

## ЗАХИСТ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВІД ЗАБРУДНЕНЬ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Пилипчук О.Я., Висоцька Т.І., Пічкур Т.В., Савчук М.В.,  
Сальникова А.В., Соловійова Л.М., Сорочинська О.Л.

Державний університет інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України  
вул. Кирилівська 9, 04071, м. Київ  
olegpilipchuk47@gmail.com

Сучасний світ має потребу у захисті від екологічної катастрофи. Біосфера вже не в змозі справитися з шкідливими відходами цивілізації і починає поступово деградувати. А це загрожує існуванню життя на Землі. Якщо сьогодні не вжити негайних заходів для його збережень, то в недалекому майбутньому людство може потрапити в ситуацію, коли вже ніякі соціально-економічні відносини, як і інші заходи, не зможуть попередити екологічну катастрофу в глобальному масштабі.

У перспективі світові загрожує вичерпання природно-сировинних ресурсів. Одночасно із збільшенням споживання сировинних ресурсів різко зростає забруднення промисловими побутовими відходами води, повітря та ґрунту. Світове співтовариство повинно провести тотальну реконструкцію глобальної екологічної системи. Передбачається, що це можна здійснити без шкоди для економічного зростання за рахунок зменшення промислових матеріалів, які піддаються утилізації, а також переходу на альтернативні джерела отримання енергії; і до екологічно чистих передових технологій і підприємств загалом.

Відносно недавно стало очевидним, що подальша некерована експансія техносфери загрожує повним руйнуванням елементів життєзабезпечення: озонованого шару, гумусу ґрунту, прісної води і т.д. В таких умовах у Програмі ООН з оточуючого середовища – В таких умовах у Програмі ООН з оточуючого середовища – ЮНЕП постало завдання – зберегти приблизно 10% територій планети вільного від присутності техносфери. Людство виживе лише в тому випадку, якщо фактичні антропогенні впливи на біосферу не будуть перевищувати порогові критичні рівні, за якими життя людей не може нормально розвиватися.

Очевидно, що рівень благополуччя залежить не тільки від вибору товарів та послуг, а й від екологічних благ (ресурсів оточуючого середовища) та їх якості. Тому в даний час екологічні фактори вже включені у багатьох країнах в аналіз «затрати-вигоди» під час розробки проектів господарського розвитку.

У зв'язку з цим з'явилася необхідність готувати спеціалістів-екологів для практичних рішень завдань навколишнього середовища від зростаючих антропогенних впливів. Метою даної статті є навчити молодих спеціалістів оцінювати розрахунковим шляхом викиди і скиди забруднюючих речовин залізничним транспортом в навколишнє середовище і обирати оптимальні рішення щодо їх скорочення. *Ключові слова:* екологія, залізничний транспорт, забруднення атмосфери, захист навколишнього середовища.

**Protection of atmospheric air from pollution by Railway transport. Pylypchuk O., Vysotska T., Pichkur N., Salmnikova A., Savchuk M., Soloviova L., Sorochynska O.**

The modern world needs protection from environmental catastrophe. The biosphere is no longer able to cope with the harmful wastes of civilization and is gradually beginning to degrade. And this threatens the existence of life on Earth. If immediate measures are not taken today to preserve it, in the near future humanity may find itself in a situation where no socio-economic relations, like other measures, will be able to prevent environmental catastrophe on a global scale.

In the long run, the world is threatened by depletion of natural resources. Simultaneously with the increase in the consumption of raw materials, the pollution of industrial household waste with water, air and soil is growing sharply. The world community must carry out a total overhaul of the global ecological system. It is assumed that this can be done without compromising economic growth by reducing recyclable industrial materials, as well as switching to alternative energy sources; and to environmentally friendly advanced technologies and enterprises in general.

Relatively recently, it has become clear that further uncontrolled expansion of the technosphere threatens the complete destruction of the elements of life support: the ozonated layer, humus, fresh water, etc. Under such conditions, the UN Environment Program – UNEP has set itself the task of preserving about 10% of the world's technosphere-free territory. Mankind will survive only if the actual anthropogenic impacts on the biosphere do not exceed the critical threshold levels at which human life cannot develop normally.

Obviously, the level of well-being depends not only on the choice of goods and services, but also on environmental goods (environmental resources) and their quality. Therefore, environmental factors are now included in many countries in the cost-benefit analysis of economic development projects.

Therefore, there is a need to train environmentalists for practical solutions to environmental problems from the growing anthropogenic impacts. The purpose of this article is to teach young professionals to estimate the estimated emissions and discharges of pollutants by rail into the environment and choose the best solutions to reduce them. *Key words:* ecology, railway transport, air pollution, environmental protection.

