

І.М.Петрушка, О.В.Стокалюк\*, О.Г.Чайка  
Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра екології та охорони навколишнього середовища

## БЕЗВІДХОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОМИСЛОВОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ОРГАНІЧНИХ СУМІШЕЙ

© Петрушка І.М., Стокалюк О.В., Чайка О.Г., 2007

**Розроблені технологічні схеми промислового очищення стічних вод від суміші органічних розчинників з використанням природних сорбентів та високоякісного розділення у разі застосування рідинної хроматографії.**

**It is developed technological charts of the industrial cleaning of flow waters from the mixture of organic solvents with the use of natural sorbents and high-quality division at application of liquid chromatography.**

**Постановка проблеми.** Важливим завданням охорони навколишнього середовища на теперішній час є розробка безвідходних технологій, які дають змогу не тільки зменшити антропогенне навантаження на довкілля, розділяючи забруднену стічну воду на очищену та забрудник, а і отримувати при цьому з основного забрудника чистий продукт для подальшого використання в технологічних процесах.

Досягнення цієї мети можливе за умови використання ефективних сучасних технологій. Однак здебільшого забруднена стічна вода містить кілька органічних забрудників, тому вибір тільки однієї технологічної схеми очищення в промислових умовах може бути або економічно не вигідним, або громіздким. Здебільшого для очищення стічних вод використовуються традиційні методи очищення. Однак за наявності в стічній воді декількох органічних речовин, близьких за фізико-хімічними властивостями, технологічна схема очищення значно ускладнюється.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Кількість стічних вод, зокрема і тих, які містять шкідливі органічні речовини, зростає з року в рік. Для попередження збільшення кількості забруднених вод у промисловості найперспективнішим є створення безвідходних технологічних процесів, розроблення та поетапне впровадження замкнених систем водокористування [1]. Тому сьогодні широко досліджуються комплексні технології очищення стоків окремих виробництв та об'єктів: хлорних виробництв [2], машинобудівних підприємств [3], підприємств хіміко-фармацевтичної промисловості [4], водяних ресурсів шахт та розрізів [5], стічних та поверхневих вод населених пунктів тощо. Разом з тим отримали розвиток дослідження в галузі технологій очищення від окремих забруднювачів: сірковмісних сполук заліза, фтору та марганцю, пестицидів та отрутохімікатів, нафтопродуктів тощо.

У багатьох галузях як розчинник використовується гексан. Зокрема гексановий розчинник широко використовують в олійно-екстракційній промисловості [6]. На Україні на заводах олійно-екстракційної промисловості щомісяця закупають близько 1 тис.т. гексанового розчинника. Під час реалізації технології отримання олії значна частина розчинника може потрапляти у стічні води. Широко застосовують у різних галузях промисловості також такі розчинники, як бензол, толуол, етилацетат, ізопропанол, циклопентанол.

Знизити концентрацію органічних речовин у стічних водах можливо локальним очищенням. Для локального очищення стічних вод використовується адсорбція поглиначами, зворотний осмос, ультрафільтрація, електродіаліз, іонний обмін. У разі окислення киснем повітря та озоном можна вилучити із стічних вод 99% амінів і 75% меркаптанів. Смолисті речовини вилучають із стоків фільтруванням через активоване вугілля чи кокс при 25–50<sup>0</sup>С; рН=5.

Із стічних вод легко адсорбуються активованим вугіллям акрилонітрин, анілін, бензин, хлорбензол, циклогексан, циклогексаном, крезол, меркаптан, нафталін, фенол. Ці речовини вилучаються із активованого вугілля хлороформом, етанолом, ацетоном тощо. Методом зворотного осмосу із стічних вод вилучаються 90% органічних речовин.

На сульфатноцелюлозних заводах методом локального очищення стічних вод за допомогою хлору, вапна, озону та кисню окисляють сірководень, гідросульфід. Для окислення органічних сполук у стічних водах і для їх дезінфекції застосовують хлор, а для знешкодження запаху – крім озону і хлору – гіпохлориди, двооксид марганцю; неприємний запах осадів нейтралізують розпадом за температури 730<sup>0</sup>С.

