забруднення більш крихкими, при цьому виникає так званий «термічний шок», сприяючи їх повному видаленню); сублімація (коли швидке перетворення твердого сухого льоду в газ провокує вибух на поверхні, що видаляє залишки забруднень та іржі). Запропоновано схему руху гранул сухого льоду при кріогенному бластінгу, яка дозволяє розкрити суть процесу накоплення відцентрової енергії гранул льоду при обертанні спеціального диска у виливниці. За допомогою теоретичного розрахунку визначено інтервал зміни відцентрової сили частинок льоду залежно від впливу маси частинок льоду (в діапазоні 0,002–0,01 кг), радіуса диска, що обертається (в діапазоні 0,1–0,3 м), при фіксованих параметрах швидкості обертання диска (в діапазоні 1000–1600 об/хв). Показано, що залежно від зміни зазначених параметрів максимальне значення відцентрової сили досягає 84,14 Н.

Ключові слова: кріогенний бластінг, гранули сухого льоду, чавунна виливниця, підготовка виливниць для розливки сталі, очищення стінок виливниці від забруднень.……..…….....**С.10**

УДК 621.762.4
DOI: 10.31498/2225-6733.42.2021.240593
Керімова Г.Х. Оптимізація технологічних процесів переробки мінеральних відходів Дашкесенських руд / Г.Х. Керімова // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2022. – Вип. 41. – С. 100-105.

У статті розглядається оптимізація технологічних процесів переробки мінеральних відходів збагачення Дашкесенських руд з урахуванням динаміки енергоємності операцій. Наведено методи оцінки параметрів математичних моделей методом найменших квадратів. Встановлено, що практичний пошук екологічно раціональних технологічних рішень можна зводити до вирішення завдань лінійного математичного програмування. Основні результати оптимізації технологічних процесів отримані у вигляді рівнянь оптимального часу для кожної технологічної операції. Для пошуку оптимальних рішень та розробки фізичних моделей і математичних описів оптимізування процесів повторної обробки відходів використана теорія графів. Побудовано структурні схеми, орієнтований граф і спільні матриці суміжності процесів переробки мінеральних технологічних відходів збагачення Дашкесенських залізних руд. Визначено, що завдання оптимізації технологічних процесів переробки мінеральних відходів формально можна звести до задачі математичного програмування. Умова убування цільової функції, що характеризує енергоємність технологічних операцій, показує, що мінімум досягається лише при мінімумі всіх функцій, що входять в її склад. Зазначено, що енергоємність виробництва можна вважати комплексним показником техногенного впливу на навколишнє середовище. Енергоємність характеризує властивість об’єкта і виступає в ролі ознаки внутрішньої єдності природної системи. Енергоємність, як показник ефективності технологічних процесів, враховує споживання енергії на виробництво продукції і відходів. Складено схему розрахунку для визначення оптимального вектора, що забезпечує мінімальну енергію на переробку технологічних відходів. Отримано залежність співвідношень поточних значень споживаної енергії і енергоємності від часу переробки відходів. Підтверджено, що кінетичні закономірності переробки відходів виражаються диференціальними рівняннями першого порядку, де в загальному вигляді основні змінні – енергоємність технологічних операцій і тривалість операцій. Параметри математичних моделей можна оцінити нелінійним методом малих квадратів. Результати теоретичного аналізу і чисельних експериментів показали, що математична модель технологічних процесів переробки і утилізації техногенних мінераль-них відходів має досить високу адекватність.

Ключові слова: клімат, екологія, глобальне потепління, енергетична криза, парникові гази, емісія, паливо, Паризька угода, Кіотський протокол, декарбонізація, кліматичні конференції ООН…….....……..**С.17**

УДК 669.716:621.36

Верховлюк А.М. Електротермічна установка для переробки відходів алюмінієвого виробництва / А. М. Верховлюк, В. В. Довбенко, П. В. Русаков // Процеси лиття. – 2021. – №1(143). – С. 11-18.

