

А. В. Іванченко¹
 Д. В. Пінчук¹
 Д. О. Єлатонцев¹

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИРОДНИХ АДСОРБЕНТІВ В ТЕХНОЛОГІЯХ ПЕРЕРОБКИ РІДКИХ ВІДХОДІВ

¹Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське

У статичних умовах досліджено процеси переробки рідких промислових та побутових відходів природними дисперсними адсорбентами: бентонітом, цеолітом, а також сорбентами на основі соняшникового лушпиння та кукурудзяних качанів. Підібрано оптимальні технологічні параметри процесу вилучення смолистих речовин та фосфатів з промислових та побутових стоків, відповідно. Встановлено, що в результаті очищення забезпечується граничнодопустима концентрація вказаних забруднень в очищеній воді.

Ключові слова: рідкі відходи, природні адсорбенти, смолисті речовини, цеоліт, бентоніт, фосфати.

Вступ

Значні об'єми рідких відходів містять різноманітні шкідливі речовини, які разом зі стоками потрапляють у водойми, погіршуючи їх санітарний стан. Існує досить багато методів очищення стічних вод, проте простими і ефективними вважають саме адсорбційні. Перевагами цих методів є висока ефективність, можливість одночасного очищення стічних вод, що містять кілька речовин. Ефективність адсорбційного очищення досягає 80...95% і залежить від хімічної природи адсорбенту, величини адсорбційної поверхні і її доступності, від хімічної будови речовини і форми його знаходження в середовищі [1].

Адсорбційні методи широко застосовують для переробки відходів, що містять розчинені органічні речовини після біохімічного очищення, а також на локальних установках, якщо концентрація цих речовин у воді невелика і вони біологічно не розкладаються або є не токсичними. Адсорбцію використовують для знешкодження стічних вод від фенолів, смолистих речовин, ароматичних нітросполук, ПАР, фосфатів, барвників та ін. Затримання забруднень є результатом міцного зв'язку між активними ділянками на поверхні сорбенту і забруднювачами [2].

Ефективність процесу адсорбції [3] залежить від хімічної природи та концентрації адсорбованих речовин. Чим вища концентрація речовини, тим більша його кількість буде адсорбована. Для очищення води адсорбцією все більшого застосування знаходять невуглецеві сорбенти природного і штучного походження. Використання цих сорбентів зумовлено достатньо високою їх адсорбційною ємністю, селективністю, катіонообмінними властивостями деяких з них, порівняно низькою вартістю і доступністю. Найважливішими представниками мінеральних природних сорбентів є цеоліти та глинисті матеріали. Вони досить поширені і різняться розмаїттям властивостей та областей застосування. Природні сорбенти добувають безпосередньо поблизу місця використання, що постійно розширює межі їх застосування для очищення води.

Основними глинистими мінералами, які мають адсорбційні властивості, є палигорськіти та бентоніти. Сорбційна активність бентонітових глин пов'язана з величиною ємності їх обміну та типом катіонів обмінного комплексу, з наявністю в них кристалічної структури монтморилонітового типу, а також конституційної води, повне видалення якої за умови високих температур приводить до руйнування кристалічної решітки, спікання і втрати активності. Кислотна активація бентонітів помітно покращує їх адсорбційні і каталітичні властивості, але, як правило, погіршує механічну міцність. Тому застосування активованих бентонітів обмежується тільки технологіями контактного очищення.

Як дешеві сорбенти використовуються різні продукти рослинного походження, наприклад, дерев'яна тріска, лігнін, кора [4, 5], целюлоза [6], плодови кісточки, соєві шроти [7], лушпиння, борошняні стручки сільськогосподарських культур, хітин-вмісні матеріали. Перелічені рослинні відхо-

ди відносяться до вторинних матеріальних ресурсів, які не підлягають регенерації. З іншого боку, у порівнянні з іншими видами відходів, позитивним є те, що їх запаси постійно оновлюються за рахунок росту та розвитку рослин. У роботі [8] ставилося за мету отримання адсорбентів з кукурудзяних качанів та дослідження їх адсорбційних можливостей.

Перспектива застосування технології адсорбційної переробки рідких відходів полягає у тому що осад, насичений смолистими речовинами, після відділення від очищеної води, можна застосовувати як сировину для отримання паливних пелетів, а продукт переробки міських стоків з підвищеним вмістом фосфору природним цеолітом — як капсули для покриття добрив пролонгованої дії [9].

