

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Серія «Хімічна інженерія, екологія
та ресурсозбереження»

Збірник наукових праць

*Виходить двічі на рік
Заснований у липні 2007 року*

№ 2 (13) – 2014

Київ
НТУУ «КПІ»
2014

Засновник, редакція, видавець і виготовлювач –
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут».

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 13121-2005 від 11.07.2007

ISSN 2306-1626

*Рекомендовано Вченою радою інженерно-хімічного факультету
Національного технічного університету
«Київський політехнічний інститут»
(протокол № 1 від 26 січня 2015 року)*

Фахова реєстрація: постанова президії ВАК України від 14.10.2009 № 1-05/4.
Галузь науки: технічні науки.

Мови видання: українська, російська, англійська.

Головний редактор: Панов Євген Миколайович, доктор технічних наук (Україна).
Заступник головного редактора: Жученко Анатолій Іванович, доктор технічних наук (Україна).
Відповідальний секретар: Рябцев Геннадій Леонідович, доктор наук з держ. управління (Україна).

Члени редакційної колегії: Бондаренко Б. І., акад. НАН України (Україна);
Гавва О. М., д-р техн. наук (Україна);
Гавдзік А., д-р техн. наук (Польща);
Гондляр О. В., д-р техн. наук (Україна);
Гомеля М. Д., д-р техн. наук (Україна);
Гончаренко С. М., д-р техн. наук (Російська Федерація);
Луговський О. Ф., д-р техн. наук (Україна);
Колосов О. Є., д-р техн. наук (Україна);
Корнієнко Я. М., д-р техн. наук (Україна);
Криковський В. А., д-р техн. наук (Російська Федерація);
Кудра Т., д-р наук, хімічна інженерія (Канада);
Лундквіст Т., д-р наук, екологія (Швеція);
Мікульонок І. О., д-р техн. наук (Україна);
Назаренко І. І., д-р техн. наук (Україна);
Петухов А. Д., д-р техн. наук (Україна);
Поляков П. В., д-р хім. наук (Російська Федерація);
Радовенчик В. М., д-р техн. наук (Україна);
Сахаров О. С., д-р техн. наук (Україна);
Свідерський В. А., д-р техн. наук (Україна);
Сівецький В. І., канд. техн. наук (Україна);
Снежкін Ю. Ф., член-кор. НАН України (Україна);
Ставська С. С., д-р біол. наук (Україна);
Сухенко Ю. Г., д-р техн. наук (Україна);
Яхно О. М., д-р техн. наук (Україна).

Технічний секретар редакції: Носачова Юлія Вікторівна, кандидат технічних наук (Україна).

Адреса редакції й видавця: Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»,
просп. Перемоги, 37, корп. 19, м. Київ, Україна, 03056.
Тел.: +380 (50) 357-20-40.
E-mail: rgl2006@ukr.net.

Надруковано: Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»,
вул. Політехнічна, 35, м. Київ, 03056.
Тел./факс: +380 (44) 486-55-15.
www.printc.com.ua. E-mail: printc@ukr.net.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1665 від 28.01.2004.