Як правило, органічні речовини, які містяться у стічних водах, піддаються біологічному окисленню на локальних чи загальнозаводських спорудах. Але багато із них є стійкими до біологічного окислення, і в таких випадках часто застосовують термічні методи їх обеззараження – спалювання. Органічні речовини стічних вод спалюють за 800–1000<sup>0</sup>С. Спалювання часто застосовують для таких речовин, як бензол, толуол, смоли, альдегіди, парафіни. Стічні води нафтопереробної промисловості, які містять нелеткі органічні речовини, також часто спалюють за 1000<sup>0</sup>С. Під час підготовки до спалювання концентрованих органічних речовин, які вилучаються із стічних вод у разі локального очищення, необхідно враховувати можливість їх самоспалахування.

Використання природних сорбентів у технологіях очищення не вимагає їх регенерації, а модифіковані забрудником сорбенти можна використовувати у інших хімічних, будівельних чи сільськогосподарських технологіях. Тому очищення стоків за допомогою сорбентів є перспективним та порівняно недорогим методом.

Хроматографічні процеси, зокрема адсорбційні, використовують у хімічній та фармацевтичній промисловості, біотехнології, для розриву хімічних і фізико-хімічних зв'язків. Як інструментальний цей метод належить до кількісного та якісного аналізу багатоскладових сумішей. В адсорбційній хроматографії знайшли застосування багато видів адсорбентів з різною структурою та хімічними властивостями [7–9].

**Мета роботи.** Розробити технологічні схеми очищення стічних вод від суміші органічних розчинників, вибір яких залежатиме від співвідношення концентрацій органічних забрудників у стічній воді.

**Експериментальні дослідження.** Якщо стічна вода містить дво- або трикомпонентну суміш розчинників, в якій істотно переважає один з них, концентрація інших знаходиться на межі похибки аналізів, доцільно використовувати технологічну схему очищення природними сорбентами (бентонітом) в рухомій фазі адсорбенту. У цьому разі відбуватиметься фізична сорбція забрудників за рахунок адсорбційних властивостей сорбенту.

За наявності рівномірності концентрацій органічних розчинників у стічній воді необхідно використовувати сучасну високоякісну технологію очищення – рідинну хроматографію, в якій адсорбція відбуватиметься в системі “рухома фаза (забруднена стічна вода) – нерухомий адсорбент”.

Рідинна хроматографія високого тиску (HPLC) має істотну перевагу перед газовою при аналізах проб у тому, що сама проба не знищується, а залишається, тобто залишається продукт для повторного використання.

Враховуючи екологічну небезпеку, яку створюють органічні розчинники для навколишнього середовища, постає необхідність використання найоптимальнішої для конкретного випадку технології очищення забруднених стічних вод.

Використання природних сорбентів для очищення стічних вод значно здешевлює технологічний процес у природоохоронних технологіях.

Нами запропонована замкнута безвідходна технологія очищення стічних вод від органічних розчинників за умови значної концентраційної переваги одного з них (рис.1).

Забруднена стічна вода з ємності 1 подається насосом 1 в мішалку, в яку транспортером 1 поданий подрібнений бентоніт у кількості 5%.

Перемішана суспензія протягом 5–10 хв надходить у відстійник 1, в якому відбувається освітлення. Очищена стічна вода насосом 3 подається через фільтр для очищення від залишку адсорбенту в ємність 2.

