

*О.В. Стокалюк, канд. техн. наук, А.Я. Регуш, канд. техн. наук  
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності),*

## **ОЧИЩЕННЯ ВИРОБНИЧИХ СТИЧНИХ ВОД, ЗАБРУДНЕНИХ ГЕКСАНОМ, В АПАРАТАХ З МІШАЛКАМИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПАЛИГОРСЬКІТУ**

Для локального очищення виробничих стічних вод від гексану запропоновано використовувати адсорбційний метод у якому в якості сорбенту застосовується палигорський Дашуківського родовища. Реалізацію процесу передбачено у періодичному апараті з механічним перемішуванням обладнаним відкритою турбінною мішалкою.

Приведено методуку обчислення дози палигорського борошна, необхідної кількості обертів мішалки, яка б забезпечила потрібну тривалість процесу.

Запропоновано технологічну схему очищення стічних вод виробництва первинної обробки вовни.

**Ключові слова:** гексан, палигорський, сорбція, мішалка, технологічна схема.

### **Вступ**

Підвищення рівня екологічної безпеки виробництв стає основною стратегією промислової політики України за умов її інтеграції в Європейський Союз. Проте, особливістю вітчизняної економіки є небажання приділяти достатньо уваги проблемі очищення виробничих стічних вод, оскільки її розв'язання потребує значних матеріальних затрат, тоді як ефективність очищення не впливає на якість готової продукції. Такий підхід протягом тривалого часу призвів до погіршення екологічної ситуації водного басейну України. Не останню роль в погіршенні цієї ситуації відіграють стічні води, які містять нафтопродукти. За даними [1] максимальні концентрації нафтових вуглеводнів на рівні 17?15 ГДК були зафіксовані у гирлі р. Дніпро та Бузькому лимані. Це свідчить в першу чергу про недостатню ефективність функціонування водовідвідних очисних споруд підприємств цих регіонів. Таким чином, розв'язання поставлених задач можливе лише за умови повного та свідомого відступлення від принципу вкладання коштів на розвиток лише основного виробництва.

### **Постановка задачі**

Серед нафтопродуктів, які завдають найбільшої шкоди гідросфері, необхідно відзначити органічні розчинники. Ці сполуки в основному належать до «біологічно жорстких», тобто не піддаються біологічному окисненню на очисних спорудах. Особливо це стосується розчинників на основі гексану. За своєю природою гексан – насичений вуглеводень і тому не вступає в реакції приєднання, не взаємодіє з кислотами, лугами, не жорсткими окисниками. Це зумовлює ряд особливостей його використання в технологічних процесах та вимоги щодо утилізації забруднених ним стоків. В правилах [2] відсутні значення допустимих концентрацій гексану. Отже, в стоках, які потрапляють в мережу комунального водовідведення, цей забруднювач повинен бути відсутній і такі стоки організовано направляються на спеціальні пункти утилізації. Враховуючи економічну доцільність, на підприємствах організовують замкнуті цикли використання води у виробництвах, пов'язаних із гексаном. В таких випадках основною задачею є розробка технологій, пов'язаних з очищенням стічних вод від гексану.

### **Шляхи вирішення задачі**

В роботі [3] для локального очищення стічних вод, забруднених гексаном, запропоновано використовувати адсорбційний метод із застосуванням в якості сорбенту палигорського родовища. До переваг такого підходу слід віднести простоту апаратурного оформлення й експлуатації, низькі затрати електроенергії, достатньо високий ефект очищення із локалізацією забруднень в об'ємі сорбенту, забезпечення гнучкості технологічного процесу, стабільність вилучення забруднень при неочікуваних залпових скидах. Впровадженню адсорбційної технології очищення сприяє й відносна дешевизна вітчизняного палигорського.

Проведені експериментальні дослідження [4,5] показують, що процес адсорбції гексану з водних розчинів палигорськітом з достатньою точністю описується ізотермою Генрі з константою  $k = 0,66 \text{ м}^3/\text{кг}$ .