ЗМІСТ

Мікульонок І. О. Педагог, учений, організатор, або Слово про Вчителя	5
ХІМІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ	
Вірченко Г. А., Колосова О. П. Варіантне параметричне конструювання акустичних концентраторів	8
Казак І. О. Врахування специфіки професійних обов'язків інженерів-механіків у дисципліні «Процеси, апарати і машини галузі»	13
Колосов О. Є., Кудряченко В. В., Сівецький В. І. Інноваційна склобазальтопластикована тара для пакування, зберігання та транспортування боєприпасів	17
Корнієнко Я. М., Сачок Р. В. Моделювання неперервного утворення азотно-гумінових добрив	23
Мікульонок І. О., Сокольський О. Л., Соколенко В. В. Інтенсифікація охолодження накладеної на жили кабельних виробів полімерної або гумової ізоляції	28
Панов Є. М., Педченко А. Ю. Доцільність застосування печей графітування Кастнера у виробництві електродної продукції	36
Сівецький В. І., Сокольський О. Л., Кушнір М. С., Куриленко В. М. Моделювання гомогенізації розплавів термопластів у бар'єрному змішувачі	40
Шаповал А. А., Панов Є. М., Сауліна Ю. В., Романчук Б. В., Левківська О. М., Шаповал Арт. А. Кипіння води та органічних рідин на пористих поверхнях теплових труб низькотемпературного діапазону	44
ЕКОЛОГІЯ	
Антоненко Л. П., Задніпрянець Ю. М., Дзюбак О. М., Бабич А. Ю., Трубійчук Р. П. Вплив реконструкції нанопорошків алмазу на очищення води від іонів Cu^{2+}	49
Іщенко В. А., Березюк А. П. Хімічні перетворення зношених автомобільних шин	52
Носачова Ю. В., Макаренко І. М., Шаблій Т. О. Ефективність інгібіторів корозії металів у водних середовищах різної мінералізації	55
Черныш Е. Ю. Екобиотехнологія обробки илових осадков: удаление соединений фосфора	60
РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	
Задольський А. М. Техніко-економічний аналіз модернізації хімічного обладнання	68
Граб'їтченко В. М., Трус І. М., Гомеля М. Д. Розділення сульфатів і нітратів під час іонообмінного знесолення води	72
Колосов О. Є., Сівецький В. І., Рябцев Г. Л., Литвиненко Є. Ю. Гідродинамічні характеристики кавітаторів в обмежених потоках на режимах штучної кавітації	76
Макаренко І. М. Маловідходні технології опріснення води	84
АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	
Кваско М. З., Жураковський Я. Ю. Пусковий режим апарата зануреного горіння	89
Кваско М. З., Жураковський Я. Ю., Миленський В. В., Носов А. О. Керування випарюванням в апараті зануреного горіння	92
Кубрак А. І., Ситніков О. В. Алгоритм ідентифікації об'єкта під час налагодження системи керування	94
Жученко А. І., Карвацький А. Я., Цапар В. С. Математична модель процесу скловаріння	97
Жученко А. І., Черёпкин Е. С. Расчёт прогрева бумажного полотна	104
Ярошук Л. Д., Оркуша Д. О. Використання нечіткої логіки у системі автоматизації випарного апарата	110
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	114

TABLE OF CONTENTS

Mikulionok I. O. Teacher, scientific, organizer, or The Word about the Tutor	5
CHEMICAL ENGINEERING	
Virchenko G. A., Kolosova E. P. Variant parametric design of acoustic concentrators	8
Kazak I. O. Professional responsibilities of mechanical engineers in the Chemical engineering training course	13
Kolosov O. Ye., Kudryachenko V. V., Syvetskiy V. I. Innovative glass-basalt plastics containers for packaging, storage and transportation of ammunition	17
Kornienko Y. M., Sachok R. V. Modeling of continuous formation of nitrogen-humic fertilizers	23
Mikulionok I. O., Sokolskiy O. L., Sokolenko V. V. Intensification of cooling the polymer or rubber isolation applied to the cores of cable products	28
Panov Ye. M., Pedchenko A. Yu. Utility of grafitization Castner furnaces in the manufacturing of electrode products	36
Sivetskiy V. I., Sokolskiy O. L., Kushnir M. S., Kurylenko V. M. Modeling of homogenization melts in thermoplastic barrier mixer	40
Shapoval A. A., Panov E. N., Saulina Yu. V., Romanchuk B. V., Levkivskaya O. N., Shapoval A. A. Boiling of water and organic liquids on low-temperature porous surfaces of heat pipes	44
ECOLOGY	
Antonenko L. P., Zadnipryanets J. M., Dzubak Yu. M., Babich A. Yu., Trubiychuk R. P. Influence of reconstruction nano-diamond on water purification from ion Cu^{2+}	49
Ishchenko V. A., Bereziuk A. P. The chemical transformations of worn tires in the environment	52
Nosacheva Yu. V., Makarenko I. N., Shabliy T. A. Effectiveness of inhibitors of metal corrosion in aqueous environments with varying salinity	55
Chernish E. Yu. Ecobiotechnology of sewage sludge treatment: phosphorus compounds removal	60
RESOURCE ECONOMY	
Zadolskii A. N. Techno-economic analysis of modernization for chemical equipment	68
Hrabitchenko V. M., Trus I. M., Homelia M. D. Separation of sulfates and nitrates during ion-exchange water desalination	72
Kolosov O. Ye., Sivetskiy V. I., Riabtsev G. L., Lytvynenko Ye. Yu. Hydrodynamic characteristics of cavitators in limited flows of made cavitation	76
Makarenko I. M. Low-waste technology of desalination	84
AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES	
Kvasko M. Z., Zhurakovskiy Y. Y. Start mode of submerged combustion evaporator	89
Kvasko M. Z., Zhurakovskiy Y. Y., Mylenkiy V. V., Nosov A. O. Process control for submerged combustion evaporator	92
Kubrak A. I., Sytnikov O. V. Algorithm of identification to the object in the process of debugging control system	94
Zhuchenko A. I., Karvatskiy A. Ya., Tsapar V. S. Mathematical model of glassmaking	97
Zhuchenko A. I., Cheropkin E. S. Calculation of heating the paper web	104
Yaroshchuk L. D., Orkusha D. O. The use of fuzzy logic is in system of automation the evaporator	110
INFORMATION ABOUT AUTHORS	114