В статі представлено схему та роботу електротермічної установки, в якій передбачено подачу шлаку на поверхню алюмінієвого розплаву і його оплавлення електричною дугою. При цьому оплавлення алюмінієвого шлаку проводиться в електродуговій камері, в яку всмоктують алюмінієвий розплав з накопичувальної печі, при чому рівень розплаву в електродуговій камері піднімають на задану відстань від електроду. В процесі горіння

електричної дуги регулюється її довжина шляхом зміни газового тиску в електродуговій камері. Оплавлення алюмінієвого шлаку проводиться в процесі підтримки циркуляції розплавленого металу між електродуговою камерою і накопичувальною піччю. Циркуляція розплаву підтримується за допомогою електродинамічної сили, що генерується лінійними асинхронними статорами, встановленими на трубопроводах, які з'єднують тигель з накопичувальною піччю. Електротермічна установка для переробки алюмінієвого шлаку складається з плавильної накопичувальної печі і розташованої над нею електродугової вакуумної камери з вмонтованим дозатором шлакової суміші. Між плавильною накопичувальною піччю і електродуговою вакуумною камерою встановлені перший нагнітаючий і другий відкачуючий трубопроводи, які разом з камерою і піччю утворюють замкнутий гідравлічний контур, в якому на першому трубопроводі встановлено нагнітаючий лінійний асинхронний статор, а вздовж другого трубопроводу встановлено лінійний асинхронний статор для відкачування розплаву з камери в піч. Висока ефективність відновлення алюмінію з шлаку, а також висока продуктивність процесу переробки досягається за рахунок підтримки циркуляції розплавленого металу між вакуумною електродугової камерою і накопичувальної піччю й окрім цього, діє додатковий вплив високих температур в зоні горіння дуги на шлак.

Ключові слова: електротермічна установка, алюміній, ливарний алюмінієвий шлак, плавка……..…...**С.23**

УДК 621.928.93
DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225328
Дослідження ефективності очищення газів, що відходять в апараті циклонно-вихрової дії / А.О. Торський, О.А. Волненко , Л.Д. Пляцук та ін. // Technology Audit and Production Reserves. – 2021. – Том 1, № 3. – С. 21-25. – Текст рос.

Об'єктом дослідження є ефективність пиловловлювання дрібнодисперсного пилу в апараті з інтенсивним турбулентним режимом взаємодії фаз. Одним з самих проблемних місць існуючого пилогазоочисного обладнання є низька ефективність уловлювання дрібнодисперсного пилу. Ефективне очищення газів, що відходять, від пилу передбачає використання багатоступінчастих систем очищення, які включають мокрі та сухі пилоочисні апарати, що вимагає великих капітальних і експлуатаційних витрат. Ці недоліки усунені в розробленій конструкції пиловловлювача циклонно-вихрової дії з двома зонами контакту. В апараті реалізуються одночасно сухий та мокрий механізми пиловловлювання, що дозволяє забезпечити високу ефективність очищення від пилу при великій продуктивності. Сухе пиловловлювання відбувається в циклонній зоні апарату, а мокре – в зоні з регулярною рухомою насадкою.

Проведені дослідження загальної та фракційної ефективності пиловловлювання при зміні режимних параметрів роботи розробленого апарату показали, що ефективність уловлювання дрібнодисперсного пилу складає 98–99 %. Зростання ефективності пиловловлювання в сухому ступені апарату обумовлене збільшенням відцентрової сили. У мокрому ступені ефективність досягає максимальних значень за рахунок вихрового дроблення рідини в насадковій зоні апарату. Дослідження фракційної ефективності апарату показують, що зі збільшенням діаметру уловлюваних частинок ефективність процесу пиловловлювання сухої та мокрої стадії, а також загальна ефективність апарата зростає. Зі збільшенням щільності зрошування відбувається зростання загальної ефективності пиловловлювання в

апараті. Встановлено, що підвищення ефективності уловлювання високодисперсних часток відбувається за рахунок турбулентної дифузії, величина якої визначається частотою турбулентних пульсацій та мірою захоплення частинок при пульсаційному русі насадкових тіл. Для опису отриманих результатів запропонований відцентрово-інерційна модель для сухого ступеня контакту та турбуленто-дифузійна модель осадження твердих частинок для мокрого ступеню контакту, які дозволяють розрахувати ефективність пиловловлювання на кожному ступені контакту, а також загальну ефективність циклонно-вихрового апарату.