Встановлено, що в лабораторних умовах на початковій стадії адсорбції наявна зовнішньодифузійна область кінетики для якої визначено залежність коефіцієнта масовіддачі  $\beta$  від числа обертів мішалки  $n$ . Результати експериментальних досліджень узагальнені критеріальним рівнянням:

$$Sh = 0,7 + 4,9 \cdot 10^{-4} Re_m, \quad (1)$$

де  $Sh$  – число Шервуда,  $Re_m$  – число Рейнольдса для перемішування.

Для внутрішньодифузійної області кінетики визначено ефективний коефіцієнт внутрішньої дифузії  $D_{\text{вн}}$  гексану в зернах палигорськіту ( $D_{\text{вн}} = 5,96 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ ).

Отримані числові значення основних параметрів адсорбційного видалення гексану з водних розчинів палигорськітом можна покласти в основу проектування реакторів періодичної дії для очищення стічних вод перед їх поверненням у технологічний процес. Цьому сприяють й невеликі об'єми оборотних вод, періодичність їх надходження на очищення, можливість переобладнання наявного водоочисного обладнання. В якості реакторів періодичної дії нами пропонується апарати з механічним перемішуванням. Для успішного їх впровадження необхідно визначити ряд технологічних та конструктивних параметрів.

Розглянемо особливості адсорбційного очищення стічних вод від гексану на прикладі технології первинної переробки вовни. На цих виробництвах гексанові розчинники використовуються для відмивки вовни від жиру, мінеральних та органічних домішок [6]. За правильної організації виробництва при одержанні 1 т митої вовни утворюється  $4,5 \text{ м}^3$  забруднених промивних вод з концентраціями гексану  $25-30 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Для повернення промивних вод в оборот концентрація гексану в очищених водах не повинна перевищувати  $1 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Попередньо доведена ефективність адсорбційного очищення промивних вод від гексану в напіввиробничих умовах на базі ТзОВ «Реагент» (м. Новий Розділ Львівської обл.) [7].

#### Доза борошна

Для здійснення процесу очищення стічних вод від гексану в апаратах з мішалками як завантаження використовують тверду фазу адсорбенту високого ступеня дисперсності – палигорськітове борошно. Отже, одним із основних показників процесу очищення є доза палигорськітового борошна  $m$  – маса сорбенту, яка необхідна для очищення одиниці об'єму стічних вод до заданої рівноважної концентрації  $C_p$ .

За рекомендаціями [8] дозу борошна  $m$  визначають з ізотерми адсорбції. У нашому випадку рівноважні концентрації  $C_p$  дорівнюють допустимим до повернення очищеної води в оборот  $C_{\text{дон}}$ .

При розрахунку дози палигорськітового борошна при одноразовому уведенні його в кількості  $m \text{ кг}$  на  $1 \text{ м}^3$  стічних вод, вихідним рівнянням є рівняння балансу маси забруднення, яке адаптуємо для реактора періодичної дії. Для очищення промивних вод від гексану можна записати:

$$m \cdot a \cdot W + W \cdot C_{\text{дон}} = W \cdot C_{\text{np}}, \quad (2)$$

де  $a$  – питома адсорбція гексану на палигорськіті,  $\text{кг}/\text{кг}$ ;  $W$  – об'єм промивних вод, які поступають на очищення в реактор з мішалкою,  $\text{м}^3$ ;  $C_{\text{np}}$  – концентрація гексану в промивних водах,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

З рівняння (2) дозу палигорськіту визначимо як

$$m = (C_{\text{np}} - C_{\text{дон}})/a, \quad \text{кг}/\text{м}^3,$$

або ж, з врахуванням рівняння ізотерми Генрі:

$$m = (C_{\text{np}} - C_{\text{дон}})/k \cdot C_{\text{дон}}, \quad \text{кг}/\text{м}^3, \quad (3)$$

Прийнявши концентрацію гексану в промивних водах на максимальному рівні, тобто  $C_{np} = 30 \text{ кг/м}^3$ , допустиму концентрацію гексану до повернення очищеної води в оборот  $C_{дон} = 1 \text{ кг/м}^3$ , з формули (3) отримаємо дозу палигорськіту  $m = 44 \text{ кг/м}^3$ , що є цілком прийнятним з економічної точки зору.

