

УДК 665.7:628.3:656.7:061.5(045)

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ НАФТОВМІСНИХ СТІЧНИХ ВОД АВІАПІДПРИЄМСТВ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОСОРБЕНТІВ

Л. М. ЧУЙЧЕНКО, О. Л. МАТВЄЄВА

Національний авіаційний університет, м. Київ

Охарактеризовано основні негативні наслідки впливу нафтопродуктів на людину й довкілля. Проаналізовано недоліки існуючих методів очищення нафтозабруднених стоків авіа підприємств. Обґрунтовано доцільність використання біосорбції для підвищення ефективності очищення нафтовмісних стічних вод.

Ключові слова: *нафтопродукти, стічні води, методи очищення, біосорбенти.*

Вступ. З розвитком транспортної системи останнім часом вагомими стали наслідки використання авіації, діяльність якої впливає на екологічний стан мегаполісів та населених пунктів, поблизу яких розміщуються аеропорти. В результаті авіатранспортних перевезень відбувається забруднення ґрунтів, водних об'єктів та атмосфери.

Встановлено, що авіа підприємства є найінтенсивнішими джерелами забруднення природних вод. Стічні води авіа підприємств складаються з виробничих, господарсько-побутових стічних вод та поверхневих стоків з території аеропорту (передангарного та доводневого майданчиків, складів паливно-мастильних матеріалів, майданчиків для миття, тощо). Ці стоки містять нафтопродукти, залишки миючих, дезинфікуючих, протильодотвірних реагентів, продукти руйнування штучних покриттів та зносу шин.

Причому, склади паливно-мастильних матеріалів є чи не головним джерелом забруднення ґрунту й стічних вод авіа підприємств. Дослідження

показують, що мінімум 3–8% палива, що використовує будь-який транспорт, зокрема, авіація, втрачається під час зберігання і технологічних операцій. Розподіл втрати палив представлено на рис. 1.



Рис. 1. Основні джерела надходження палив у навколишнє середовище

За підрахунками фахівців, на сьогоднішній день, у навколишньому природному середовищі знаходиться близько 60–70 тис. різних хімічних сполук і щорічно додається близько тисячі нових. Накопичення токсичних, канцерогенних речовин у довкіллі негативно впливає на біоту, стабільність екосистем, а також є головним фактором, що викликає погіршення здоров'я людини.

Одними з найнебезпечніших забруднювачів природних вод є нафта і нафтопродукти, які навіть при незначних концентраціях здатні чинити незворотний шкідливий вплив на живі організми та рівноважний стан екосистем [1].

Так, відповідно до статистичних даних, отриманих в процесі опитування працівників адміністрацій аеропортів США – якість води є другим за пріоритетністю (24%) екологічним чинником для авіапідприємств [2].

І хоча боротьба із забрудненням навколишнього природного середовища потребує значних коштів, однак, аналізуючи вітчизняні та світові науково-практичні дослідження, можна ще раз переконатись, що витрати на попередження негативних наслідків забруднення значно менші, ніж економічні збитки від забруднення довкілля [3].

Аналіз досліджень і публікацій. Проблема очищення нафтовмісних стічних вод останнім часом широко вивчається. Аспекти її дослідження наведені в роботах В. А. Касаткіна (1990 р.), В. К. Хільчевського (1997 р.), В. Ж. Аренса (2000 р.), Д. І. Швець, О. Л. Кравченко (2004 р.), Ф. А. Каменщикова (2005 р.), Л. І. Павлюх (2006 р.), тощо. Основними завданнями є розробка ефективного та достатньо дешевого матеріалу, який можна використовувати для сорбції нафтопродуктів. У працях Л. А. Земноухової (2005 р.) обґрунтовано доцільність використання лушпиння рису та гречки в якості сорбентів, О. Г. Долгих (2009 р.) пропонує використання лушпиння соняшників для очищення стічних вод. В. Стельмашук (2011 р.) у своїх дослідженнях доводить ефективність застосування активованого вугілля та пористих полімерних сорбентів для очищення стічних вод. Це пов'язано із наявною сировинною базою, високою поглинальною здатністю і порівняно низькою вартістю активованого вугілля. Проте вищезазначені типи сорбентів при застосуванні потребують збирання та регенерації, що зумовлює додаткові витрати на очищення.