Keywords: adsorption, nanopowder, ions of heavy metals.

References

1. Kupchuk L. A., Nikolaichuk A. A., Borovitskyi N. Yu. Osoblyvosti sorbtzii yoniv vazhkykh metaliv iz sol'ovykh rozchyniv lihnotseliuloznykh sorbentamy [Features sorption of heavy metal ions from salt solutions lihnotselyuloznykh sorbents] // Visnyk NTUU «KPI». – 2010. – # 2. – P. 60-63.
2. Vegea A. I., Elyshin A. I., Volkov V. K., Zharkova O. N. Sravnitel'nyj analiz otechestvennykh i zarubezhnykh fil'tromaterialov [Comparative analysis of domestic and foreign filtering materials] // Vesti PGU ; Prikladnye nauki. – 2000. – S. 69-74.
3. Antonenko L. P., Chuchulina N. V., Khokhotva O. P., Demyshok T. I., Bozhenko O. M. Ochyschennia vody vid ioniv midi nanoparoshkamy almazu [Water purification of copper ions nanoparoshkamy diamond] // Visnyk NTUU «KPI». 2011. # 1(7), P. 80-83.
4. Lur'e Ju. Ju. Analiticheskaja himija promyshlennykh stochnykh vod [Analytical chemistry of industrial waste water]. M. : Himija, 1984.

УДК 504.054

ІЩЕНКО В. А., к.т.н., доц.; БЕРЕЗЮК А. П., студ.
Вінницький національний технічний університет

ХІМІЧНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЗНОШЕНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН У ДОВКІЛЛІ

Проаналізовані можливі теоретичні екологічні впливи процесів перетворення зношених автомобільних шин у довкіллі, в першу чергу, внаслідок їх горіння у місцях несанкціонованого зберігання. Виявлено, що продукти горіння шин, крім того, що самі являють собою небезпечні речовини, також здатні взаємодіяти з іншими речовинами у довкіллі. Проаналізовані хімічні реакції, які при цьому відбуваються, з утворенням великої кількості інших шкідливих речовин (сульфіди, хлориди і сульфати металів, газоподібні сполуки сірки, оксиди вуглецю і азоту та інші).

Ключові слова: зношені автомобільні шини, горіння, екологічний вплив, небезпечні речовини.

© Іщенко В. А., Березюк А. П., 2014.

Постановка проблеми. Під час експлуатації транспортних засобів утворюється велика кількість відходів. Одними з найнебезпечніших із них є зношені автомобільні шини, що складно збирати та утилізувати. Тому актуальним є вивчення способів поводження з ними та оцінювання впливу цих відходів на навколишнє середовище.