### Розрахунок апарата для здійснення сорбційного процесу

В літературі відмічається відсутність універсального критерію, який дав би змогу здійснити вибір відповідного апарата з мішалкою для цього процесу. Тому при виборі мішалки необхідно керуватись досвідом, який накопичений під час спостереження за роботою аналогічних промислових установок та дослідних апаратів. Безперечно, за таких обставин, при виборі типу мішалки необхідно враховувати фізичні параметри рідини, яка перемішується, і особливо її в'язкість.

**В'язкість робочого середовища.** Робоче середовище утворене трьома компонентами – водою, гексановим розчинником та дрібнодисперсним палигорськітом. Співвідношення між цими компонентами будуть визначати його в'язкість.

Рідка фаза середовища утворюється водою та гексаном. Для визначення в'язкості цієї фази  $\mu_p$  скористаємося рівнянням Арреніуса-Кендалла [9]:

$$\lg \mu_p = X_w \lg \mu_w + X_g \lg \mu_g, \quad (4)$$

де  $\mu_w, \mu_g$  – динамічна в'язкість води та гексану відповідно, Па·с;  $X_w, X_g$  – масові частки води та гексану відповідно. З довідникових даних [10] приймаємо  $\mu_w = 0,000894 \text{ Па·с}$ ,  $\mu_g = 0,000294 \text{ Па·с}$  (при  $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). З технологічних даних отримуємо  $X_w = 0,97$ ,  $X_g = 0,03$ . Тоді за формулою (4) маємо  $\mu_p = 0,000865 \text{ Па·с}$ .

В'язкість суспензії  $\mu_c$  визначимо за формулою А. Бачинського [9]:

$$\mu_c = \mu_p (1 + 4,5\varphi), \quad (5)$$

де  $\varphi$  – вміст твердої фази в суспензії, який виражений через відношення об'єму твердої фази до об'єму усієї суспензії. Для визначення цього параметра необхідно знати середню густину суспензії  $\rho_c$ , та масову частку твердої фази у суспензії  $x_c$ . Величину  $x_c$  визначимо із масового співвідношення рідкої і твердої фаз [11]:

$$N = (P:T) = (1 - x_c)/x_c. \quad (6)$$

Густина рідкої фази при  $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$  становить  $\rho_p = 986,83 \text{ кг/м}^3$  (при густині води  $997,1 \text{ кг/м}^3$ , густині гексану  $654,8 \text{ кг/м}^3$  та відповідних їм масових частках у рідкій фазі). При дозі палигорськіту  $m = 44 \text{ кг/м}^3$  за формулою (6) отримаємо значення його масової частки  $x_c = 0,043$ .

Середню густину суспензії визначимо за рекомендаціями [11]:

$$\rho_c = \frac{1}{\frac{x_c}{\rho_n} + \frac{1 - x_c}{\rho_p}}. \quad (7)$$

При густині палигорськіту  $\rho_n = 2100 \text{ кг/м}^3$  [4] за формулою (7) отримаємо значення  $\rho_c = 1009,85 \text{ кг/м}^3$  і відповідно параметр  $\varphi = 0,027$ .

Таким чином за формулою (5) отримано значення для в'язкості робочого середовища  $\mu_c = 0,000946 \text{ Па·с}$ .

**Рекомендований тип мішалки.** Вибір типу мішалки проведемо за рекомендаціями Холанда і Чапмана. Згідно з їх даними, при в'язкості робочого середовища  $\mu_c = 0,000946 \text{ Па·с}$  для проведення процесу адсорбції гексану палигорськітом доцільно застосовувати пропелерну або турбінну з плоскими лопатками мішалку (рис. П-4 стор. 51 [9]). Цей висновок підтверджений також і в роботах Бейтса [9].