Метою роботи є дослідження ефективності природних адсорбентів в технологіях переробки рідких відходів.

Об'єктами дослідження обрано промислові рідкі відходи коксохімічного підприємства ПАТ «Дніпровський КХЗ» та міські побутові стоки правого берега м. Кам'янське.

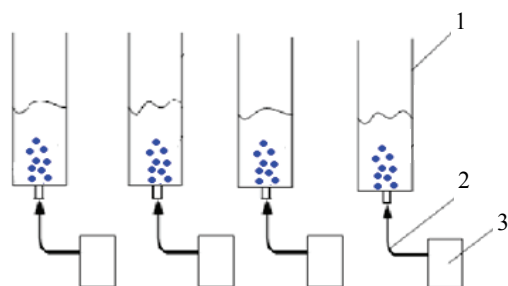


Рис. 1. Схема лабораторної установки переробки рідких промислових відходів методом адсорбції: 1 — реактори (I, II, III, IV); 2 — фільтросна трубка; 3 — компресори

Для проведення досліджень переробки рідких промислових відходів та вилучення із них смолистих речовин створено лабораторну флотаційну установку на якій проведено серію випробувань бентоніту, цеоліту, природних подрібнених адсорбентів на основі соняшникового лушпиння та кукурудзяних качанів на предмет ефективності видалення смолистих речовин. Схема лабораторної установки переробки рідких промислових відходів методом адсорбції представлена на рис. 1.

Суть експерименту така. Промислові рідкі відходи з вихідним вмістом смолистих речовин (смол та масел) 775 мг/дм^3 , поділили на 12 проб об'ємом 1 дм^3 . Для досліджень відбирали по 4 проби і у кожний реактор додавали адсорбенти у такій послідовності: I — бентоніт; II — цеоліт; III — природний адсорбент на основі соняшникового лушпиння; IV — природний адсорбент на основі подрібнених кукурудзяних качанів. Для кожної серії з 4-х проб використано різну дозу адсорбентів: 1... 2 г/дм^3 ; 2... $1,5 \text{ г/дм}^3$; 3... 1 г/дм^3 . Потім, за допомогою компресора, проводили перемішування води повітрям протягом 20 та

40 хвилин за інтенсивності аерації $1 \text{ дм}^3/\text{хв}$. Після цього відбирали з верхніх шарів реакторів по 50 мл стічної води для визначення залишкової концентрації смолистих речовин.

Для проведення досліджень з вилучення фосфатів з міських побутових відходів складено лабораторну установку адсорбційної обробки стічних вод, на якій проведено серію випробувань бентоніту, цеоліту, природних подрібнених адсорбентів на основі соняшникового лушпиння та кукурудзи з виявлення найефективнішого адсорбенту та технологічних параметрів для його промислового впровадження на правобережних очисних спорудах м. Кам'янське. Схема лабораторної установки адсорбційної переробки міських рідких відходів показана на рис. 2.

Для проведення експерименту у кожний з мірних стаканів відбирали чотири проби стічної води по 100 см^3 . До кожної проби послідовно додавали по 2 г/дм^3 таких адсорбентів: бентоніт, цеоліт, природні подрібнені адсорбенти на осно-

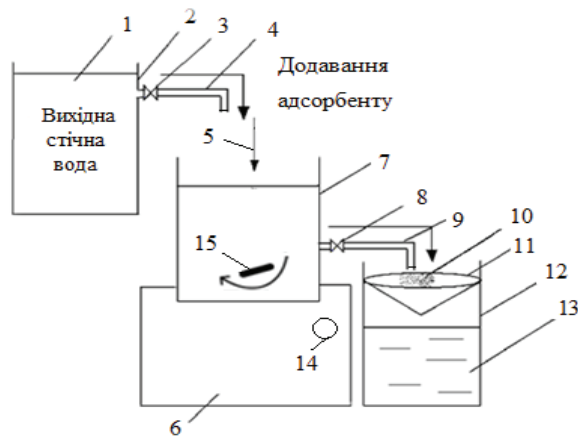


Рис. 2. Схема лабораторної установки адсорбційної переробки міських рідких відходів:

1 — вихідна вода; 2 — ємність з водою; 3, 8 — запірний вентиль; 4, 9 — трубопровід; 5 — адсорбент; 6 — магнітна мішалка; 7 — реактор для змішування реагентів з водою; 10 — осад після обробки; 11 — фільтр; 12 — ємність для відділення осаду, що утворився з води; 13 — очищена вода; 14 — регулятор інтенсивності перемішування; 15 — магніт

