

13. **Barker P.P.** Determining the impact of distributed generation on power systems: Part 1. Radial distribution systems / P.P. Barker, R.W. de Mello // IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, Conference Proceedings. – 2000. – Vol. 3. – P. 1645–1656.

14. **Vovos P.N.** Centralized and distributed voltage control: impact on distributed generation penetration / P.N. Vovos, A.E. Kiprakis, A.R. Wallace, G.P. Harrison // IEEE Transactions on Power Systems. – 2007. – Vol. 22, N 1. – P. 476–493.

15. **Кузнєцов М.П.** Методи прогнозування виробітку електроенергії вітровими електростанціями / М.П. Кузнєцов // Відновлювана енергетика. – 2010. – № 3. – С. 42–48.

Рукопис подано до редакції 10.04.2019

УДК 622.271

В.В. ПЕРЕГУДОВ, д-р техн. наук, проф., директор,

І.Є. ГРИГОР'ЄВ, канд. техн. наук, заст. директора, ДП «ДП «Кривбаспроект»

Ю.І. ГРИГОР'ЄВ, канд. техн. наук, асистент, Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОГЕННИХ РОДОВИЩ НАСИПНОГО ТИПУ

Мета. Стан відкритих гірничих робіт, що склався на вітчизняних підприємствах, а також кон'юнктура на ринку мінеральної сировини вимагають пошуку нових, економічно доцільніших підходів до ведення відкритих гірничих робіт. Таким підходом є комплексне освоєння надр, що сприяє покращенню техніко-економічних показників роботи гірничо-видобувних підприємств. Цілеспрямоване формування техногенних родовищ із необхідними параметрами і подальше їх відпрацювання є одним з основних напрямів комплексного освоєння, а визначення цих параметрів і дослідження їх взаємозв'язків є науковою задачею даної публікації.

Методи. В роботі було використано методи патентного пошуку, аналізу літературних джерел для вивчення технології формування і відпрацювання техногенного родовища, регресійного аналізу і математичного моделювання головних параметрів техногенного родовища.

Наукова новизна. В роботі досліджено залежності оптимальних значень місткості та виробничої потужності техногенного родовища, що забезпечують найкращі техніко-економічні показники формування та відпрацювання техногенного родовища. Доведено, що питома собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища знаходяться у прямій залежності від його місткості і зворотній – від виробничої потужності. Виявлено, що місткість техногенного родовища має більший вплив на питому собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища, ніж його виробнича потужність. Виконано математичне моделювання головних параметрів техногенного родовища.

Практична значимість. Отримані результати досліджень головних параметрів техногенних родовищ можуть бути використані проектними організаціями і гірничодобувними підприємствами при проектуванні. Математичні залежності дозволять більш ґрунтовно визначати головні параметри техногенних родовищ і підвищать точність технічних рішень проектних інститутів.

Ключові слова: техногенне родовище, собівартість формування і відпрацювання техногенного родовища, місткість техногенного родовища, виробнича потужність техногенного родовища, математична модель, регресійний аналіз.

doi: 10.31721/2306-5435-2019-1-105-29-34

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. В результаті діяльності гірничодобувної та гірничо-переробної промисловостей на поверхні планети накопичилися мільярди кубічних метрів відходів виробництва у вигляді розкритих порід, шлаків, шлаків, золи тощо, які посилюють екологічне навантаження, а тому проблема їх утилізації має світове значення. При цьому, Україна має потужну гірничорудну промисловість і займає сьоме місце у світі за обсягами виробництва мінеральної сировини, тому проблема утилізації відходів для неї має першорядне значення. З українських надр щорічно видобувається більше 2 млрд. т гірської маси, 60-70% якої складається у відвали. Однак, рівень використання відходів виробництва сягає лише 12-15%, в той час як в передових країнах світу він досягає 80%. Тенденція використання вторинних ресурсів спостерігається в США, Японії, Канаді, Великобританії, Франції, Німеччині, ПАР та інших індустріально розвинутих країнах.