Експериментально доведено, що швидкість нагромадження нафтопродуктів у результаті техногенного забруднення у водних екосистемах випереджає швидкість їх біодеградації природним шляхом, а існуючі технології недостатньо ефективні [4].

Приділяється увага і використанню глинистих матеріалів у якості сорбенту для очищення стічних вод від нафтопродуктів [5]. Однак, на даний час ефективність сорбції таких сорбентів у порівнянні з сорбентами іншої природи не підтверджена достатнім інформаційно-аналітичним обсягом знань.

Розглядаючи вуглецеві сорбенти (вугільний пил, кісточкове активоване вугілля, вуглецевий карбонізат, графіт) [6] можна зазначити, що необхідність подрібнення й відсіювання такого сорбційного матеріалу обумовлює недоцільність його використання у зв'язку із збільшенням фінансових затрат на підготовку сорбенту.

Роботами [7–8] доведено перспективність використання сорбентів на основі рослинної сировини – тирси, лушпиння соняшнику, моху типу *Sphagnum*, які хоча і мають нижчу сорбційну ємність, ніж синтетичні, проте це компенсується їх доступною сировинною базою та відсутністю токсичних впливів на екосистеми і живу природу.

Використання сорбційних препаратів на основі мікроорганізмів у наведених роботах не проаналізовано, разом з тим, численними науковцями доведено ефективність та простоту використання саме цих матеріалів при очищенні нафтовмісних стічних вод [9–11].

Не дивлячись на те, що проблема очищення нафтовмісних стоків існує не один десяток років і їй присвячено значну кількість публікацій, вона залишається актуальною. Тому дослідження процесів очищення нафтовмісних стічних вод, аналіз їх ефективності та визначення вагомих факторів впливу на даний процес є нагальним питанням сьогодення, яке потребує вирішення.

Таким чином, обґрунтування необхідності удосконалення технологій очищення нафтовмісних стічних вод і є **метою** даної роботи.

Постановка завдання. На сьогодні існує безліч нових рішень для очищення нафтовмісних стічних вод, які було описано вище. Проте й досі на авіапідприємствах, як правило, використовується застаріле устаткування, (ефективність даної системи очищення 50–70%), (рис. 2).

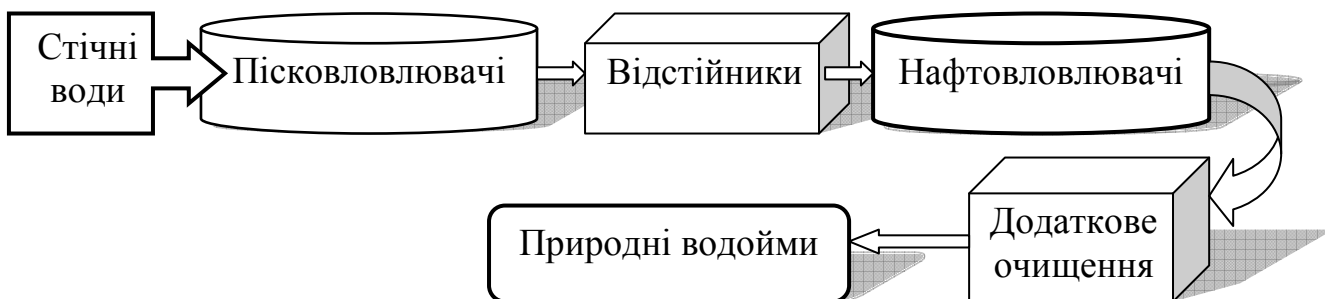


Рис. 2. Типова схема очищення стічних вод авіапідприємств

У зв'язку з необхідністю зменшення негативного впливу нафтопродуктів на довкілля, живі організми та людину набуває актуальності дослідження існуючих технологій очищення нафтовмісних стічних вод, виявлення недоліків та обґрунтування доцільності використання біосорбентів для очищення нафтовмісних стоків.

Вирішення завдання. Перед скиданням у водойми або направленням у замкнуті системи водопостачання стічні води очищаються. Вибір методу очищення відбувається з урахуванням санітарних і технологічних вимог, що пред'являються до якості очищених вод з урахуванням подальшого їх використання й ефективності процесу очищення стічних вод.

