

УДК 504.054:665.75(045)

Г.М. Франчук, д-р техн. наук, проф.  
М.М. Николяк, асп.**АНАЛІЗ ДАНИХ ПРО ТОКСИЧНІСТЬ ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

*Розглянуто ризики для здоров'я людей, пов'язані із забрудненням навколишнього середовища паливно-мастильними матеріалами. Визначено джерела надходження цих речовин та наведено дані про швидкість їх поширення в компонентах навколишнього середовища. Проаналізовано інформацію про клінічні та польові дослідження токсичності паливно-мастильних матеріалів. Описано випадки аварійних отруєнь людей та їх наслідки.*

*Human health risks, posed by the environmental pollution with fuels and oils, are considered in the article risks. The pollution sources of these substances are defined and data on the rates of their distribution in the components of the environment are given. Information about clinical and field researches of fuels and oils toxicity is analyzed, and cases of the emergency poisonings of people and their consequence are described.*

**Постановка проблеми**

Вивчення екологічного стану населених пунктів належить до першочергових завдань екології, оскільки дає інформацію про середовища проживання людей та потенційні небезпеки, які їм загрожують за певних умов.

Для територій компактного проживання населення основним джерелом ризиків, пов'язаних із погіршенням якості компонентів навколишнього середовища, є транспорт, передусім, автомобільний. Його інтенсивний розвиток розширює зону та структуру потенційних негативних впливів на навколишнє середовище. Останнім часом привертають увагу і наслідки руху авіаційного транспорту, діяльність якого також тісно пов'язана з великими населеними пунктами, поблизу яких розміщуються аеропорти.

**Методи досліджень**

Під час оцінювання впливів транспорту на навколишнє середовище переважно аналізують небезпечні продукти згоряння палив, які використовують на транспорті:

- оксиди азоту;
- сірки;
- пил;
- сажу;
- чадний газ;
- вуглеводні (неспалені, розкладені або утворені).

Питання наслідків впливу вуглеводнів на організм людини залишається відкритим. Основним джерелом надходження цих речовин у довкілля є не викиди автомобільного транспорту, а місця їх зберігання до того, як вони потрапляють у паливні баки транспортних засобів. Поза увагою дослідників залишається таке важливе джерело небезпеки забруднення довкілля, як паливозаправні об'єкти для автомобільного та авіаційного транспорту.

Звичайно, це передусім стосується працівників складів паливно-мастильних матеріалів та жителів прилеглих зон. Але, зважаючи на розгалужену мережу АЗС, це стало особливо актуальним для міського населення загалом. З цією метою слід вивчити наявну інформацію про дослідження наслідків токсичного впливу паливно-мастильних матеріалів на організм людини, а також визначити основні джерела та об'єми їх надходження в довкілля та шляхи ураження організму людини і потенційні реакції організму.

**Забруднення навколишнього середовища паливно-мастильними матеріалами**

Особливістю забруднення паливно-мастильними матеріалами є їх різноманітний компонентний склад.

Асортимент продуктів, що їх зберігають і переміщують в межах складів паливно-мастильних матеріалів, визначає склад хімічних компонентів, які надходять у довкілля у випадку аварійних ситуацій.

У свою чергу, якість та хімічний склад палив визначають ступінь важкості наслідків забруднення ними.

Найпоширенішим паливом є бензин різної якості та масла. Якість бензину визначається багатьма показниками, але основним з точки зору потенційних негативних впливів на довкілля та організм людини є фракційний склад, який визначає хімічний склад продукту, леткість та детонаційну стійкість бензину.

Швидкість випаровування бензинів впливає на об'єми надходження та інтенсивність поширення речовин в атмосферному повітрі. Детонаційна стійкість характеризує здатність бензинів протистояти самозайманню у процесі стиснення. Найбільшою детонаційною стійкістю володіють ароматичні вуглеводні.

Високий вміст саме ароматичних сполук у бензині є показником його якості, тоді як токсичність бензину при цьому збільшується – ароматичні сполуки більш небезпечні за парафіни.