Для умов Криворізького залізорудного басейну, який є одним з найбільших гірничодобувних регіонів світу, питання комплексного освоєння родовищ й залучення у вторинну переробку відходів гірничого виробництва набуває все більшої значущості. За різними оцінками, у відва-

лах та хвостосховищах Криворізьких гірничо-збагачувальних комбінатів міститься до 13 млрд. т розкривних порід та до 6 млрд. т відходів збагачення бідних залізних руд, в той же час щорічний економічний збиток від забруднення навколишнього середовища оцінюється в 300 млн. доларів. Тому можна впевнено стверджувати про наявну суттєву сировинну базу вторинних мінеральних ресурсів [1, 2].

В той же час перспектива розвитку гірничого виробництва характеризується зростанням обсягів видобутку корисних копалин при постійному зниженні їх якості та ускладненні умов експлуатації природних родовищ. Отже, в майбутньому у розробку будуть залучатися родовища з рудами низької якості, зіставні з рудами техногенних родовищ. Тому, безперечно, накопичені відходи гірничого виробництва, що можуть являти собою техногенні родовища, з плином часу перетворюються на один з важливих джерел мінеральної сировини.

Проте в результаті безсистемного складування мінеральної сировини значно підвищуються витрати на наступну розробку цих мінеральних об'єктів, оскільки збільшується обсяг робіт по переєкскарвації гірничої маси для виймання порід необхідного типу. В більшості випадків відпрацювання мінеральних об'єктів, сформованих таким чином, пов'язане із великими кількісними і якісними втратами, а тому в більшості випадків їх експлуатація стає економічно недоцільною.

Зважаючи на це, питання розробки технології формування і відпрацювання техногенного родовища з оптимальними параметрами, які б забезпечували максимальну ефективність його освоєння зберігає свою актуальність і потребує подальших досліджень.

З урахуванням зовнішніх і внутрішніх факторів в роботах [1-3] авторами пропонувались різні технології формування і відпрацювання техногенних родовищ, кожна з яких характеризується різними перевагами і недоліками. В той же час техніко-економічні показники розробки техногенного родовища в значній мірі будуть залежати від головних параметрів техногенного родовища. Першою складністю в цьому аспекті є відсутність єдиного підходу до переліку основних головних параметрів техногенного родовища.

По-друге, раціональні значення головних параметрів техногенного родовища будуть визначатися комбінацією ряду факторів: вартості землевідведення, способу формування техногенного родовища, застосовуваного обладнання, системи розробки і фізико-механічних властивостей техногенної сировини.

Аналіз досліджень і публікацій. В роботах [3-6] досліджено питання комплексного освоєння техногенних родовищ, закладені основні терміни і поняття, запропоновано способи формування техногенних родовищ. Виявлено, ряд схем селективного складування тимчасово некондиційних корисних копалин [6]. Окрім того, були виявлені методичні принципи цілеспрямованого формування техногенних родовищ із заданими параметрами [7], що можуть бути зведені до наступних положень:

незалежне складування та відпрацювання тимчасово некондиційних руд і побіжних корисних копалин в просторі і часі (у відповідності до режиму гірничих робіт в кар'єрі і ринкової кон'юнктури);

мінімальні площі відчужених земель;

мінімальні обсяги об'ємів переєкскарвації при розробці техногенного родовища та зменшення кількісних і якісних втрат мінеральної сировини;

мінімальні відстані транспортування тимчасово некондиційних руд та побіжних корисних копалин при складуванні і відпрацюванні техногенного родовища.

Однак перелічені технології селективного складування передбачають розкриття родовища після його відсіпки шляхом проходки відкритих траншей. Принципово відрізняється від описаних вище схем, але відповідає зазначеним принципам, технологія формування техногенних родовищ із закладенням системи тунелів і рудоспусків, описана у роботах [8]. Описана технологія передбачає розкриття техногенного родовища, як об'єкту розробки, ще на етапі формування. Тобто під час відсіпки техногенного родовища забезпечується вантажотransпортний зв'язок кожного ярусу із поверхнею підшви техногенного родовища шляхом закладки кріплення горизонтальних і вертикальних виробок. Розроблена технологія дозволяє зменшити витрати на розробку техногенного родовища і підвищити повноту виїмки корисної копалини за рахунок спрощення доступу виймального обладнання до корисної копалини. Незважаючи на це, дана технологія має ряд недоліків:

1. Формування і відпрацювання техногенного родовища за даним способом передбачає суттєві капітальні витрати на етапі будівництва. При цьому 17 % з них складають витрати на закладення системи кріплення, що пояснюється складністю монтажних робіт і високою вартістю застосовуваних матеріалів.