Безумовно, для очищення нафтовмісних стічних вод авіапідприємств необхідна сучасна технологічна система. Досить потужною може стати зображена на рис. 2 схема, якщо в ній замінити одну складову, якою є нафтовловлювач, оскільки вміст нафтопродуктів у стічних водах перед нафтовловлювачами складає 5000–20000 мг/л, а після них – 150–400 мг/л [12], (при встановлених нормах ГДК для водойм рибогосподарського призначення 0,05 мг/л).

Ми вважаємо, що використання біосорбентів (деструкторів нафти, що містять спеціальні типи бактерій, здатні поглинати нафтопродукти) є найперспективнішим методом очищення. При цьому не потрібно проводити збір сорбованих залишків, так як продуктом життєдіяльності мікроорганізмів є вуглекислий газ та гумус, який не чинить негативного впливу на довкілля [13].

Нині описано значну кількість штамів мікроорганізмів-деструкторів нафтопродуктів, за допомогою яких створено різні препарати з іммобілізованими мікроорганізмами. Вони представлені бактеріями водоростями, дріжджами і грибами [14]. Найбільш досліджені бактерії, які здатні розкладати прості вуглеводні, наприклад, пропан використовують представники родів *Corynebacterium*, *Mycobacterium*, *Nocardia*, *Rhodococcus*, бутан – *Arthrobacter*, *Brevibacterium*, *Pseudomonas spp.*, поліциклічні ароматичні вуглеводні – *Beijerenckia*, *Pseudomonas spp.* (*P. paucimobilis*, *P. fluorescens*,

P. putida), *Alcaligenes denitrificans* WW1, *Mycobacterium* spp., *Rhodococcus* spp., *Athrobacter* sp., *Aeromonas* sp.

З точки зору дешевизни сировини і екологічної безпеки найбільш відомі біосорбенти на базі органічних природних речовин – торфу, сільськогосподарських відходів (солома, рисове лушпиння). Найбільша кількість сорбентів цієї категорії виготовляються на основі торфу із вмістом нафтоокислювальних мікроорганізмів: «Пит-сорб» (Канада), «Фін-сорб» (Великобританія), «Елькосорб» (Фінляндія), «Мукат-4», «Лісорб» (Білорусь), «Сорбойл» (Росія). В Росії широко використовуються «Путидойл», «Олеоворин», «Деворойл», «Валентис», «Нафтокс», «Мікроміцет», в Білорусії – «Родобел», «Родобел-Т».

В Україні найбільш відомі такі препарати, як: «Десна», «Деворойл», «Еколан», «Еконадін», «Родекс». Вони представляють собою ліофілізовані культури чи пасту, на основі яких виготовляють робочий розчин для оброблення нафтового забруднення з певною кількістю нафтоокислювальних бактерій [15].

Основний склад біосорбентів являє собою комплексне використання штамів мікроорганізмів-деструкторів нафти, таких як: *Fusarium species* № 56, *Rhodococcus erythropolis* ВКМ АС-13391, *Pseudomonas putida* ВКМ 1301, *Bacillus subtilis* 446 С.-П, *Nocardia rubra*, *Candida sake* та ін., де найбільш активними є бактерії родів *Rhodococcus*, *Pseudomonas*, *Bacillus*. Відомо, що мікроорганізми-деструктори вуглеводнів найбільш активні у діапазоні температур 5–40 °С [16].

Біосорбенти здатні блокувати та розкладати нафтову пляму, сорбувати нафтопродукти та розкладати їх за рахунок іммобілізованих бактерій, активізувати механізм природного самоочищення у воді та ґрунті в 15–20 разів [17]. Способами їх застосування є нанесення на розлив нафти. Проте, якщо застосовувати дані сорбенти на підприємстві шляхом внесення до спеціальних резервуарів із стічними водами, ефект очищення, на нашу думку, буде достатнім для дотримання нормативних вимог до якості води.