Отримані результаті показують перспективність використання апарату цієї конструкції на підприємствах теплоенергетики та інших галузей промисловості.

Ключові слова: пилогазові викиди, комплексна очистка, відцентрова сила, регулярна насадка, вихрова взаємодія, ефективність пиловловлення……**С.31**

УДК 622.684: 622.271

DOI: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-58-64

Дослідження та ефективність енергозбережних технологій на кар’єрному автотранспорті // В.І. Пахомов, І.В. Гірін, В.В. Малка // Вісник Криворізького національного університету. – 2022. – Вип. 55. – С. 58-63.

Мета. Основною метою роботи є підвищення ефективності експлуатації технологічного автотранспорту глибоких кар'єрів шляхом застосування паливно-мастильних матеріалів з поліпшеними експлуатаційними властивостями.

Методи дослідження. У роботі використаний комплекс наукових методів досліджень, що включає: наукове узагальнення та техніко-економічний аналіз досвіду розробки залізорудних кар'єрів, формування та експлуатації транспортних систем, математичні і логічний методи диференціального обчислення під час обґрунтування оптимальних ухилів транспортних комунікацій, енергетичний аналіз щодо енергоємності різних видів транспорту; Крім того використано приватні методи інтерпретації, програмно-цільовий аналіз, аксіоматичний та гіпотетичний методи.

Наукова новизна. Наукова цінність роботи полягає у:

- розвитку методу енергетичної оцінки різних видів кар'єрного транспорту, що базується на встановлених залежностях питомих енерговитрат на підйом гірничої маси від якості паливо-мастильних матеріалів, поліпшених з використанням методу електрофізичного впливу;

- створенні системи автоматизованих розрахунків енергетичних показників технологічного автотранспорту;

- розробці методичних засад оцінки та формування якості паливно-мастильних матеріалів для кар'єрних самоскидів, а також вибору оптимальної моделі для екстремальних умов експлуатації; - класифікації технологічних параметрів паливних матеріалів, що дозволяє при експлуатації вибирати раціональні моделі автотранспортного обладнання, забезпечуючи необхідні їх експлуатаційні якості; - розроблені методології проведення складних та трудомістких експериментальних досліджень автосамоскидів особливо великої вантажопідйомності із застосуванням новітньої апаратури, яка дозволяє комплексно оцінити вплив зовнішніх факторів на екологічність машин та розробити конкретні заходи щодо зниження їх негативного впливу.

Практична значимість. Використання результатів досліджень дозволяє:

- оптимізувати експлуатаційні показники різних видів транспорту за глибиною кар'єрів та скоротити енерговитрати на транспортування гірничої маси;

- забезпечувати автоматизоване вирішення завдань аналізу, планування та нормування енергетичних показників технологічного автотранспорту глибоких кар'єрів;

- приймати науково обґрунтовані рішення на стадії проектування, що забезпечують енергетично ефективну роботу транспортних систем глибоких кар'єрів

Результати. За результатами досліджень і економічного аналізу дана оцінка ефективності різних енергозберігаючих технологій для кар'єрного автотранспорту з використанням на найближчу перспективу і в майбутньому

Ключові слова: паливна економічність, ефективність експлуатації, кар'єрний автосамоскид……...…….……..…..…**С.43**

УДК 550.348.334 (477.63)

DOI: 10.31721/2306-5435-2022-1-110-85-92

Пігулевський П.Г. Про сейсмічність території кривбасу за період 2011-2020 роки / П.Г. Пігулевський, В.К. Свистун, С.В. Щербіна та ін. // Гірничий вісник. – 2022. – Вип. 110. – С. 85-91.