2. Кріплення, що знаходяться в товщі техногенного родовища, особливо горизонтальні тунелі, вимагають періодичного метрологічного контролю, адже вони знаходяться у постійно напруженому стані.

3. Закладення системи вертикальних кріплення передбачає лише бульдозерний периферійний спосіб відвалоутворення. Для нього характерний практично рівномірний розподіл негабариту по товщі техногенного родовища. З цього випливає наступний недолік.

4. За даної технологічної схеми із розміщенням вібраційних живильників внизу вертикальних виробок є вірогідність забутки негабаритом. Тому пропонується технологічна схема вимагає рівномірного гранулометричного складу без негабариту.

Технологія, пропонується у [9], позбавлена даних недоліків. Відповідно до неї, формування техногенного родовища виконується за відомими технологіями складування, а види корисних копалин можуть бути розділені в плані і по висоті. Після виходу певного борту техногенного родовища на проектний контур або повної відсіпки техногенного родовища на ньому може формуватися рудоскат у вигляді відкритого жолобу. В залежності від проектної потужності, розмірів техногенного родовища і куту нахилу борту, відкритий рудоскат може бути мобільним чи стаціонарним. Стаціонарний рудоскат розміщується у похилій траншеї. Мобільний рудоскат монтується на опорах, що встановлюються по борту техногенного родовища. Для зменшення кута нахилу відкритого рудоскату його поверхня може бути футерована сталлю чи іншими матеріалами. В нижній частині рудоскату розміщується бункер-перевантажувач, обладнаний вібраційним живильником. Спосіб відпрацювання техногенного родовища полягає у виїмці колісним навантажувачем із забою необхідного сорту корисної копалини та доставці її до акумулюючої ємності біля устя рудоскату. Звідти техногенна сировина по відкритому рудоскату під дією гравітаційних сил доставляється до вібраційного живильника та перепускається в засоби залізничного чи конвеєрного транспорту, розміщеному по горизонту денної поверхні.

Постановка задачі. Однак розробка техногенних родовищ насипного типу стримується низькими економічними показниками їх відпрацювання та подальшої переробки, а також організаційними складнощами формування техногенного родовища. виправити цю ситуацію можна не лише шляхом розробки ефективних технологій відпрацювання техногенних родовищ, а й детальним дослідження головних параметрів техногенних родовищ з подальшою оптимізацією їх значень.

Викладення матеріалу і результати. До основних параметрів техногенного родовища можна віднести розміри основи, кількість ярусів, кут укосу борта, місткість та виробничу потужність техногенного родовища. При цьому кут укосу борта залежатиме від фізико-механічних властивостей порід, кількість ярусів – від куту укосу і розмірів основи техногенного родовища. Місткість і виробничу потужність техногенного родовища також мають знаходитися у певній взаємній залежності.

Критерієм оцінки ефективності формування та відпрацювання досліджуваних техногенних родовищ був прийнятий мінімум питомих витрат на формування та відпрацювання техногенного родовища. виявлено, що місткість техногенного родовища впливає на питому собівартість його формування та відпрацювання. Так зі збільшенням обсягу техногенного родовища питомі витрати на його відпрацювання зменшуються, в той час як питомі витрати на формування техногенного родовища зростають. Це пояснюється зростанням відстані транспортування розкритих порід в період відвалоутворення, яка залежить від кількості ярусів у техногенному родовищі (рис. 1).

Окрім того, було виявлено, що на собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища також впливає дальність транспортування сухої мінеральної сировини по техногенному родовищу. Це пояснюється тим, що зі збільшенням довжини основи техногенного родовища збільшується дальність транспортування техногенної сировини до відкритого рудоскату та відповідно зменшується річна експлуатаційна продуктивність пневмоколісного навантажувача. При цьому відстань транспортування техногенної сировини по техногенному родовищу розраховується як середньозважена відстань від рудоскату до раціональної межі відстані тран-

спортування пневмоколiсним навантажувачем у 500 м. Це говорить про необхідність вибору раціонального комплексу механiзацiї для вiдпрацювання техногенного родовища. В свою чергу вартiсть комплексу безпосередньо впливатиме на собiвартiсть формування та вiдпрацювання техногенного родовища в цiлому.