Дослідження показують, що мінімум 3–8 % палива, що використовує будь-який транспорт, зокрема, авіація, втрачається під час зберігання і в системі заправки [1]. Навіть якщо бензини – це здебільшого нестійкі речовини і до 75 % витоків випаровуються, забруднюючи повітря, залишкове забруднення ґрунту і підземних вод складається з важких фракцій, які становлять підвищену небезпеку порівняно з вихідним продуктом і потрапляють в організм людей, які можуть проживати на віддалі від небезпечних об'єктів.

Основні джерела надходження палив у навколишнє середовище – це витоків з резервуарів (23 %) та трубопроводних систем (37 %) об'єктів паливозабезпечення, що визначають забруднення ґрунту і підземних вод, випаровування з резервуарів при малих і великих диханнях (28 %) та паливозаправних колонок, що визначають забруднення повітря [1–6]. Важливою причиною втрати палив і мастил (10 %) є також їх розливи під час наповнення резервуарів, цистерн, баків, які відбуваються через порушення працівниками правил виконання відповідних операцій.

Подальша поведінка та швидкість поширення палив у кожному окремому середовищі залежать від властивості цих середовищ. Математичні моделі, які описують ці процеси зустрічаються в роботах [7–10], але уніфікованого підходу для оцінювання потенційних об'ємів забруднення немає.

Теоретичні розрахунки, наприклад, показують, що об'єм витіснення бензино-повітряної суміші при малих диханнях резервуара становить 0,1–0,15 м<sup>3</sup>/год на 1 м<sup>3</sup> резервуара, а при великих диханнях – 15–60 м<sup>3</sup> залежно від об'єму резервуара [11]. А через отвір в оболонці резервуара радіусом 10 см навіть за низької проникності і пористості ґрунту 2·10<sup>-13</sup> м<sup>2</sup> і 0,15 відповідно, прорив ізоляції з різницею тиску на рівні 15 МПа за 1 день призведе до забруднення зони радіусом 4,28 м. Якщо проникність ґрунту становить 4,5·10<sup>-10</sup> м<sup>2</sup>, радіус зони просочування палива – 203 м. При цьому в разі насичення ґрунту паливом, його проникність буде зменшуватись, як і швидкість просочування [6; 10].

У випадку витоків із резервуарів та амбарів швидкість фільтрації в ґрунті під впливом тиску 50 кПа може становити 0,4 мм/с або 32,4 м за добу.

Значення швидкостей, одержане таким чином дозволяє оцінити відстань, на яку проникає забруднення за певний проміжок часу і зробити висновок про можливість проникнення забруднення через ґрунт до горизонту підземних вод. В останньому випадку важливо враховувати дані про наявність водотривких, непроникних порід, які перешкоджають забрудненню вод і впливають на подальшу міграцію забруднювачів.

Експериментальні дослідження дають схожі результати [12]. Так, для дизельного палива за температури 20 °С швидкість міграції в піску і лесовому суглинку становить 0,25 і 0,18 м за добу, а для бензину А-76 відповідно 5,5 і 21 м за добу.

#### **Токсичність бензинів та масел**

Клінічні дані про наслідки впливу автомобільних і авіаційних бензинів на організм людини обмежені та прямого впливу АЗС загального користування на здоров'я людей у літературі не розглянуто. Дослідження про вплив готових палив, які не зазнали перетворення в результаті прямого використання, на людину проведено переважно американськими вченими [13–16].

Розглядаючи вплив паливно-мастильних матеріалів на організм людини слід зважити на той факт, що їх токсичний ефект залежить і від способів потрапляння палив в організм. Зважаючи на леткість бензинів, це, передусім, інгаляційне, а також проникнення через шкіру. В останньому випадку шкіра не запобігає проникненню аліфатичних вуглеводнів з кількістю вуглецю в ланцюгу до 20, але ароматичні сполуки, наявні в бензині, внаслідок більшої компактності проникають через шкіру дуже швидко.