Аналіз попередніх досліджень. Висока екологічна безпека зношених шин обумовлена, з одного боку, токсичними властивостями матеріалів, з яких їх виготовлено, з іншого – властивостями понад ста хімічних речовин, що виділяються в навколишнє середовище під час експлуатації, обслуговування, ремонту та зберігання шин [1, 2]. У найбільших кількостях виділяються: продукти розкладання каучуків (мономерів), реакційноздатні й токсичні хімічні сполуки (ароматичні вуглеводні – бензол, ксилол, стирол, толуол), попередники канцерогенів (аліфатичні аміни), канцерогени (сірковуглець, формальдегід, феноли). У повітря також надходять сполуки хлору, сірки та азоту, оксиди металів [3].

Метою статті є аналіз можливих впливів на навколишнє середовище перетворень зношених шин.

Виклад основного матеріалу. Основним способом поводження зі зношеними шинами є їхнє спалювання. Значно меншу частину шин переробляють піролізом або механічним обробленням, які потребують більших затрат. Більшість процесів спалювання відбуваються несанкціоновано – громадянами чи організаціями, щоб позбутися відходів або для отримання теплоти (енергії). Підприємства, які спалюють відпрацьовані шини легально, часто не мають належних ресурсів для забезпечення необхідних рівнів очищення газових викидів. Окрім цього, частка шин потрапляє на сміттєзвалища, де часто відбувається самозапалювання.

Горіння зношених автомобільних шин несе загрозу для навколишнього середовища, оскільки внаслідок цього процесу утворюються речовини першого-третього класів небезпеки – біфеніл, антрацен, флуорентан, пірен, бенз(а)пірен та інші [2]. Біфеніл і бенз(а)пірен є найсильнішими канцерогенами, тому їхня наявність

свідчить про серйозну загрозу навколишньому середовищу та здоров'ю людини. У найбільших кількостях утворюються оксиди сірки (один із найпоширеніших забрудників повітря) та цинку (небезпека полягає у його каталітичній активності).

Під час горіння шин із них також виділяється сірка, яка в подальшому може взаємодіяти з іншими речовинами, що може призвести до утворення небезпечних сполук. Є дані, що сірка самодовільно виділяється із шин [5]. Враховуючи, що місця накопичення та спалювання відпрацьованих шин часто містять багато інших речовин, наприклад, сполук металів, та й самі шини, безперечно, забруднені пилом металів, а сполуки цинку, наприклад, використовують як наповнювачі при виробництві шин, то сірка може взаємодіяти з металами та їх сполуками.

Так, змішування порошоків сірки і заліза навіть за невеликого нагрівання веде до реакції $Fe + S = FeS$. Після підпалу бурхливо реагує суміш порошоків сірки та цинку: $Zn + S = ZnS$. За звичайних умов сірка може взаємодіяти із ртуттю: $Hg + S = HgS$. Утворені сульфідів можуть вступати в подальші хімічні взаємодії. Так, сульфід заліза FeS може самозайматися на повітрі за нормальної температури. Сульфід цинку ZnS у вологому повітрі окислюється до сульфату, а при нагріванні в повітрі відбувається реакція $ZnS + O_2 = ZnO + SO_2$. Останній компонент є однією із причин утворення кислотних дощів.

Сульфід ртуті HgS є сильним фунгіцидом, а сульфід заліза здатний взаємодіяти з концентрованими хлоридною й нітратною кислотами: $FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S$, $FeS + 12HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + H_2SO_4 + 9NO_2 + 5H_2O$. Кислоти наявні в навколишньому середовищі досить часто – внаслідок кислотних опадів і промислових викидів. Особливо часто концентровані кислоти можуть надходити у довкілля в останньому випадку.