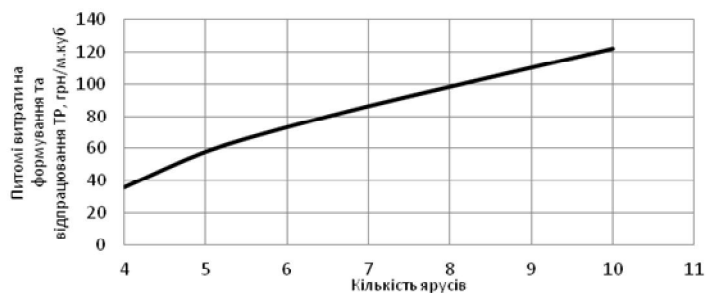


Рис. 1. Графік залежності питомих витрат на формування і вiдпрацювання техногенного родовища від кількості ярусів

В процесі дослідження було виявлено одночасний вплив місткості техногенного родовища і виробничої потужності при його вiдпрацюванні на собiвартiсть формування і вiдпрацювання техногенного родовища.

В той же час очевидно, що виробнича потужність техногенного родовища залежить від його місткості. Тому було прийнято рішення дослідити сукупний вплив цих факторів на кінцеву собiвартiсть. Для цього було розглянуто два випадки: при постійній місткості техногенного родовища; при постійній виробничій потужності. Слід зазначити, що критерієм вибору технологічного комплексу був коефіцієнт використання обладнання, який мав залишатися сталим для обох випадків, що забезпечує об'єктивність зіставлення собiвартостей для обох випадків.

Для дослідження першого випадку було розглянуто техногенне родовище з квадратною формою основи місткістю 16473456 м³. Зрозуміло, що при постійній місткості техногенного родовища його виробнича потужність буде змінюватись в залежності від терміну вiдпрацювання техногенного родовища. Для того, щоб забезпечити раціональне використання технологічного обладнання (максимізувати коефіцієнт використання) в ході дослідження було підібрано раціональний комплекс механiзацiї для вiдпрацювання техногенного родовища комплексом у складі пневмоколiсного навантажувача і вiбрацiйного живильника.

Встановлено, що при різній продуктивності техногенного родовища будуть змінюватися капітальні та експлуатаційні витрати на його вiдпрацювання, а саме амортизаційні вiдрахування та витрати на поточний ремонт та утримання устаткування в залежності від моделей навантажувача і вiбрацiйного живильника. Результати дослідження були представлені у вигляді графіку (рис. 2), з якого видно, що зі збільшенням терміну вiдпрацювання та, вiдповiдно, зменшенням продуктивності техногенного родовища питомі витрати на його формування та вiдпрацювання зростають.

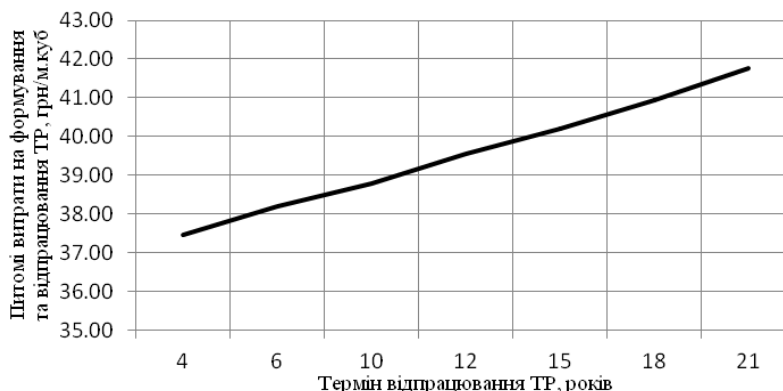


Рис. 2. Графік залежності питомих витрат на формування та вiдпрацювання техногенного родовища від його виробничої потужності при постійній місткості

Для другого випадку було прийнято постійну виробничу потужність для кожного з досліджуваних техногенних родовищ на рівні 18200000 м³/рік. Вiдповiдно при постійній продуктивності техногенного родовища змінюється термін його вiдпрацювання в залежності від місткості. Виходячи з того, що виробнича потужність для кожного з досліджуваних техногенних родовищ постійна при різній їх місткості, для їх вiдпрацювання було обрано такий комплекс техно-

логічного обладнання: один навантажувач САТ988К з продуктивністю 2862720 м³/рік та один вібраційний живильник ПЕВ 2А-4*15 з продуктивністю 2044800 м³/рік.