У разі інгаляційного надходження бензину в концентрації 1350–3150 мг/м<sup>3</sup> протягом 10 хв не виникає негативних наслідків, 9000–4500 мг/м<sup>3</sup> протягом 30 хв виникає різь в очах і подразнення слизових оболонок, 12 600–31 500 мг/м<sup>3</sup> – запоморочення, втрата свідомості, утруднення дихання. Концентрація більше 45 000 мг/м<sup>3</sup> вважається смертельною для людини. Постійна робота в приміщеннях із концентрацією бензину в повітрі 250–300 мг/м<sup>3</sup> спричиняє порушення репродуктивних функцій – гіпофункції яєчників, кровотечі, погіршення лактації у жінок, а також впливає на систему травлення, особливо на печінку і підшлункову залозу. Порогом відчуття запаху бензину вважається 40 мг/м<sup>3</sup> [13]. Наслідки отруєння можуть бути і важчими за підвищеного вмісту бензолу, який має гемопатогенний вплив, викликає наркотичне сп'яніння, судоми, вражає зір і призводить до летальних наслідків за значно нижчих концентрацій, ніж бензин.

Октан викликає глибокий наркоз, вуглеводні ряди  $C_5-C_7$  – наркотичну дію і паралізують діяльність центральної нервової системи (ЦНС) і дихальної системи. Гексан взагалі вважається дуже отруйною речовиною нервово-паралітичної дії: викликає стан сп'яніння, головний біль, порушення зору і координації рухів, паралізує рухову, нервову і дихальну системи. Для цих складових бензину коефіцієнт запасу між наркозом і повною зупинкою дихання дуже невеликий, що робить їх особливо небезпечними. Шкірні реакції на бензин пов'язані зі знежиренням і включають сухість, подразнення, дерматит, екзему і навіть хімічні опіки у людей, які працюють у постійному контакті з бензином [14].

Різноманітність складу палив ускладнює прогнозування потенційних наслідків їх впливу. Особливо це стосується авіаційних бензинів, склад яких відрізняється в різних країнах, а тому проаналізувати узагальнений токсичний вплив досить важко. Натомість можна вивчити токсикологічний профіль основного компонента – гасу. Він надходить в організм, переважно інгаляційним, пероральним шляхами та через контакт зі шкірою. Летальна концентрація  $LD_{50}$  гасу у разі перорального надходження для лабораторних тварин становить 20–30 г/кг [14]. Легеневе введення рідкого гасу, яке моделює вдихання блювоти у людей, призводить до істотного підвищення токсичності гасу в 10–150 разів. У результаті розвивається хімічна пневмонія.

За нормальних невиробничих умов випари гасу мають незначний подразнювальний ефект і ураження через дихальні шляхи зазвичай не буває фатальним, оскільки відносно низька леткість гасу обмежує його концентрацію в повітрі до 100 мг/м<sup>3</sup>, що близько до значення NOAEL (рівень відсутності явних негативних наслідків) [14].

Ковтання або гостре ураження концентрованими випарами гасу призводить до загальних ознак інтоксикації, наприклад, легких розладів діяльності ЦНС (запаморочення, головний біль, нудота) і блювання. Гостре ураження гасом може викликати і важчі розлади ЦНС, включаючи дратівливість, неспокій, атаксію, дрімоту, конвульсії, коматозний стан з летальним результатом, – ці явища пов'язують з наслідками гіпоксії. Летаргія та інші ускладнення ЦНС спостерігались у 5 % добровольців, що ковтали 10–30 мл гасу [15]. Є дані про групу дітей, які пережили пероральне надходження гасу до 1,7 г/кг, зафіксовані приклади фатального отруєння з дозами від 2 до 17 г/кг [16].