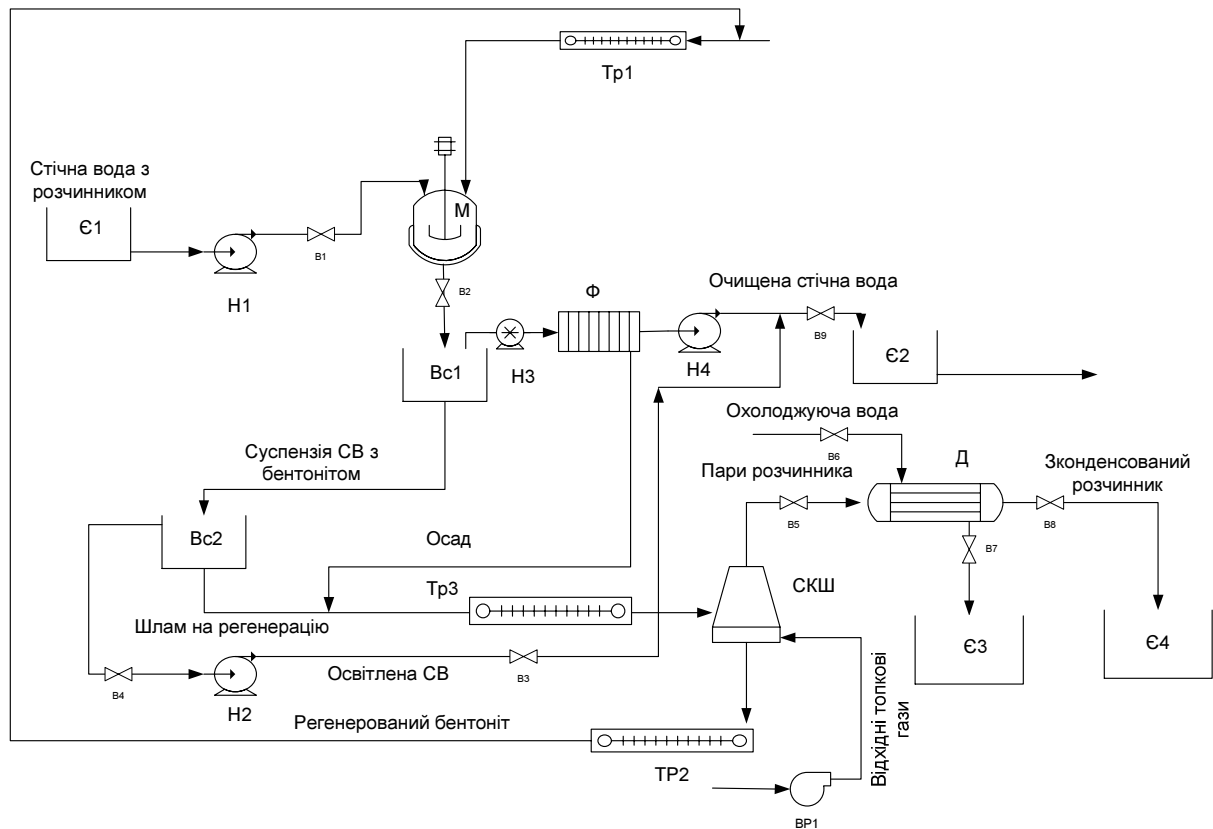


Рис. 1. Технологічна схема очищення стічних вод (однокомпонентних сумішей) забруднених органічним розчинником природними сорбентами

Осад з відстійника 1 вологістю  $\approx 90\text{--}95\%$  надходить у відстійник 2, де відбувається додаткове розділення неоднорідної суміші на шлам (адсорбент, насичений органічними розчинниками) і освітлену (очищену) стічну воду, яка насосом 2 подається в ємність 2.

Нагромаджений шлам з відстійника 2 та фільтра (Ф) з вологістю  $60\text{--}70\%$  транспортером 3 надходить на регенерацію. Для можливості повторного використання сорбенту пропонується сушарка з киплячим шаром. Випарений розчинник надходить у дефлегматор для конденсації і нагромаджується в ємності 3.

Регенований бентоніт транспортером 2 знову подається в технологічний процес.

Отже, пропонується замкнута схема очищення стічних вод від органічних забрудників з використанням природних сорбентів. Пропонована схема очищення у разі її впровадження дасть змогу ліквідувати екологічну небезпеку від забруднення стічних вод органічним монозабрудником із слідами (або без них) інших органічних забрудників.

Використання препаративної рідинної хроматографії на промисловій основі для природоохоронних технологій є достатньо дорогим. Разом з тим її вартість можна істотно зменшити, якщо хроматографічна колона ефективно працюватиме кілька десятків циклів без заміни адсорбенту, або з можливістю його регенерації. Висока ефективність дії нерухої фази (адсорбенту) зумовлена активністю та селективністю її поверхні, здатної затримувати органічні розчинники різних фізико-хімічних властивостей одночасно в одному хроматографічному циклі.

Концентрація адсорбтиву в рухомій фазі, яка спостерігається на хроматографі, відображає профіль концентрації і є хроматографічним піком. Реакція хроматографічної колони на органічні забрудники дає ізотерму сорбції і у разі лінійної або випуклої форми (наприклад, Лангмюра) хроматографічний пік є наближений до кривої Гаусса [9].