**Постановка проблеми.** Захист повітряного басейну – одна з найбільш актуальних проблем захисту навколишнього середовища. Охорона атмосфери від забруднень промисловими і транспортними вики-

дами – найважливіше соціальне завдання в комплексі завдань глобальної проблеми охорони природи і покращення використання природних ресурсів. Забруднення повітря шкідливими речовинами завдає

значної матеріальної шкоди народному господарству і призводить до погіршення здоров'я населення.

**Актуальність дослідження.** Сьогодні проблемами захисту атмосфери займаються такі науки, як хімічна технологія, енергетика, фізика і машинобудування, а також лікарі, гігієністи та ін. Найбільш ефективним методом захисту атмосфери від забруднення шкідливими речовинами є розробка нових маловідходних ресурсо- і енергозберігаючих технологічних процесів із замкнутими виробничими циклами, які вимагають великих фінансових затрат. Ось чому, на сучасному етапі для більшості промислових і транспортних підприємств очищення повітря, що викидається в атмосферу, залишається основним заходом під час захисту повітряного басейну від забруднення.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Зрозуміло, що залізничний транспорт належить до головних факторів негативного впливу на навколишнє середовище. Практично транспортні комунікації займають чутливу частину поверхні суші Землі Нічим не обмежений розвиток авто-, авіа- та залізничних перевезень висуває на передній план проблему повного заміщення вартості перевезень, включаючи відповідні екологічні наслідки [1–5].

**Виклад основного матеріалу.** Із загальної маси забруднюючих атмосферу речовин, які поступають від антропогенних джерел, близько 90 % складають різного роду газоподібні, а 10 % тверді і рідкі речовини.

Речовини, які перебувають у повітрі у завислому стані називаються *аерозолями*. Їх ділять на три класи: *пили, дими і тумани*.

**Пил** – полідисперсні системи твердих завислих частин розміром 5–100 мкм.

**Дими** – аерозолі з розмірами частин від 0, 1 до 5 мкм.

**Тумани** – рідкі аерозолі, які складаються з крапельок рідини. В них можуть міститися розчинені речовини або тверді частини. Вони утворюються в результаті конденсації пари або розпилення рідин. У першому випадку вони близькі до димів, а в другому – до пилу.

Особливе місце займають сажа і попіл, які утворюються в процесі згорання палива.

**Сажа** – токсичний високодисперсний порошок, на 0,95 % складається з частинок вуглецю.

**Попіл** – незгорівший залишок палива, який складається з мінеральних домішок.

В техніці пиловловлювання і очищення газів дисперсний склад пилу має вирішальне значення, тому що в залежності від цього обирається відповідне пиловловлювальне обладнання.

До найбільш газоподібних забруднень атмосферного повітря відносяться:

- діоксид сірки [SO<sub>2</sub>];
- оксид вуглецю [CO];
- оксиди і діоксиди азоту [NO, NO<sub>2</sub>];

- вуглеводні [пари бензину, метан та ін.];
- сполуки важких металів [свинцю, ртуті, кадмію та ін.];

- вуглекислий газ [CO<sub>2</sub>].

У повітрі можуть знаходитися, конкретно і інші шкідливі газоподібні речовини, якщо поблизу є звичайно, і інші шкідливі газоподібні речовини.

- Викиди в атмосферу поділяють на:

- 1) парогазові і аерозольні;
- 2) технологічні і вентиляційні;
- 3) організаційні і неорганізаційні;
- 4) нагріті і холодні.

**Парогазові викиди** – суміші газів, яка не містить твердих або рідких частинок. **Аерозольні викиди** – суміш газів, що містять тверді або рідкі частинки.

В залежності від шкідливості газових складових і містяться в них аерозольних частинок необхідно здійснювати очищення або однієї компоненти суміші, або суміш в цілому. В останньому випадку вимагається або комбіноване очищення в одному апараті, або комбінація послідовно розташованих апаратів.

Технологічні викиди утворюються в результаті технологічних процесів і є фактично викидами при продуванні, викиданні від попереджувальних клапанів, з труб котельних, транспортних засобів тощо. Як правило, вони характеризуються високою концентрацією забруднюючих речовин.

Вентиляційні викиди характеризуються більшими обсягами газоповітряної суміші, але не високими концентраціями забруднюючих речовин. Однак за рахунок більших обсягів газоповітряної суміші валові викиди з ними забруднюючих речовин можуть бути значними.

До організованих викидів відносяться викиди, які видаляються трубами або газоходами, що дозволяє використовувати достатньо легко газо- і пиловловлюючі установки. До неорганізованих викидів відносяться викиди від розгерметизованого обладнання, від необладнаних місць завантаження або вивантаження матеріалів, від транспортних систем та ін.

Нагріті або холодні викиди характеризуються перепадом температур газу і навколишнього середовища. При різниці температур до 30 град. за С викиди можна вважати холодними.