Гостре ураження шкіри може спричинити місцеве подразнення, але він не вважається шкірним сенсibilізатором. Гас також викликає легке тимчасове подразнення очей, яке може призводити до кон'юнктивіту, та має слезоточивий ефект. Постійне ураження шкіри гасом може викликати дерматит через витягування ендогенних ліпідів шкіри. Дерматит, що розвивається протягом тривалого часу, може призвести до закругіння і лущення шкіри. Професійний контактний дерматит звичайно впливає на передпліччя, зворотні сторони рук і шкіру між пальцями, але може впливати на будь-які відкриті ділянки шкіри. Якщо контактний дерматит уже розвинувся, шкіра не завжди повертається до нормального здорового стану, навіть якщо контакту з гасом вже немає. Ін'єкції гасу через шкіру, що можуть трапитись при контакті з бризками нагрітого під тиском палива, спочатку не викликають серйозних наслідків, але через кілька годин тканина наливає, змінює забарвлення внаслідок болючого підшкірного некрозу.

Цей токсикологічний профіль гасу відповідає опису наслідків дії авіаційних палив загалом, навіть якщо немає спеціальних поширених досліджень цього питання. Але зважаючи на багатоконтактний склад палив, у разі вдихання випарів і ковтання палив у рідкому стані в організм можуть потрапляти певні об'єми небезпечних компонентів, які проникають у кров і можуть викликати систематичні пошкодження.

Токсичні ефекти мастильних матеріалів мало вивчені. Відомо, що вони викликають схожі шкірні подразнювальні ефекти, а якщо дія тривала, ведуть до потемніння шкіри та підвищеної світлочутливості. При цьому уражаються волоссяні сумки і сальні залози. Масляний фолікуліт та/або масляне акне (блокування сальних та/або потових залоз) може розвиватися в результаті тривалого контакту шкіри з мінеральною масляною продукцією (особливо у разі тривалого контакту зі шкірою забрудненого маслом одягу). Постійне ураження може також викликати неспецифічні реакції ЦНС, наприклад, нервовість, утрату апетиту і нудоту. Багато даних свідчать про канцерогенність мастил стосовно шкіри, а також легень і шлунку у разі тривалої дії масляного туману через дихальні шляхи. За менших концентрацій виникають сенсibilізуючі і подразнювальні ефекти, а також можлива акумуляція в печінці, селезінці і легенях. Тут може виникати специфічна взаємодія з лімфатичною системою, що реалізується у формі гіпергенезу лімфатичних клітин.

Клініка отруєнь бензином, дизельним паливом та маслами досі мало вивчена і потребує додаткових досліджень. Особливо це стосується вивчення питання про потенційні аутоімунні ефекти, вплив на репродуктивну функцію і розвиток, серцево-судинну систему, мутаційні і канцерогенні наслідки отруєння паливами. Канцерогенна дія бензину, залежить від умісту ароматичних сполук, більшість яких належить до цієї групи. Мутагенних та тератогенних реакцій згідно з проведеними дослідженнями бензин не викликає. Але ці дослідження свідчать про підвищену канцерогенність дизельного палива. Поки гас не вважають прямим шкірним канцерогеном, хоча дослідження вказують, що постійне ураження шкіри може привести до утворення пухлин. Деякі спостереження повідомляють про рак шлунку і легень, викликані постійною дією гасу, хоча він не включений до офіційного переліку визнаних канцерогенів ВООЗ [14].

Невирішеність цих питань призводить до того, що затверджуються норми безпечних концентрацій таких речовин у повітрі без урахування потенційних летальних наслідків. Україна використовує для основних палив такі значення граничнодопустимої концентрації:

– середньодобова концентрація бензину в повітрі 1,5;

– максимальна разова концентрація у повітрі робочої зони 100 мг/м<sup>3</sup>, у воді 0,1 мг/л;

– максимальна разова концентрація гасу у повітрі робочої зони 300 мг/м<sup>3</sup>, у воді 0,1 мг/л [7].