Встановлено, що на собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища із заданою продуктивністю впливатимуть також експлуатаційні витрати на власне його відпрацювання, а саме витратні матеріали на відміну від описаного вище випадку. Отримані результати представлені у вигляді графіку (рис. 3), з якого видно, що зі збільшенням місткості техногенного родовища та відповідно терміну його відпрацювання питомі витрати на формування та відпрацювання техногенного родовища зростають.

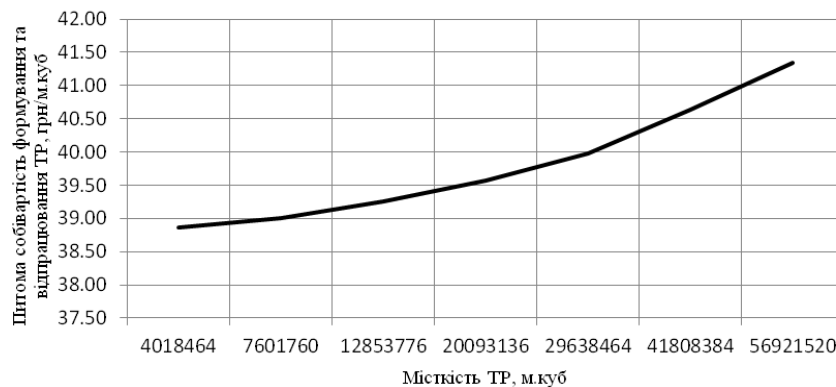


Рис. 3. Графік залежності питомих витрат на формування та відпрацювання техногенних родовищ з різною місткістю при його постійній виробничій потужності

Отримані результати дозволили скласти масив даних для постійних ємності і виробничої потужності техногенного родовища і дослідити сукупний вплив цих параметрів на собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища.

Для цього було виконано регресійний аналіз методом найменших квадратів для функції з двома аргументами, переведено її до канонічного вигляду, додано систему обмежень, що використовувалась, і побудовано математичну модель згідно формули (1) та візуалізовано у вигляді тривимірного графіку (рис. 4)

$$C_{TR}^{num} = 41,02 + 4,31 \times 10^{-8} \times V_{TR} - 1,13 \times 10^{-6} \times A_{TR} \longrightarrow \min ;$$

$$\begin{cases} V_{TR} = [4 \times 10^6; 57 \times 10^6] \\ A_{TR} = [0,78 \times 10^6; 4,12 \times 10^6] \end{cases} \quad (1)$$

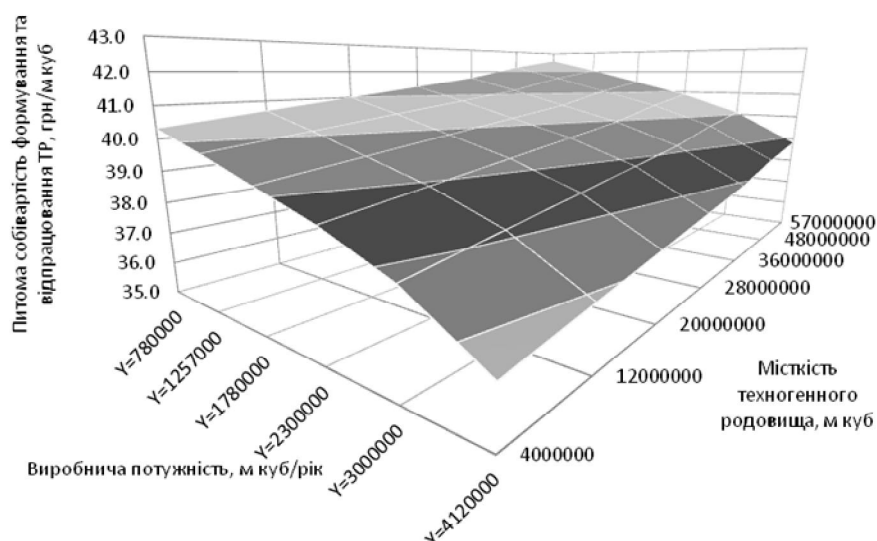


Рис. 4. Тривимірний графік взаємозалежності собівартості формування та відпрацювання техногенного родовища від його місткості та виробничої потужності

Отримана математична модель відображає зону залежності собівартості формування та відпрацювання техногенного родовища від його місткості та виробничої потужності враховуючи взаємозалежність останніх.