Робота будь-якого пристрою., який видаляє завислі частинки, ґрунтується на використанні одного або декількох механізмів осаджування. До основних механізмів, що отримали найбільше застосування, відносяться: гравітаційне осаджування, осадження під дією відцентрових сил, інерційне осаджування, зачеплення (ефект торкання), дифузійне осаджування, електроосаджування. До сучасних методів відноситься також термофорез і вплив електромагнітним полем. Осадження частинок залежить від цілої низки ряду факторів і в першу чергу від їх розмірів.

Під час *гравітаційного осаджування* відбувається вертикальне осаджування частинок під дією сили ваги. При падінні частинка пилюки витримує опір середовища, тому швидкість осаджування визначається умовою рівності сил тяжіння і гідравлічного опору. Тому частинки меншого діаметра мають меншу швидкість осаджування і для очищення повітря від таких частинок запилений потік повинен перебувати більше часу у пилюковсмоктувальній камері.

*Центробіжне осаджування* пилюки відбувається під час криволінійного руху запиленого потоку, коли під дією відцентрових сил, що розвиваються, частинки пилюки відкидаються на поверхню, що осаджується. В апаратах, основаних на використанні центробіжних сил, застосовуються два принципових конструктивних рішення. В одному випадку пилюкогазовий потік крутиться в нерухомому корпусі апарату циліндричної або конічної форми, а в іншому випадку пилюкогазовий потік рухається у роторі, що крутиться. Перше рішення здійснюється у циклонах, а друге – в ротаційних пилевловлювачах.

*Інерційне осаджування* відбувається в тому випадку, якщо частинка пилюки в потоці газу, що рухається прямою лінією при огинанні щільною у порівнянні з газом речовини за інерцією при повороті потоку продовжує прямолінійний рух. Частинка пилюки зустрічається з перешкодою і осідає на ній. Інерційне осаджування частинок пилюки ефективно для частин розміром понад 1 мкм.

*Дифузне осаджування* спостерігається в тому випадку, коли частини піддані впливові броунівського руху молекул. В основному це частинки невеликого розміру, які мають підвищену вірогідність контакту з обтікаємим тілом. Ефективність дифузного осадження обернено пропорційна розмірові частинок і швидкості газового потоку.

При осаджуванні частинок пилюки шляхом впливу електричного струму частинки спочатку заряджаються, а потім віддаляються від повітряного середовища під дією електричного поля. Електрозарядка частин пилюки здійснюється при генерації аерозолу за рахунок дифузії вільних струмів і під час короткого розряду. В останньому випадку частинки пилюки отримують заряд одного знаку. Що дозволяє підвищити ефективність їх наступного видалення з повітряного потоку.

*Термофорез* являє собою відштовхування частинок нагрітим тілом, викликане переміщенням повітряного середовища в результаті вільної конвекції. При термофорезі концентрації частинок в областях з підвищеною і пониженою температурою стають різними, що приводить до термодифузії частинок у бік понижених температур. На практиці це можна спостерігати у вигляді осадження пилюки на зовнішніх стінках приладів центрального опалення.

Завислі частинки при контакті газового потоку з рідиною можуть осаджуватися на краплях, пухирцях і на поверхні рідини.

Уловлювання завислих частинок краплями ґрунтоване на кінематичній коагуляції, що виникає в результаті різниці швидкостей частинок і крапель. Це відбувається

- коли аерозоль рухається з малою швидкістю, а краплі рідини падають під дією сили тяжіння;
- коли аерозоль і краплі рухаються в одному або протилежному напрямках з різними швидкостями;
- під час руху пухирців забрудненого повітря через шар рідини (барботаж) всередині пухирків виникає пульсація газів. Завислі частинки при цьому прилипають до поверхні води, що оточує пухирець газу;
- під час осаджування твердих частинок на поверхні рідини, коли газовий потік рухається вздовж рідкої поверхні, частини осаджуються у воді в об'ємі тонкої плівки, тобто відбувається поверхневе забруднення води.

Під час проходження аерозолу через пористий матеріал (фільтр) відбувається фільтрація газу: аерозольні частинки затримуються у фільтрованих перетинках. Процес фільтрації в найбільш поширених фільтрах можна умовно представити як процес обтікання циліндру, розміщеного поперек потоку. Частинки пилюки затримуються на поверхні волокон силами молекулярної взаємодії. Фільтрація запиленого потоку через пористий матеріал значно складніша, тому що включає в себе не тільки процес прилипання до матеріалу в результаті обтікання, а й за рахунок зіткнення з волокном або нитками. Необхідно враховувати, що на шляху руху запиленого потоку розміщених у декілька рядів волокон, це підвищує ефективність очищення.

Під час видалення газоподібних сумішей використовуються методи: *абсорбції, адсорбції, каталізу і термічного окислення*.