Для збільшення контакту мікроорганізмів із частинками забруднення необхідно створити турбулізацію середовища та збільшити концентрацію розчиненого кисню, що, в свою чергу, підвищує стійкість мікроорганізмів до різних коливань концентрацій забруднень у стічних водах. Оскільки при деструкції біосорбентами нафтових забруднень стічних вод осад не утворюється, (можливе утворення гумусу, який можна відводити й в подальшому використовувати для інших народногосподарських потреб), можна говорити про екологічність і доцільність такого способу очищення. Такий підхід можна запропонувати до застосування при очищенні стічних вод на авіапідприємствах, а саме – після відстійника подавати стічні води до аеротенку із біосорбентом.

Науковими дослідженнями [18] встановлено, що для збільшення площі активної поверхні варто внутрішню поверхню аеротенку виконати перфорованою або ж застосувати перфоровані перегородки (пластини). Можливо також використовувати в аеротенках глибинну аерацію мулової суміші, яка здійснюється у свердловинах або шахтах глибиною до 50–150 м шляхом безперервної циркуляції суміші стічних вод, активного мулу і повітря у вигляді низхідного та висхідного потоків. Експериментально доведено [18], що дана технологія призводить до скорочення тривалості очистки і зменшення об'ємів споруд за рахунок підвищення окислювальної потужності біоокислювачів, скорочення витрат електроенергії на очистку стічних вод, скорочення об'ємів осаду, що утворюється в процесі очистки, зменшення території, яку займають очисні споруди, підвищення надійності і стійкості роботи очисних споруд у широкому діапазоні зміни витрат та складу стічних вод.

Із наведених даних стає очевидним, що під час циркуляції відбувається розчинення кисню в рідині. Згідно закону Генрі, його розчинність підвищується пропорційно тиску. Внаслідок глибини шахти аеротенку гідростатичний тиск в потоці в декілька разів перевищує атмосферний, а тривалість контакту повітряних бульбашок з водою збільшується. При цьому водоповітряний потік

має достатньо великі швидкості, що спричиняє інтенсивну турбулізацію середовища і забезпечує значне диспергування повітряних бульбашок у воді, інтенсивне оновлення міжфазної поверхні контакту. Збільшення об'ємного коефіцієнту масопередачі кисню зумовлює високу швидкість його абсорбції, значне збільшення концентрацій розчиненого кисню у воді, які в декілька разів перевищують його рівноважну концентрацію при атмосферному тиску.

Висновок. Існуючі на сьогодні природоохоронні технології не забезпечують повне знешкодження чи очищення авіапромислових стоків, що містять нафтопродукти. Причинами цього є недосконалість та велика собівартість фізико-хімічних технологій а також утворення вторинних твердих відходів (кінцевих продуктів), що не менш небезпечні для довкілля, ніж вихідні стоки.

З огляду на викладене, існує необхідність розробки та впровадження таких нових технологій знешкодження стоків, що органічно поєднують в собі позитивні властивості як фізико-хімічних, так і мікробних технологій та позбавлені притаманних їм недоліків.

На нашу думку, застосування таких підходів до удосконалення технологічної схеми очищення нафтовмісних стічних вод авіапідприємств дозволить підвищити ефективність очищення стічних вод та енергоощадність.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Екологічна оцінка впливу авіаційних транспортних процесів на якість компонентів довкілля / Франчук Г. М., Антонов А. М., Маджд С. М., Загоруй Я. В. // Вісник НАУ. – 2006. – №1. – С. 184–190.

2. Маруніч С. В. Поточний стан розвитку та екологічної безпеки аеропортів України. [Електронний ресурс]. Режим доступу:
<http://www.avia.gov.ua/uploads/documents/9718.pdf>

3. Матвеева О. Л. Еколого-економічна оцінка діяльності підприємств авіапаливозабезпечення / О. Л. Матвеева // Вісник НАУ. – К., 2001. – № 3 (10). – С. 178–181.

4. Шлекова И. Ю. Экологическая эффективность биосорбционного способа очистки промышленных сточных вод ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ»: дисс. канд. биол. наук: 03.00.16 – Омск, 2009. – 145 с.

5. Задвернюк Г. П. Поглинання нафти і нафтопродуктів глинами черкаського родовища / Г. П. Задвернюк // Збірник наукових праць інституту геохімії навколишнього середовища. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://znp.igns.gov.ua/materials/19n/Zadvernyuk.pdf>.