У результаті час прояву потенційних небезпек відсувається у віддалене майбутнє, але не зникає. Крім того, вивчення шляхів забруднювальних речовин показує, що збільшується небезпека надходження в організм людини бензинів у рідкому стані, що становить більшу небезпеку, ніж отруєння газоподібними сполуками. Одночасно збільшується кількість потенційних жертв отруєння, оскільки забруднена вода може потрапляти в організм людей, які не проживають поблизу джерел забруднення.

### Висновки

Ризиками, пов'язаними з надходженням в навколишнє середовище паливно-мастильних матеріалів різного складу та призначення, не можна нехтувати, оцінюючи вплив транспорту на здоров'я людей. Небезпеку отруєння цими речовинами та їх сумішами потрібно передбачати. З цією метою подальшу роботу над цим питанням слід спрямувати на розробку;

– математичних моделей інтенсивності втрат палива через пошкодження резервуарів або трубопроводів, а також через випаровування;

– моделей фільтрації забруднення в ґрунті, трансформації його складу у водних об'єктах та під впливом діяльності живих організмів;

– методів уникнення або зменшення втрат палива;

– засобів ліквідації забруднень, які вже потрапили в навколишнє середовище.

### Література

1. Ніконов К.В. Розрахунок і проектування складу паливно-мастильних матеріалів. – К.: НАУ, 2001. – 204 с.
2. Огняник М.С., Парамонова Н.К., Шпак О.М. Забруднення геологічного середовища нафтопродуктами – загроза якості підземних вод України // Вода і водоочисні технології. – 2003. – № 3. – С. 63–67.
3. Пузик С.А. Организация заправки воздушных судов горюче-смазочными материалами: Учеб. пособие / Под ред. Е.А. Баканова. – К.: КМУГА, 1994. – 294 с.
4. Франчук Г.М., Ісаєнко В.М. Екологія, авіація, космос. – К.: НАУ, 2005. – 456 с.
5. Яковлев В.С. Хранение нефтепродуктов. Проблемы защиты окружающей среды. – М.: Недра, 1987. – 167 с.
6. Франчук Г.М., Нукотык М.М. Health effects of airport// Матеріали VIII Міжнар. наук.-техн. конф. "Авіа-2007", 25–27 квіт. – Т. 3. – К. 2007. – С. 44.76–44.79.
7. Горєв С.А. Основи моделювання в гідроекології. – К.: Наук. думка, 1996. – 236 с.
8. Лаврик В.И., Никифорович Н.А. Математическое моделирование в гидроэкологических исследованиях. – К.: Фитосоциоцентр, 1998. – 287 с.
9. Арье А.Г. Математическое обоснование обобщенного закона фильтрации // Нефтяное хозяйство. – 2002. – №2. – С. 60–61.
10. Наследникова М.А., Тутко Т.Ф. Математичне моделювання процесу фільтрації нафтопродуктів у пористому середовищі // Нафтова і газова промисловість. – 2005. – № 6. – С. 44–46.
11. Александров А.А. Оценка снижения взрывопожарной опасности бензино-воздушной смеси в резервуарах автозаправочных станций и нефтебаз // Безопасность жизнедеятельности. – № 5. – 2004. – С. 36–39.
12. Плахотник В.Н., Зеленько Ю.В. Исследование влияния температуры и влажности почвы на миграцию нефтепродуктов // Экология и ресурсосбережение. – 2003. – № 6. – С. 41–43.
13. Некоторые нефтепродукты. Токсикологическая характеристика: Официальное совместное изд. ООН, ВООЗ и МОТ. – М.: Мир, 1986. – 154 с.
14. Risher, J. F., Rhodes, S. W. Toxicological profiles for fuel oils. – Washington: US Department of Health and Human Services, 1995. – 168 p.
15. Ritchie, G. D., Still, K. R. A review of the neurotoxicity risk of selected hydrocarbon fuels.//Toxicology and Environmental Health. – № 4 – 2001. – P. 223–312.

16. *Effects of jet fuels on humans*. – Brussels: WHO, 2001. – 167 p.

Стаття надійшла до редакції 19.10.07.