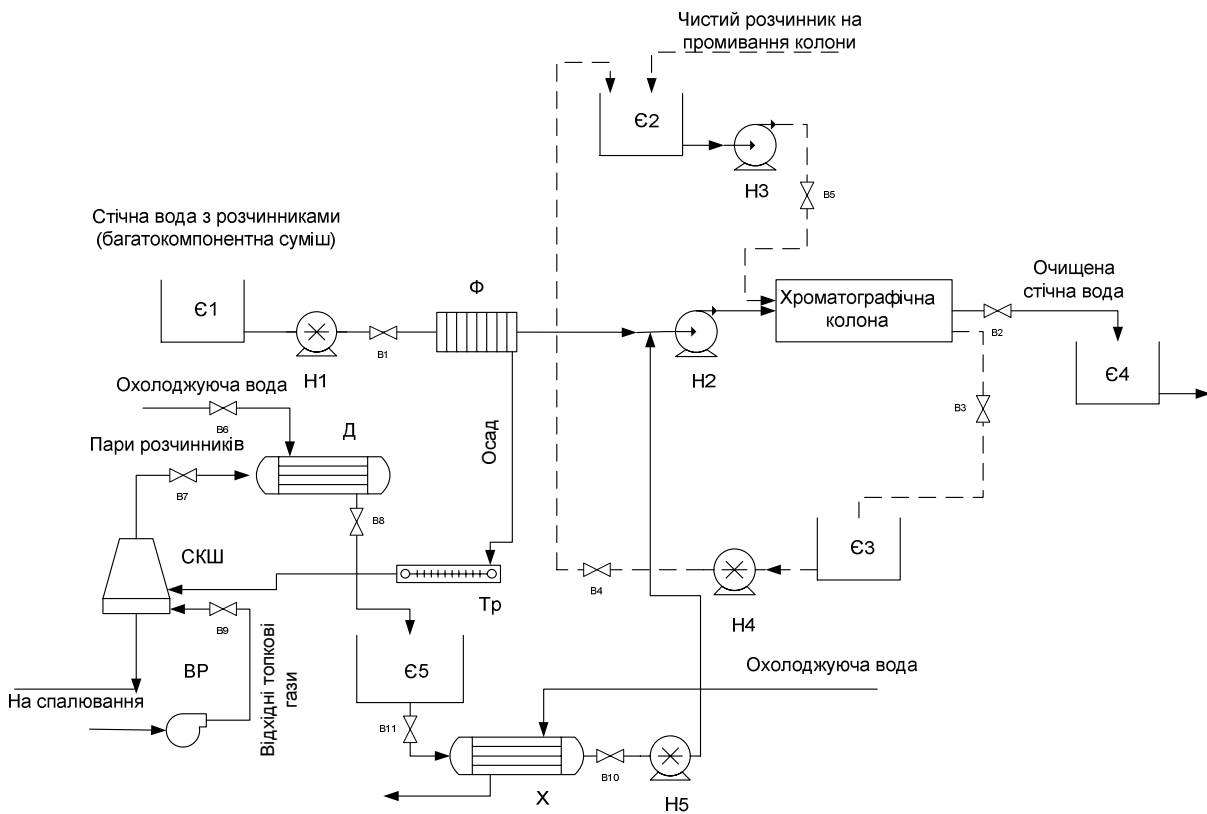


Рис. 2. Технологічна схема очищення стічних вод (однокомпонентних сумішей), забруднених органічним розчинником, методом хроматографії

Для багатокомпонентних сумішей таких піків буде стільки, скільки буде органічних розчинників.

Згідно з розробленою технологічною схемою (рис.2), стічна вода, забруднена органічними розчинниками, з ємності 1 подається через фільтр Н1 і насосом 2 в хроматографічну колону високого тиску. За рахунок селективності та високої активності поверхні нерухомої фази (адсорбенту) органічні розчинники затримуються на поверхні, а очищена вода надходить в ємність 4.

Під час проходження через фільтр осад, який затримується на його поверхні транспортером 1, подається в сушарку киплячого шару, в якій відбувається випаровування розчинників що залишилися в осаді. Суміш парів розчинників проходить через дефлегматор і сконденсована, вона нагромаджується в ємності 4. Потім ця суміш надходить в холодильник і насосом 5 подається в хроматографічну колону на розділення.

Висушений осад відхідними газами в сушарці киплячого шару можна використовувати після подрібнення як додаток до твердого палива для отримання додаткової теплової енергії.

Для збільшення тривалості роботи хроматографічної колони і зменшення вартості технології використовується процес регенерації поверхні адсорбенту. Регенерація відбувається промиванням колони розчинником, який подається з ємності 2 насосом 3 і після виходу з колони нагромаджується в ємності 3 для повторного використання.