ві соняшникового лушпиння та кукурудзи. Отримані розчини перемішували за допомогою магнітних мішалок протягом 30 хв, потім відбирали проби по 10 см^3 з кожного реактора для визначення вмісту фосфатів та перемішували ще протягом 30 хв, після чого знову відбирали проби. Експеримент повторювали, зменшуючи дозу адсорбентів до 1 г/дм^3 . Для проведення дослідження відбирали стічну воду з приймальної камери та після вторинного відстійника правобережних очисних

споруд м. Кам'янське з концентрацією фосфатів $11,5 \text{ мг/дм}^3$ та $6,75 \text{ мг/дм}^3$, відповідно. Визначення концентрації забруднювальних речовин у стічних водах виконували фотометричним методом, регламентованим чинними нормативними документами, а саме: фосфати — за ГОСТ 18309-72, смолисті речовини — за методикою розробленою ДП «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут» (УХІН) № 63.08.

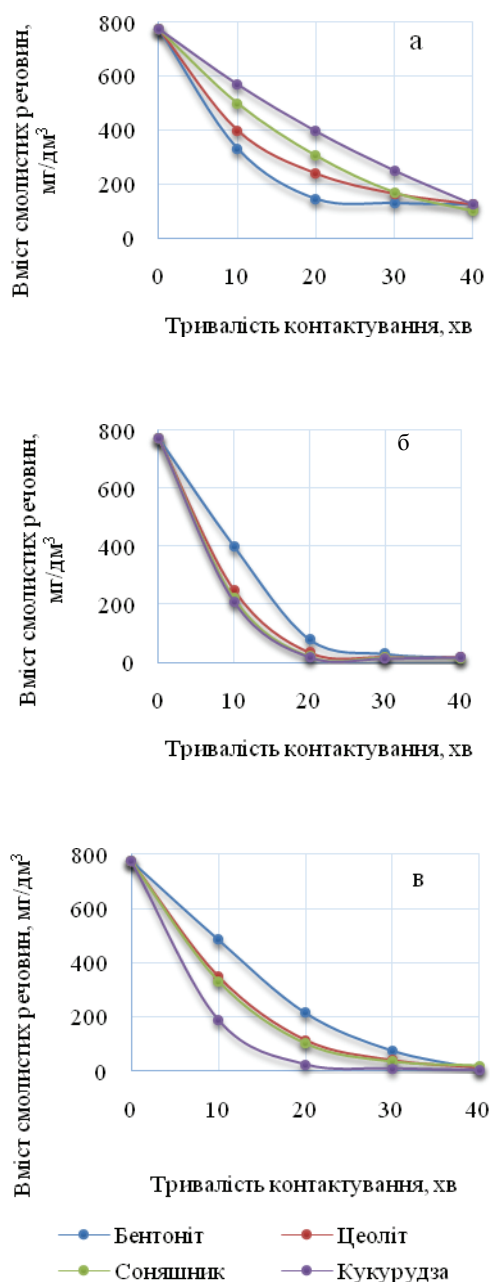


Рис. 3. Залежність залишкової концентрації смолистих речовин від тривалості контактування зі стічною водою для різних доз адсорбентів: а — 1 г/дм^3 ; б — $1,5 \text{ г/дм}^3$; в — 2 г/дм^3

го адсорбенту на основі соняшникового лушпиння — до $102,5 \text{ мг/дм}^3$ та до 18 мг/дм^3 за застосування природного адсорбенту на основі качанів кукурудзи. Збільшивши час контактування вдвічі отримали такі результати: вміст смолистих речовин за використання бентоніту зменшується до $7,5 \text{ мг/дм}^3$; цеоліту — $12,5 \text{ мг/дм}^3$; природного адсорбенту на основі соняшникового лушпиння — 20 мг/дм^3 ; природного адсорбенту на основі качанів кукурудзи — 16 мг/дм^3 . Вказана доза є занадком високою та непринятною для такого типу стоків.

Результати роботи

На рис. 3а, б, в показано експериментальні криві залежності концентрації смолистих речовин від часу в інтервалі доз адсорбентів $1 \dots 2 \text{ г/дм}^3$.