Пропелерні мішалки є найбільш ефективними – вони створюють значну циркуляцію робочого середовища в апараті при мінімальних затратах енергії. Цей тип мішалки генерує осьову циркуляцію робочого середовища за рахунок помповому ефекту, тому вони можуть легко підій-

мати тверді частинки палигорськіту з дна апарата і підтримувати стійку суспензію. Проте проектування і виготовлення пропелерної мішалки є дорогим і складним. Таким чином, ця мішалка може себе оправдати лише у випадку застосування апаратів великих об'ємів, в яких економія енергії на перемішування окупить затрати на їх виготовлення.

Оскільки технологія первинної переробки вовни є малотоннажним виробництвом (наприклад, на ТзОВ «Реагент» при роботі на повну потужність за зміну утворюється 2,4 м<sup>3</sup> стічних вод), то доцільно застосовувати для очищення виробничих вод від гексану відкриту турбінну мішалку. Найбільш простою і водночас найбільш ефективною турбінною мішалкою є мішалка з 6-ма прямими лопатками, які розміщені радіально. Простота виконання зумовлена ще й тим, що лопатки можна просто приварювати до диска. Число обертів турбінної мішалки становить  $n = 1 ? 20 \text{ с}^{-1}$ , що відповідає коловій швидкості зовнішнього краю лопатки  $u=2?9 \text{ м/с}$ .

**Мінімальне число обертів та розміри мішалки.** В експериментальних дослідженнях [4] отримано стійку суспензію в лабораторній установці. При цьому критеріальна залежність (1) не враховує геометричних параметрів апарата та фізичних особливостей зерен палигорськіту. Тому виникає необхідність визначення мінімальної частоти обертання турбінної мішалки, при якій в апараті утворюється шар завислих частинок сорбенту, і порівняти його значення з мінімальним числом обертів у формулі (1).

Частота обертання турбінної мішалки  $n_0$ , за якої осьова складова швидкості потоку рідини дорівнюватиме або дещо перевищить за гідравлічну крупність частинок палигорськіту, і розподіл твердих частинок в об'ємі апарата буде найбільш рівномірним, визначається з критеріальної залежності:

$$Re_o = f\left(Ga, \frac{\rho_p}{\rho_n}, x_c, i_{d_n}, i_D, i_H, i_h\right), \quad (8)$$

де  $Re_{o0}$  – мінімальне значення критерію Рейнольдса для отримання в апараті однорідної суспензії;  $Ga$  – критерій Галілея;  $i_d, i_D, i_H, i_h$  – інваріанти геометричної подібності апарата, які враховують відповідно відношення діаметра зерна палигорськіту  $d_n$ , діаметра апарата  $D$ , глибини рідини в апараті  $H$  та відстані турбіни від дна  $h$  до діаметра мішалки  $d_m$ .

Огляд публікацій з проблем гідродинаміки перемішування показав, що на сьогодні існує лише одне рівняння для визначення  $Re_o$ , яке б можна було адаптувати для процесу адсорбції гексану палигорськітом в апараті з турбінною мішалкою. Хоблер і Заблоцький запропонували такий вигляд рівняння (8) із врахуванням форм запису критеріїв Рейнольдса та Галілея [9]:

$$\frac{n_0 d_m^2 \rho_c}{\mu_c} = C \left( \frac{d_m^3 \rho_c^2 g}{\mu_c^2} \right)^{0,45} \left( \frac{\Delta \rho}{\rho_c} \right)^{0,6} x_c^{0,17} \left( \frac{d_n}{d_m} \right)^{0,25} \left( \frac{h}{d_m} \right)^{0,19} \left( \frac{D}{d_m} \right), \quad (9)$$

де  $\Delta \rho = \rho_n - \rho_p$ ;  $C$  – постійна, для турбінної мішалки  $C = 4,629$ ;  $d_n$  – середній діаметр зерен палигорськіту, прийнятий в експериментальних дослідженнях [4,5]  $d_n = 0,00033 \text{ м}$ .