Висновки і напрями подальших досліджень. Таким чином, було визначено головні параметри техногенного родовища і встановлено взаємозв'язок між ними. Для розробленого в попередніх дослідження способу формування і відпрацювання техногенного родовища було встановлено вплив місткості і виробничої потужності на економічні показники гірничих робіт. Доведено, що питома собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища знаходяться у прямій залежності від його місткості і зворотній – від виробничої потужності. В той же час виявлено, що місткість техногенного родовища має більший вплив на питому собівартість формування та відпрацювання техногенного родовища, ніж його виробнича потужність. Подальші наукові дослідження будуть направлені на детальне дослідження взаємозв'язків параметрів елементів системи розробки техногенного родовища для різних технологій його формування і відпрацювання.

Список літератури

1. Колесников Д.В., Короленко М.К., Ступник Н.И., Удод Е.Г., Протасов В.П., Олейник Т.А. Повышение извлечения железа за счёт переработки сырья техногенных месторождений Кривбасса. – Кривой Рог: Дионис, 2012. – 236 с.
2. Трубецкой К.Н., Уманец В.Н. Комплексное освоение техногенных месторождений // Горный журнал – вып. №1, - 1992, с 12-16.
3. Темченко А.Г. Ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва. – - Кривий Ріг: «Мінерал», 2000. – 216 с.
4. Трубецкой К.Н., Шапарь А.Г. Малоотходные и ресурсосберегающие технологии при открытой разработке месторождений. – М.: «Недра», 1993. – 272 с.
5. Пшеничный В.Г. Целесообразность строительства и разработки техногенных месторождений минерального сырья // Разработка рудных месторождений – вып. №92, - 2008, с 39-43.
6. Шапарь А. Г., Краснопольский И. А., Копач П. И. Ресурсосбережение в технологических процессах открытой разработки полезных ископаемых. – Киев: Наукова думка, 1992
7. Григор'єв Ю.І. Визначення основних методичних принципів ціленаправленого формування техногенних родовищ при комплексному освоєнні надр // Гірничий вісник – вип. 97, - 2014, с. 267–271.
8. Nikolay Pyzhik, Yulian Grigoryev. Dry raw material technogenic deposits formation and development technique // Metallurgical and Mining Industry – № 3, – 2015, p. 298–302.
9. Григор'єв І.Є. Визначення основних методичних принципів ціленаправленого формування техногенних родовищ при комплексному освоєнні надр / Григор'єв І.Є., Григор'єв Ю.І., Усачов В.Е., Євтушенко М.С. // Збірник наукових праць національного гірничого університету – вип. 56, - 2019, с. 18–28.
10. Трубецкой К.Н., Воробьёв А.Е. Основы ресурсовоспроизводящих технологий складирования и хранения некондиционного минерального сырья // Горный журнал – вып. №5, - 1995, с 47-51.
11. Григорьев И.Е., Григорьев Ю.И. Системный подход к процессу проектирования горных объектов // Разработка рудных месторождений – вып. №94, - 2011, с 40-44.

Рукопис подано до редакції 02.04.2019

УДК 666.76.001.2

В.Ю.ТИЩУК, д-р техн. наук, доц., І.Б.КОВАЛЬОВА, ст. викладач, М.Д.БОБРОВ, студент
Криворізький металургійний інститут Національної металургійної академії України
Т.А. КРИВЕНКО, викладач, Криворізький гірничий коледж
Криворізького національного університету

ЗАХИСТ ПОВІТРЯ ВІД ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ АМОНІАКУ В КОКСОХІМІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Мета. Метою даної роботи є розробка ефективних засобів очистки коксових газів від амоніаку коксохімічних виробництв на основі використання існуючих та розроблених нових засобів уловлювання та нейтралізації амоніаку, який є сильно діючою отруйною речовиною, небезпечний при вдиханні і може приводити до ураження очей і дихальних шляхів, а при високих концентраціях до смертельного результату. Очищення косового газу від шкідливих газових компонентів відрізняється складністю процесу, яка полягає в наявності у його складі великої кількості хімічних інгредієнтів, що важко підлягають видаленню із загальної їх маси.

© Тищук В.Ю., Ковальова І.Б., Бобров М.Д., Кривенко Т.А., 2019