З рис. 3а випливає, що з дозою сорбентів 1 г/дм^3 після 20 хвилин контактування за використання бентоніту вміст смолистих речовин знижується до 146 мг/дм^3 ; цеоліту — до 240 мг/дм^3 ; природного адсорбенту на основі соняшникового лушпиння та кукурудзи — 306 мг/дм^3 та 396 мг/дм^3 , відповідно. Зі збільшенням часу контактування на 20 хвилин концентрація смолистих речовин така: бентоніт — 125 мг/дм^3 ; цеоліт — 125 мг/дм^3 ; природний адсорбент на основі соняшникового лушпиння — 101 мг/дм^3 ; природний адсорбент на основі кукурудзи — 125 мг/дм^3 . Найефективнішим у цьому випадку виявився адсорбент на основі соняшникового лушпиння. Проте, така доза адсорбентів в усіх чотирьох випадках не є достатньою для обробки рідких відходів з підвищеним вмістом смолистих речовин.

На рис. 3б показано залежність концентрації смолистих речовин від часу з дозою адсорбентів $1,5 \text{ г/дм}^3$. У ході проведення експерименту встановлено, що через 20 хвилин взаємодії рідких відходів з адсорбентами вміст смолистих речовин за використання бентоніту знизився до 80 мг/дм^3 ; цеоліту — 35 мг/дм^3 ; природного адсорбенту на основі соняшникового лушпиння — 21 мг/дм^3 та за застосування природного адсорбенту на основі кукурудзи — 19 мг/дм^3 . Після 40 хвилин процесу адсорбції вміст смолистих речовин значно знизився за використання бентонітової глини до 17 мг/дм^3 . У випадку застосування цеоліту концентрація смолистих речовин становила 18 мг/дм^3 ; природного адсорбенту на основі соняшникового лушпиння та природного адсорбенту на основі кукурудзи — 15 мг/дм^3 та 18 мг/дм^3 , відповідно. Результати експерименту свідчать про те, що така доза є прийнятною, адже забезпечується доведення вмісту смолистих речовин до нормативних вимог (менше 25 мг/дм^3) [10]

З рис. 3в випливає, що вміст смолистих речовин за дози адсорбентів 2 г/дм^3 через 20 хвилин контактування зі стічною водою знижується до 215 мг/дм^3 з використанням бентоніту; цеоліту — до 115 мг/дм^3 ; природного адсорбенту на основі соняшникового лушпиння — до $102,5 \text{ мг/дм}^3$ та до 18 мг/дм^3 за застосування природного адсорбенту на основі качанів кукурудзи. Збільшивши час контактування вдвічі отримали такі результати: вміст смолистих речовин за використання бентоніту зменшується до $7,5 \text{ мг/дм}^3$; цеоліту — $12,5 \text{ мг/дм}^3$; природного адсорбенту на основі соняшникового лушпиння — 20 мг/дм^3 ; природного адсорбенту на основі качанів кукурудзи — 16 мг/дм^3 . Вказана доза є занадком високою та непринятною для такого типу стоків.

На рис. 4 показано залежність вмісту фосфатів від часу за дози адсорбентів 1 г/дм^3 для вихідних стоків (а) та біологічно очищених (б) очисних споруд правого берега м. Кам'янське.

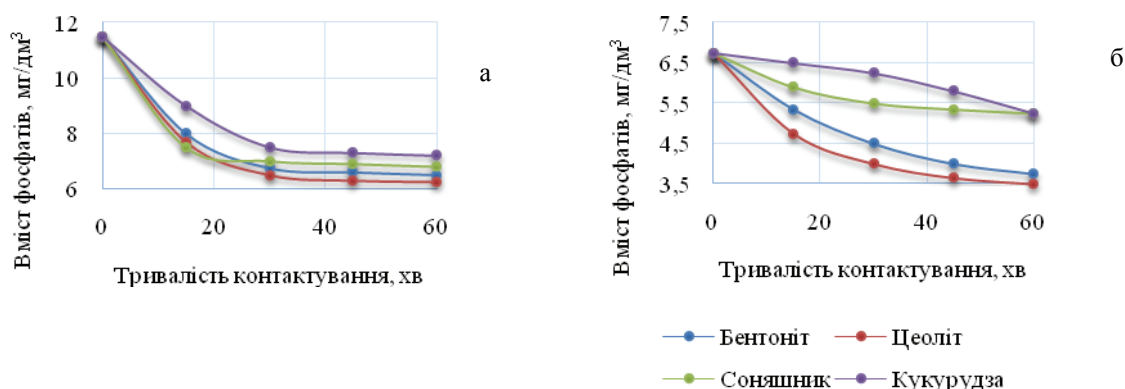


Рис. 4. Залежність залишкової концентрації фосфатів від тривалості контактування зі стічною водою для різних доз адсорбентів: а — 1 г/дм^3 ; б — 2 г/дм^3