*Абсорбційне очищення* ґрунтоване на здатності рідин розчиняти гази або хімічно взаємодіяти з ними. Під час адсорбції відбувається перехід речовини з газової фази у рідку. Рідина, в якій розчиняються адсорбовані газові компоненти, називається адсорбентом. Решту частини газового **арирку**, яка не адсорбується в рідині, зазвичай називається інертним газом. Під час *фізичної абсорбції* абсорбуємий компонент розчиняється в у розчиннику (абсорбенті). При цьому хімічні реакції відсутні. Цей процес можливий, коли парціальний тиск абсорбованого компонента в газі більший від рівновісного парціального тиску над поверхнею розчину.

Під час хімічної абсорбції (хемосорбції) абсорбуємий компонент вступає у хімічну реакцію з поглиначем (рідиною), утворюючи нові хімічні сполуки в рідкій фазі. Хемосорбційні процеси забезпечують більш повне забирання компонентів з газових сумішей. Кількість газів, яку можна розчинити в рідині

залежить від властивості газу і рідини, температури і парціального тиску газу над рідиною.

Процес адсорбції є поглинання газового компоненту твердою речовиною завдяки силам тяжіння між молекулами адсорбенту (твердої речовини) і поглинальним газом на межі розділу фаз, що торкаються. Процес переходу молекул з газу на поверхневий шар адсорбенту відбувається в тому випадку, якщо сили тяжіння адсорбенту перевищують сили тяжіння з боку газу-носія. Молекули адсорбованої речовини, переходячи на поверхню адсорбенту, зменшують його енергію, в результаті чого відбувається чого відбувається виділення теплоти. Під час **фізичної адсорбції** молекули газу не вступають з молекулами адсорбенту у хімічну взаємодію. З підвищенням температури кількість фізично адсорбованої речовини зменшується, а із збільшенням тиску, навпаки зростає. Перевагою фізичної адсорбції є легка зворотність процесу.

В основі хімічної адсорбції лежить взаємодія між адсорбентом і речовиною, що адсорбується. Діючи при цьому сили суттєво більші, ніж при фізичній адсорбції, і при цьому виділяється більше теплоти. Молекули газу, вступаючи і хімічну взаємодію з молекулами адсорбенту, міцно утримуються на поверхні і в порах адсорбенту. Під час низьких температур швидкість хімічної адсорбції невелика, однак вона зростає з підвищенням температури.

**Каталітичне очищення газів** служить для перетворення домішок у нешкідливі сполуки. Процес протікає на поверхні твердих тіл – каталізаторів. Підбір каталізаторів відбувається в основному емпіричним шляхом.

На процес каталізу сильно впливає температура. Під час відносно низьких температур, коли швид-

кість реакції мала у порівнянні зі швидкістю дифузії газів, процес очищення відбувається порівняно повільніше. З підвищенням температури швидкість хімічної реакції зростає, збільшуючи при цьому і швидкість дифузії газів. Однак швидкість дифузії збільшується повільніше і може настати момент, коли процес очищення газу буде визначатися тільки швидкістю підведення реагуючих речовин. В цьому випадку каталіз переходить у сферу зовнішньої дифузії. При цьому мілкі пори каталізатора вже не грають будь-якої ролі, але зростає роль зовнішньої поверхні.

Дуже важливою характеристикою каталізаторів є температура «загоряння» – та мінімальна температура, за якої каталізатор починає проявляти свої властивості.

Термічне окислення компонентів викидів зветься окислення при температурах біля 1000 град. за Цельсієм. Окислення застосовується як для газів, так і для горючих компонентів дисперсійної фази аерозолів. Цей спосіб застосовується для вивільнення смол, масел, летучих розчинників і інших компонентів з газових потоків. Вирішальне значення в організації процесу має підготовка газів до реакції, тобто нагрів суміші до необхідної температури і забезпечення змішування горючих газів з окислювачем.

**Перспективи використання** результатів нашого бачення впливу забруднюючих речовин залізничним транспортом на навколишнє середовище для підготовки студентів-екологів із метою підвищення екологічності умов життя населення України у контексті зростаючого транспортного навантаження на оточуюче середовище, і на атмосферу. В першу чергу наш матеріал переслідує науково-практичні цілі, забезпечує інформаційну функцію для студентів-екологів.

### Література

1. Григорьев А.А. Экологические уроки исторического прошлого и современность. Ленинград: Наука. 1991. 250 с.
2. Зубаков В.А. Экологический кризис и будущее человечества. *Известия ВГО*. 1990. Т. 122. № 2. С. 143–153.
3. Марчук Г.И., Кондратьев К.Я. Приоритеты глобальной экологии. Москва: Наука, 1992. 264 с.
4. Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. Москва: ВИНТИ. 1995. 470 с.
5. Кондратьев К.Я. Экология и политика. *Известия Русского географического общества*. 1993. Т. 125. Вып. 3 С. 3–11.