Мета. Аналіз результатів зафіксованих сейсмічних подій на протязі 2011-2022 рр. на території Криворізького залізорудного басейну та прилеглих до нього районів для встановлення особливостей сейсмічних подій та уточнення природи їх походження.

Методи дослідження. Реєстрація цифровими станціями Головного центру спеціального контролю Державного космічного агентства України і Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України сейсмічних подій в центральній частині України з наступною первинною обробкою спостережень системами WSG (Росія) та “SeisComP3” виробництва “DeutschesGeoForschungsZentrum GFZ” (Германія). З урахуванням літературних джерел виконано аналіз та синтез зафіксованих протягом 2011-2020 рр. даних про сейсмічні події в Криворізькому басейні з метою встановлення їх природи. Проаналізовано питання впливу природних та техногенних факторів на виникнення локальних землетрусів на території Кривбасу, яка є складовою частиною Західно-Інгулецько-Криворізько-Кременчуцької шовної зоні.

Наукова новизна. Дослідження показали, що природа місцевих землетрусів переважно має індукований характер за рахунок потужних промислових вибухів в кар’єрах та шахтах. Однак, є локальні землетруси, які відбуваються в зонах тектонічних розломів за межами території Кривбасу, що свідчить про зміну пружно-деформаційного стану земної кори в центральної частини Українського щита.

Практична значимість. Результати досліджень дозволяють вирішити ряд важливих проблем гірничої геології: визначення зв'язку приповерхневих і глибинних структур, впливу геолого-тектонічної будови на оптимізацію процесу вибухових робіт при видобутку руди.

Результати. Проаналізовано результати обробки сейсмічних подій на території Кривбасу за період з 2011 по 2020 роки. Виконане узагальнення за цей період часу показує, що українськими сейсмостанціями зафіксовано в районі Кривбасу понад тисячу потужних промислових вибухів з mb≥2,0. При цьому локальні сейсмічні події в Кривбасі з високим рівнем техногенного навантаження мають, здебільшого, незначну магнітуду. За останні 10 років в районі Кривбасу зареєстровано 19 сейсмічних подій тектонічного походження з mb=2,1–4,5. Природа місцевих землетрусів переважно має індукований характер за рахунок

потужних промислових вибухів в кар'єрах та шахтах. Зафіксовані локальні землетруси в зонах тектонічних розломів розташовані в ослабленій зоні центральної частини Українського щита, що може свідчить про зміну пружно-деформаційного стану геологічного середовища навколо Кривбасу.

Ключові слова: промисловий вибух, сейсмічна подія, розривна тектоніка, геодинамічна рівновага, локальний землетрус. ……..……..…….**С.49**

УДК 504.75.06

Назюта Л.Ю. Декарбонізація енергетики Китаю. Копалини теплоносії / Л.Ю. Назюта, Д.В. Степаненко // Теорія та практика металургії. – 2023. – №1. – С. 10-18.