Виявлено, що вміст фосфатів під час обробки вихідних стоків після 30 хвилин контактування стічної води з адсорбентами знижується до $6,5 \text{ мг/дм}^3$ за використання бентоніту; цеоліту — $6,75 \text{ мг/дм}^3$; природного адсорбенту на основі соняшникового лушпиння та кукурудзи — 7 мг/дм^3 та $7,5 \text{ мг/дм}^3$, відповідно. Після збільшення часу до 60 хвилин вміст фосфатів становив $6,25 \text{ мг/дм}^3$ за використання бентоніту; $6,75 \text{ мг/дм}^3$ — цеоліту; 7 мг/дм^3 — природного адсорбенту на основі соняшникового лушпиння; $7,5 \text{ мг/дм}^3$ — природного адсорбенту на основі кукурудзи.

На рис. 4б показано залежність вмісту фосфатів від часу у біологічно очищеній стічній воді з дозою адсорбентів 2 г/дм^3 .

Під час проведення експерименту виявлено, що через 30 хвилин взаємодії вміст фосфатів знижено до $4,5 \text{ мг/дм}^3$ із застосуванням бентоніту; цеоліту — 4 мг/дм^3 ; природного адсорбенту на основі соняшникового лушпиння — $5,25 \text{ мг/дм}^3$; природного адсорбенту на основі качанів кукурудзи — $6,25 \text{ мг/дм}^3$. Зі збільшенням часу контактування стічної води з адсорбентами до 60 хвилин концентрація фосфатів у разі застосування бентоніту знижується до $3,75 \text{ мг/дм}^3$; цеоліту — $3,5 \text{ мг/дм}^3$; природного адсорбенту на основі соняшникового лушпиння та кукурудзи — $5,25 \text{ мг/дм}^3$ та $5,25 \text{ мг/дм}^3$, відповідно. Тобто, використання цеоліту для переробки рідких побутових відходів у кількості 1 г/дм^3 приводить до доведення вмісту фосфатів до граничнодопустимих норм України — $3,5 \text{ мг/дм}^3$ [11] може бути рекомендовано до промислової реалізації.

Висновки

Встановлено оптимальні природні адсорбенти для видалення смолистих речовин та фосфатів, відповідно, з промислових та побутових рідких відходів. Для глибокого видалення смолистих речовин з рідких відходів коксохімічних виробництв рекомендовано застосовувати природний адсорбент на основі соняшникового лушпиння дозою $1,5 \text{ г/дм}^3$ з часом контактування 40 хвилин; за цих технологічних параметрів вміст смолистих речовин знижується з 775 мг/дм^3 до 15 мг/дм^3 . Обробку міських побутових відходів з підвищеним вмістом фосфатів проводили з використанням природного цеоліту у кількості 2 г/дм^3 під час контактування 60 хвилин. Застосування добрив, капсульованих водорозчинною плівкою на основі цеоліту, у сільському господарстві дасть змогу подовжити їхню дію на значний час, а отже, зменшити кількість та періодичність внесення, а також втрати елементів живлення у навколишньому середовищі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мухлєнов И. П. Общая химическая технология / [И. П. Мухлєнов, Д. А. Кузнецов, А. Я. Авербух и др.] — М.: Высшая школа, 1964. — 930 с.
2. Столяров Б. В. Практическая газовая и жидкостная хроматография : учеб. пос. / [Б. В. Столяров, И. М. Савинов, А. Г. Витенберг и др.]. — СПб. : изд-во С.-Петербург. ун-та, 2002. — 616 с.
3. Дрожалина Н. Д. Углеродные молекулярные сита на основе торфа / Н. Д. Дрожалина. — М. : Наука и техника, 1984. — 150 с.
4. Далимова Г. Н. Сорбция ионов металлов техническими лигнинами и их производными / Г. Н. Далимова, П. Ю. Штырлов, М. Р. Якубова // Химия природных соединений. — 1998. — № 3. — С. 362—363.