6. Використання вуглецевих сорбентів і сорбційних технологій для очищення водних екосистем від нафтопродуктів / Павлюх Л. І., Швець Д. І., Ланко В. В., Кравченко О. Ю. // Вісник НАУ. – 2008. – №1. – С. 117–120.

7. Павлюх Л. І. Ефективність рослинних відходів для очищення нафтовмісних стічних вод / Л. І. Павлюх // Наукоємні технології. – 2013. – №1 (17). – С. 108–111.

8. Аналіз методів очищення нафтовмісних вод із застосуванням рослинних сорбентів типу *Sphagnum* / О. Л. Матвєєва, Я. О. Качуренко // Наукоємні технології. – 2013. – №1 (17). – С. 97–99.

9. Биосорбция в процессах очистки природных и сточных вод / Клименков Н. А., Антонюк Н. Г., Невинная Л. В. и др. // Химия и технология воды. – К., 2000. – Т. 22. – №1. – С. 37–55.

10. Особливості застосування мікроорганізмів-деструкторів для очищення осадів нафтомістких виробничих стічних вод / А. І. Святенко, Н. М. Дяденко // Екологічна безпека. – 2010. – № 1. – С. 39–42.

11. Biotechnological aspects of hydrocarbons biodegradation. / Vasylychenko O. A., Aliieva O. R., Matvyeyeva O. L., Salata A. M. // Біотехнологія. – 2012. – Т. 5, №2. – С. 41–50.

12. Очистка нефтесодержащих сточных вод / Кулиева А. А., Абдуралимова Л. А., Асланова С. Б., Ризаева Р. Г. // Азейбарджанское нефтяное хозяйство. – 1991. – №12. – С. 72–74.

13. Бугаенко О. М. Обезвреживание нефтяных загрязнений компонентов геосферы сорбентами и биодеструкторами, которые транспортируются

многофазними потоками: дис. к. т. н.: 21.06.01. – Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т". – Х., 2009. – 172 с.

14. Матвеева О. Л. Формування умов середовища для прискорення біодеградації нафтопродуктів. / Матвеева О. Л., Алієва О. Р. // Проблеми екологічної біотехнології. – 2014. – № 1. Режим доступу:

<http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/6747>

15. Матвеева О. Л. Аналіз проблем та перспектив використання методів очищення нафтовмісних стічних вод / Матвеева О. Л., Демянко Д. О., Огданська І. О. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. – 2012. – Вип. (41). – С. 181–186.

16. Климов Е. С. Природные сорбенты и комплекс-ионы в очистке сточных вод / Е. С. Климов, М. В. Бузаева. – Ульяновск: УЛГТУ, 2011. – 201 с.

17. Хохлов А. В. Розробка технології ліквідації нафтового забруднення довкілля застосуванням біоактивного вуглецевого сорбенту комплексної дії: дис. канд. техн. наук: 21.06.01. – Ін-т сорбції та пробл. ендоекол. НАНУ. – К., 2005. – 149 с.

18. Проценко С. Б. Аеротенки з глибинною аерацією: дис. к. т. н: 05.23.04. – Український ін-т інженерів водного господарства. – Рівне, 1994. – 203 с.

**АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ
СТОЧНЫХ ВОД АВИАПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
БИОСОРБЕНТОВ**

Л. М. ЧУЙЧЕНКО, Е. Л. МАТВЕЕВА

Национальный авиационный университет, г. Киев

Охарактеризованы основные негативные последствия влияния нефтепродуктов на человека и окружающую среду. Проанализированы недостатки существующих методов очистки нефтезагрязненных стоков авиапредприятий. Обоснована целесообразность использования биосорбции для повышения эффективности очистки нефтесодержащих сточных вод.

***Ключевые слова:** нефтепродукты, сточные воды, методы очистки, биосорбенты.*

**ANALYSIS OF TECHNOLOGIES FOR PURIFICATION OF OILY
WASTEWATER FROM AIRLINES USING BIOSORBENTS**

L. M. CHUYCHENKO, E. L. MATVYEYeva

National Aviation University, Kiev

The main negative consequences of the impact of petroleum products on humans and the environment are characterized. Weaknesses of existing methods of purification of oily wastewater by the airlines are analyzed. The expediency of using the biosorption method to improve the efficiency of oily wastewater is justified.

***Keywords:** petroleum products, wastewater, purification methods, biosorbents.*