В огляді розглядаються особливості декарбонізації енергетики Китаю та його потенційний вплив на вирішення проблем. Також може бути корисним при розробці стратегії декарбонізації економіки та відновлення енергетичного потенціалу України. Показано , що Китай лідирує за емісією в атмосферу землі парникових газів (близько 30% глобальних викидів вуглекислого газу у світі порівняно з 10.7% 1990 року). Під впливом міжнародних організацій Китай приймає низку програм з декарбонізації своєї економіки, а 2020 року оголошує про намір досягти вуглецевої нейтральності до 2060 року. Прийнята програма декарбонізації китайської економіки коштуватиме країні понад 5 трлн. міжнародних доларів. Тому компроміс між захистом довкілля та економічним зростанням є найбільшою проблемою для Китаю. Причиною високої емісії парникових газів у Китаї – це структура національної економіки та промисловості, яка орієнтована на застосування викопних вуглеводнів. Тому Китаю слід оптимізувати структуру експорту своєї продукції та імпорту сировинних матеріалів. Найбільш енергоємні виробництва (чорних та кольорових металів) частково перенести до інших країн. Основну увагу слід приділяти виробництву товарів з мінімальною енергоємністю та високою часткою ПДВ. За сумарними запасами енергоносіїв Китай посідає третє місце у світі, поступаючись США та Росії. Нині китайська економіка споживає близько 20% світового споживання енергоносіїв. У структурі енергоносіїв вугілля становить майже 60% і майже вдвічі перевищує середньосвітовий рівень. Зниження залежності економіки від вугілля стане однією з головних складнощів, з якими зіткнеться країна у боротьбі зі зміною клімату. Показано, що, незважаючи на раніше прийняті зобов'язання щодо скорочення вугільної енергетики, Китай не готовий повністю відмовитися від використання вугілля. Однак, в умовах енергетичної кризи та наявності власних запасів вугілля (141,6 млрд т або 13,24% від світових запасів), Китай має, не знижуючи обсягів власного вироблення та імпорту природного газу та нафти (понад 40% потреби), особлива увага приділяти технологіям дегазації вугілля, а також уловлювання, зберігання та використання CO 2 (CCS - carbon capture and storage) на всіх етапах промислового виробництва.

Ключові слова: Китай, емісія, парникові гази, декарбонізація, вугілля, вуглеводні, енергетика, ВДЕ, атомна енергетика, виробництво, дегазація вугілля…….……..…….. **С.56**

УДК 669.1:005(474)

DOI: 10.52150/2522-9117-2023-37-4-25

Тубольцев Л.Г. Перспективи розвитку металургійного виробництва в україні за рахунок використання нових технологій / Л.Г. Тубольцев, О.Л. Чайка, О.І. Бабаченко // Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. – 2023. – Вип. 37. – С. 4-25.

Розробка напрямів декарбонізації виробництва сталі з метою підвищення енергоефективності та поліпшення екологічних показників шляхом скорочення викидів діоксиду вуглецю є актуальним та перспективним завданням сьогоднішнього дня в світовій металургії. В останні роки для промислового виробництва з'явилося нове обмеження – Паризька угода ООН від 2015 року зобов'язує країни забезпечити перехід до виробництва сталі з обмеженими або нульовими викидами оксиду вуглецю (CO_2), щоб зменшити вплив промисловості на екологію. Метою статті є аналіз стратегічних аспектів технологічного розвитку металургійної промисловості та декарбонізації виробництва сталі на основі трансферу технологій і розробка теоретико-методологічних основ аналізу напрямів енергозбереження. У роботі наведено результати аналізу напрямів скорочення викидів діоксиду вуглецю та зменшення витрати вуглецю в металургійному виробництві за рахунок вдосконалення існуючих та впровадження інноваційних технологій. Наведено результати теоретичного та експериментального дослідження зменшення викидів CO_2, що проводилися у світ та в Україні. Світовими лідерами в розробці технічних та технологічних рішень щодо скорочення викидів CO_2 в металургійному виробництві є компанії більшості промислово розвинених країн. Наведено приклади нових технологій, що зменшують викиди CO_2. Показано, що розробки з декарбонізації виробництва сталі нині ще не досягли рівня, який вимагає значного скорочення викидів CO_2. Перспектива створення інноваційних технологій пов'язана з використанням водню у металургійному виробництві. Але рішення, які пропонують закордонні компанії, не завжди можливо застосувати для металургійного виробництва України, вони вимагають наукового опрацювання та адаптації до умов України, в тому числі, з урахуванням енергобалансу підприємств, сировинних умов, рівня технології та конкурентоспроможності металопродукції, наявності енергоносіїв. Визначено умови, яким повинна відповідати загальна Стратегія декарбонізації виробництва сталі. В Україні необхідно розробити власну концепцію зменшення викидів CO_2 з урахуванням збереження конкурентоспроможності продукції. Тому дуже важливо оцінити та проаналізувати напрями скорочення викидів CO_2 в металургії для подальшої зменшення викидів діоксиду вуглецю стосовно до існуючих і перспективних умов функціонування металургійних підприємств України.