5. Беляев Е. Ю. Применение целлюлозы в решении экологических проблем / Е. Ю. Беляев, Л. Е. Беляева // Химия в интересах устойчивого развития. — 2000. — № 8. — С. 755—761.
6. Беляев Е. Ю. Использование растительного сырья в решении проблем защиты окружающей среды // Е. Ю. Беляев, Л. Е. Беляева // Химия в интересах устойчивого развития. — 2000. — № 8. — С. 763—772.
7. Никифорова Т. Е. Сорбция ионов Си (II) соевым шротом, модифицированным монохлоридом натрия / Т. Е. Никифорова, В. А. Козлов // Журнал прикладной химии. — 2008. — Т. 81. — № 2. — С. 428—433.
8. Безденежных Л. А. Новые адсорбенты из растительных отходов для адсорбционной очистки растительных масел // Л. А. Безденежных, Т. Н. Алексеева, В. С. Шалугин / Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. — Вип. № 5. (46). — 2007. — С. 122—125.
9. Застосування природних сорбентів у природоохоронних цілях / Р. Петрус, М. Мальований, Г. Сакалова, В. Бунько // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. — 2012. — Вип. 171 (1). — С. 139—144. — (Лісівництво та декоративне садівництво).
10. Дослідження технології вилучення смолистих речовин зі стічних вод коксохімічних підприємств методом реактної флотажії / А. В. Іванченко, Д. О. Єлатонцев, М. Д. Волошин, О. О. Дупенко // Праці Одеського політехнічного університету. — 2015. — Вип. 1 (45). — С. 158—163.
11. Єлатонцев Д. О. Дослідження та математичний опис впливу температури на кінетику вилучення фосфатів і зв'язаних речовин зі стічних вод / Д. О. Єлатонцев, А. В. Іванченко, О. А. Крюковська // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. — 2016 р. — № 2/(97). — С. 70—75.

Рекомендована кафедрою хімії та хімічної технології ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 8.11.2017

Іванченко Анна Володимирівна — канд. техн. наук, доцент кафедри хімічної технології неорганічних речовин, e-mail: ivanchenkodgtu@gmail.com ;

Пінчук Дар'я Вікторівна — магістрант кафедри хімічної технології неорганічних речовин, e-mail: dasha3456pinchuk@gmail.com ;

Єлатонцев Дмитро Олександрович — аспірант кафедри хімічної технології неорганічних речовин, e-mail: sauron11652@gmail.com .

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

A. V. Ivanchenko¹
D. V. Pinchuk¹
D. O. Yelatontsev¹

Using Natural Adsorbents in Liquid Waste Treating Technologies

¹Dnipro State Technical University, Kamianske

The processes of processing of liquid industrial and household wastes with natural disperse adsorbents: bentonite, zeolite, as well as sorbents on the basis of sunflower husk and corncobs have been investigated in static conditions. The optimal technological parameters of the process of extracting resinous substances and phosphates from industrial and household wastewater, respectively, have been selected. It has been established that as a result of cleaning the maximum permissible concentration of these contaminants in purified water is provided.

Keywords: liquid waste, natural adsorbents, resinous substances, zeolite, bentonite, phosphates.

Ivanchenko Anna V. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Chemical Technology of Inorganic Substances, e-mail: ivanchenkodgtu@gmail.com ;

Pinchuk Daria V. — Master's Degree Student of the Chair of Chemical Technology of Inorganic Substances, e-mail: dasha3456pinchuk@gmail.com ;

Yelatontsev Dmytro O. — Post-Graduate Student of the Chair of Chemical Technology of Inorganic Substances, e-mail: sauron11652@gmail.com

А. В. Иванченко¹
Д. В. Пинчук¹
Д. А. Елатонец¹

Применение природных адсорбентов в технологиях переработки жидких отходов

¹Днепропетровский государственный технический университет, Каменское

В статических условиях исследованы процессы переработки жидких промышленных и бытовых отходов природными дисперсными адсорбентами: бентонитом, цеолитом, а также сорбентами на основе подсолнечной лузги и кукурузных початков. Подобраны оптимальные технологические параметры процесса извлечения смолистых веществ и фосфатов из промышленных и бытовых стоков соответственно. Установлено, что в результате очистки обеспечивается предельно концентрация указанных загрязнений в очищенной воде.

Ключевые слова: жидкие отходы, природные адсорбенты, смолистые вещества, цеолит, бентонит, фосфаты.

Иванченко Анна Владимировна — канд. техн. наук, доцент кафедры химической технологии неорганических веществ, e-mail: ivanchenkodgtu@gmail.com ;

Пинчук Дарья Викторовна — магистрант кафедры химической технологии неорганических веществ, e-mail: dasha3456pinchuk@gmail.com ;

Елатонец Дмитрий Александрович — аспирант кафедры химической технологии неорганических веществ, e-mail: sauron11652@gmail.com