**Висновки.** Запропоновані технологічні схеми дають можливість:

- 1) очищення стічних вод, забруднених одно- або багатокомпонентними органічними сумішами з близькими фізико-хімічними властивостями;
- 2) отримання внаслідок високоякісного очищення органічних розчинників, які надалі можна використовувати в технологічних процесах;
- 3) зменшення затрат на очищення стічних вод, забруднених однокомпонентними органічними розчинниками, використанням природних дисперсних сорбентів;

4) істотного зменшення антропогенного навантаження на навколишнє середовище внаслідок використання замкнених, оборотних технологічних схем.

1. Беличенко Ю.П. *Замкнутые системы водообеспечения химических производств.* – М.: Химия, 1989. – 206 с. 2. Киевский М.И., Лерман Е.А. *Очистка сточных вод хлорных производств.* – К.: Техника, 1970. – 159 с. 3. Костюк В.І., Карнаух Г.С. *Очистка сточных вод машиностроительных предприятий.* – К.: Техника, 1990. – 120 с. 4. *Очистка сточных вод предприятий химико-фармацевтической промышленности/ С.В.Яковлев, Т.А.Карюхина, С.А.Рыбаков и др.* – М.: Стройиздат, 1985. – 250 с. 5. Парахонский Э.В. *Охрана водных ресурсов на шахтах и разрезах.* – М.: Недра, 1992. – 191 с. 6. Лесюис А.А. *Очистка подсолнечного масла.* –К.: УкрНИИИТИ, 1968. – 354 с. 7. Snyder L.R., Kirkland J.J. *Introduction to Modern Liquid chromatography.* – N. York, 1979. – 417 p. 8. Hamilton R.J., Sevell P.A. *Wysokosprawna chromatografia cieczowa.* – Warszawa: PWN, 1982. – 267 p. 9. Petrus R., Aksielrud G., Gumnicki J., Piątkowski *Wymiana masy w układzie ciało stałe-ciecz.* – Rzeszów, Ofic. Wyd. PRz, 1998. – 355 p.

УДК 504.3(477.46)

Н.М. Корнелюк, О.О. Мислюк

Черкаський державний технологічний університет

## ПРИРОДНІ ФАКТОРИ АЕРОТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ М. ЧЕРКАСИ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

© Корнелюк Н.М., Мислюк О.О., 2007

Розглянуто природні фактори аеротехногенного забруднення м. Черкаси та їхнє значення у формуванні екологічного стану у місті. Аналіз метеорологічних факторів, які визначають умови переносу, розсіювання домішок та їх трансформації, показав, що в регіоні переважають процеси нагромадження забруднювальних речовин, що й спричиняє аеротехногенне забруднення навколишнього середовища міста.

This work examined natural factors of air- technical pollution in Cherkassy and there place in forming of the ecological situation in the city. The analysis of the meteorological factors that determine conditions of transferring, dispersing of admixture and there transformation, showed, that processes of accumulation of soiling substances exceed in the region. These factors became the reason of air technical pollution of the natural neighbourhood environment in Cherkassy city.

**Постановка проблеми і її зв'язок з важливими науковими завданнями.** З розвитком економіки зростає й навантаження на природне середовище, особливо це відчувається в містах — осередках промисловості. До такої групи міст належить м. Черкаси, яке наприкінці 80-х років увійшло до сотні найзабрудненіших міст колишнього СРСР [1]. Черкаська промагломерація тривалий час була потужним джерелом аеротехногенного забруднення середовища (1975–2000 рр.). Основними забруднювачами були й залишаються сірчистий ангідрид, оксиди азоту, аміак, оксиди вуглецю, сірководень, сірковуглець тощо. Серед пріоритетних забруднювачів екосистем можна відзначити й важкі метали. Високе техногенне навантаження призводить до порушення екосистем міста, пригнічення росту та розвитку рослин, появи екологічного ризику, зростанню захворюваності та смертності населення. Необхідно зазначити, що Черкаси — одне з небагатьох міст в Україні, де діти хворіють на “ацетон”.

Важливе значення у формуванні екологічної ситуації у місті мають природні та антропогенні фактори. Аналіз метеорологічних факторів, який визначає умови переносу та розсіювання домішок, їх трансформацію, а також вимивання з атмосфери, дасть змогу краще зрозуміти причини