Ключові слова: виробництво сталі, екологія, декарбонізація, технології, викиди CO2……..……...……..**С.64**

УДК 621.352.6

DOI: 10.33070/etars.4.2023.08

Жовтянський В.А. Конверсія вуглецевмісної сировини з використанням плазмових технологій / В.А. Жовтянський, О.М. Дудник, М.В. Остапчук, І.С. Соколовська // Енерготехнології та ресурсозбереження. – 2023. – №4. – С. 90-112.

Проаналізовано стан розвитку в Україні технологій плазмової газифікації вуглецевмісної сировини. Показано, що попри окремим песимістичним вітчизняним оцінкам перспектив їх розвитку стан досліджень та розробок у цій сфері на світовому рівні свідчить про неминучі проривні напрямки розвитку таких технологій, в першу чергу, в сфері водневої енергетики. Зокрема, це стосується перспектив використання для виробництва водню такої складної для переробки сировини, якою є, наприклад, донні мули чи зношені автомобільні шини. Це створить додатковий потужний ефект від їх реалізації, маючи на увазі вирішення складних екологічних проблем сучасної України. Дослідженню перспектив такої переробки

присвячена експериментальна частина цієї роботи на прикладі лабораторного варіанта плазмохімічного реактора, виконаного за схемою процесу оберненої газифікації твердої органічної сировини з уведенням плазмового струменя в зону піролізу. Вихід водню залежав від сировини: найменший — з пелет донного мулу, підвищений — з гумової крихти зношених автомобільних шин; у разі газифікації суміші пелет донного мулу та гумової крихти спостерігалося проміжне значення цього показника. Істотно, що вихід водню визначався не стільки його вмістом у сировині, скільки реакційною здатністю останньої, що відповідало також ступеню використання водяної пари. Рівень реакційної здатності зумовив ступінь використання водяної пари у випадку пелет до 29 %, гумової крихти — до Ж 56 %; відповідно, хімічний ККД газифікації досягав 39 та 55 %. Із результатів дослід жень випливає, що в умовах відносно невеликих температур в експериментальному реакторі змішування пелет донного мулу та гумової крихти не створює синергетичного ефекту переваг щодо енергетичної ефективності процесу.

Ключові слова: виробництво водню, вуглецевмісна сировина, донні мули, зношені автомобільні шини, плазмові технології, газифікатори низхідного потоку..……..……....**С.86**

УДК 504.064:504.054, 502.052
DOI: 10.31319/2519-2884.43.2023.17
Використання методів флуктуючої асиметрії для екологічного моніторингу м. Кам’янське / Н.О. Непошивалейко, Ю.І. Грицан, Ю.А. Петрик, О.В. Губа // Збірник наукових праць ДДТУ. – 2023. – №2. – С. 155-169.

Опрацьовано методику оцінки якості навколишнього середовища за інтегральним показником флуктуючої асиметрії листової пластини рослин роду Populus та запропонованошкалу оцінювання, яка відрізняється значеннями градієнтів та дозволяє адекватно оцінити стан довкілля та потужність впливу екологічних факторів. Розраховано інтегральний показник флуктуючої асиметрії листових пластин рослин виду Populus canadensi для 30 дослідних ділянок, які рівномірно розподілені територією м. Кам’янське та охоплюють усі функціональні зони. Усереднена величина асиметрії для промислових зон є найвищою та складає 0,088, для селітебних — 0,066, для рекреаційних — 0,058, для контрольної зони — 0,046. Проведено порівняння результатів усередненого інтегрального показника асиметрії листа рослин виду Populus canadensi за десятирічний період для м. Кам’янське та встановлена залежність від обсягів викидів в атмосферу забруднюючих речовин.

Ключові слова: оцінка якості навколишнього середовища; інтегральний показник флуктуючої асиметрії; рослин роду Populus; функціональні зони; викиди…….....**С.109**