Сірководень, який при цьому утворюється, належить до третього класу безпеки. Доволі часто модливе отруєння газоподібним H_2S . Вже при 0,1 % (об.) сірководню виникають важкі отруєння, причому небезпека зростає через те, що після легкого отруєння запах сірководню вже не відчувається. Отруйна дія сірководню пояснюється його здатністю взаємодіяти з гемоглобіном крові. Вдихання сірководню, що виділився з води в повітря, може привести до погіршення пам'яті, катару верхніх дихальних шляхів, бронхіту, фурункульозу та кон'юктивіту. Присутність в повітрі 0,8 мг/л сірководню може стати причиною отруєння з фатальним наслідком.

Інший продукт взаємодії – сульфід цинку – здатний окислюватися: $2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$. Ця реакція може відбуватися за умови горіння шин на полігонах твердих побутових відходів. Оксид цинку, в свою чергу, взаємодіє при нагріванні з вуглецем: $ZnO + C = Zn + CO$. Таким чином, під час цих реакцій утворюються небажані речовини – діоксид сірки та чадний газ.

Сульфід цинку також може взаємодіяти з неорганічними розведеними кислотами з утворенням токсичних сірководню та двооксиду азоту: $ZnS + 2HCl = ZnCl_2 + H_2S$, $ZnS + 8HNO_3 = ZnSO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$. Крім того, утворюються хлорид та сульфат цинку, пара яких має токсичний вплив, насамперед, на дихальні шляхи та слизові оболонки.

Особливу увагу варто приділити сульфиду ртуті HgS , що легко утворюється за нормальної температури. Він може окислюватися з утворенням небажаного SO_2 : $HgS + O_2 = Hg + SO_2$. Сульфід ртуті також може вступати в реакцію з CaO , що міститься в будівельних матеріалах, залишках мінеральних добрив та інших відходах: $4HgS + 4CaO = 4Hg + 3CaS + CaSO_4$. Внаслідок наведених реакцій утворюється металічна ртуть, що належить до першого класу безпеки і є надзвичайно токсичною речовиною.

Також може відбуватися розчинення HgS в суміші кислот: $3HgS + 12HCl + 2HNO_3 \rightarrow 3S + 3H_2[HgCl_4] + 2NO + 4H_2O$. Одним із продуктів є шкідливий газ NO .

Коли горить автомобільна шина, відбуваються хімічні перетворення каучуку й наповнювача. До складу шин найчастіше входить ізопреновий каучук, що належить до четвертого класу безпеки і під час горіння виділяє такі продукти: $C_5H_8 + 7O_2 = 5CO_2 + 4H_2O$. Паралельно відбувається горіння наповнювача (наприкладі Каптакса чи 2-меркаптобензтіазола): $2C_7H_5NS_2 + 24,5O_2 = 14CO_2 + 2NO_2 + 4SO_3 + 5H_2O$. Крім екологічної небезпеки самого Каптаксу (спостерігається збудження, порушення координації рухів, судоми, зміна вмісту еритроцитів у крові, порушення екскреторної функції печінки і функції щитовидної залози), утворюються NO_2 і SO_3 . Останній через свою активність і високу гігроскопічність відразу взаємодіє з водою повітря з утворенням сульфатної кислоти [4, 5].

Висновки. Найнебезпечнішими речовинами, що утворюються під час горіння зношених автомобільних шин, є біфеніл, антрацен, флуорентан, пірен, бенз(а)пірен, більшість з яких є канцерогенами. Сірка, що виділяється під час горіння, може взаємодіяти з іншими речовинами, що може призвести до утворення небезпечних сполук. Особливу небезпеку становить зберігання шин на несанкціонованих сміттєзвалищах, де у складі твердих побутових відходів міститься велика кількість інших небезпечних речовин. Внаслідок таких взаємодій утворюються сульфідів, хлориди й сульфати металів, газоподібні сполуки сірки, оксиди вуглецю

та азоту. З огляду на значну небезпеку впливу зношених автомобільних шин на довкілля, варто суворо контролювати їхнє зберігання та утилізацію, а також здійснювати моніторинг навколишнього середовища.

Список використаної літератури

1. Трет'яков О. Б. Воздействие шин на окружающую среду и человека / О. Б. Трет'яков, В. А. Корнев, Л. В. Кривошеева. – М. : Нефтехимпром, 2006. – 154 с.
2. Тарасова Т. Ф. Экологическое значения и решение проблемы переработки изношенных автошин / Т. Ф. Тарасова, Д. И. Чапалда // Вестник ОГУ. – Т. 2. Естественные и технические науки. – 2006. – № 2. – С. 130-135.
3. Самойленко А. Ю. Получение сульфогидрильных катионитов на основе измельченной протекторной резины / А. Ю. Самойленко, О. И. Тужиков // Поволжский экологический вестник. – 2000. – Вып. 7. – С. 69-71.
4. Петрук В. Г. Оцінка впливу на навколишнє середовище шинної промисловості / В. Г. Петрук, В. О. Прокопенко, П. М. Турчик // Зб. матер. II-го Всеукр. з'їзду екологів за міжнар. участю. – Вінниця, 2009. – С. 73-76.
5. Сергієнко М. І. Проблема утилізації автомобільних шин та шляхи її вирішення / М. І. Сергієнко, А. І. Васильченко, М. П. Веремєнко // Зб. наук. пр. наук.-техн. конф. «Енергетика. Екологія. Людина» ; розд. «Інженерна екологія» – К., 2009. – С. 338-341.

Надійшла до редакції 09.09.2014

Ishchenko V. A., Bereziuk A. P.

THE CHEMICAL TRANSFORMATIONS OF WORN TIRES IN THE ENVIRONMENT

The theoretical potential environmental impact of the processes of waste tires transformation in the environment is analyzed, primarily due to their combustion in unauthorized places of storage. It was revealed that products of tires combustion are hazardous substances themselves and also are able to interact with other substances in the environment. The analyzed chemical reactions occurred at the same time form a large number of other harmful substances (sulphides, chlorides and sulphates of metals, gaseous sulphur compounds and nitrogen oxides, carbon oxides, etc.).

Keywords: waste tires, combustion, environmental impact, hazardous substances.

References

1. Tret'jakov O. B. Vozdejstvye shyn na okruzhajushhuyu sredyu y cheloveka [The impact of tires on the environment and human] / O. B. Tret'jakov, V. A. Kornev, L. V. Kryvosheeva. – M.: Neftehimprom, 2006. – 154 s.
2. Tarasova T. F. Ekologicheskoe znachenyja y reshenye problemi pererabotky yznoshennih avtoshyn [Environmental values and solution processing of worn tires] / T. F. Tarasova, D. Y. Chapalda // Vestnyk OGU. – T. 2. Estestvennyye y tehnycheskye nauky. – 2006. – № 2. – S. 130–135.
3. Samojlenko A. Ju. Poluchenye sul'fogydryl'nih katyonytov na osnove yzmel'chennoj protektoornoj rezyni [Getting sulfhydryl cation exchangers based on milled tread rubber] / A. Ju. Samojlenko, O. Y. Tuzhykov // Povolzhskiy ekologicheskij vestnyk. – 2000.– Vip. 7. – S. 69–71.
4. Petruk V. Gh. Ocinka vplyvu na navkolyshnje seredovyshhe shynnoji promyslovosti [Evaluation of environmental impact tire industry] / V. Gh. Petruk, V. O. Prokopenko, P. M. Turchyk // Zbirnyk materialiv II-gho Vseukrajins'koghho z'jizdu ekologhiv z mizhnarodnoju uchastju. – Vinnycja, 2009. – S. 73–76.
5. Serghijenko M. I. Problema utylizaciji avtomobilnykh shyn ta shljakhy jiji vyrishennja [The problem of recycling tires and its solving] / M. I. Serghijenko, A. I. Vasylychenko, M. P. Veremenko // Zbirnyk naukovykh pracj NTK «Energhetyka. Ekologhija. Ljudyna», rozdil «Inzhenerna ekologhija» – K., 2009. – S. 338–341.