При визначенні геометричних симплексів у рівнянні (9) необхідно задатись конструктивними параметрами конкретного апарата. Вихідними даними при цьому є об'єм стічних вод, який становить для ТзОВ «Реагент» 2,4 м<sup>3</sup>. Приймаючи для нормалізованої турбінної мішалки з плоским дном  $D = H, d_m = 1/3 D, h = 0,5d_m$ , отримаємо значення  $D = H = 1,5 \text{ м}, d_m = 0,5 \text{ м}, h = 0,25 \text{ м}$ . Ширину лопатки приймаємо  $b = 0,2d_m = 0,1 \text{ м}$ .

Після підстановки отриманих даних у рівняння (9) отримаємо  $n_0 = 1,33 \text{ с}^{-1}$ , що відповідає значенню  $Re_{o0} = 354942$ . При виведенні формули (1) приймалось мінімальне число обертів лабораторної мішалки  $n_0 = 1,5 \text{ с}^{-1}$ , що є дещо більшим за визначене нами значення, а отже можна вважати справедливим прийняття до розрахунків рівняння (9).

**Час проведення сорбційного процесу.** Тривалість обробки стічних вод в апараті з мішалкою визначається кінетикою сорбції. Наближено в'яснити зовнішній чи внутрішній масоперенос визначає швидкість, а отже і тривалість процесу, можна за критерієм Біо [12]:

$$Bi = \beta \cdot d_n / 2 D_{en} . \quad (10)$$

В роботі [13] показано, що коефіцієнт масовіддачі  $\beta$  в апараті з мішалкою теоретично можна визначити на основі теорії локальної ізотропної турбулентності. Згідно з цією теорією коефіцієнт  $\beta$  визначається за формулою:

$$\beta = 0,267(\varepsilon_0 \cdot v_e)^{0,25} \cdot Sc^{-0,75}, \quad (11)$$

де  $\varepsilon_0$  – питома енергія дисипації;  $v_e$  – кінематична в'язкість води,  $Sc$  – число Шмідта.

Коефіцієнт  $\beta$  визначимо з умови забезпечення утворення в апараті стійкої суспензії, тобто при відомих значеннях  $Re_{m0}$  і  $n_0$ . При цьому  $Sc = v_e / D_{en} = 1194$  і критерій Ейлера для турбінної мішалки з 6-ма лопатками становить  $Eu = 4$  (рис. VI-3 стор. 179 [9]) і виходить на автомобільну область. Тоді потужність на перемішування:  $N = Eu \cdot n^3 \cdot d_m^5 \cdot \rho_c = 297$  Вт.

Питома енергія дисипації визначимо як  $\varepsilon_0 = N / \rho_c \cdot W = 0,113$  Вт/кг.

Тоді за формулою (11) отримаємо  $\beta = 2,762 \cdot 10^{-7}$  м/с і число  $Bi = 0,08$ . Оскільки  $Bi \leq 1$ , то швидкість зовнішнього масопереносу є настільки меншою за швидкість дифузії гексану в зернах палигорськіту, що вона повністю контролює хід сорбційного процесу.

Добре відомо, що на швидкість масопереносу впливає число обертів мішалки  $n$  – із збільшенням  $n$  збільшується коефіцієнт  $\beta$ , а отже зменшується час сорбційного процесу  $\tau$ . Здебільшого, згідно з технологічним регламентом, час  $\tau$  не повинен перевищувати 1800 с. При визначенні цього часу вихідним є рівняння масовіддачі у формі:

$$M = \beta \cdot \Sigma F (C_{np} - C^*) \tau , \quad (12)$$

де  $M$  – маса поглинутого гексану, кг;  $\Sigma F$  – сумарна площа поверхні зерен палигорськіту, завантаженого в апарат, м<sup>2</sup>;  $C^*$  – концентрація гексану на поверхні зерен палигорськіту, кг/м<sup>3</sup>, (приймаємо в початковий момент часу  $C^* = 0$ ).

Маса поглинутого гексану визначається з рівняння балансу:  $M = W(C_{np} - C_{дон}) = 75,4$  кг.

При загальній масі палигорськіту в апараті 114,4 кг сумарна площа поверхні зерен  $\Sigma F = 1003,2$  м<sup>2</sup>.

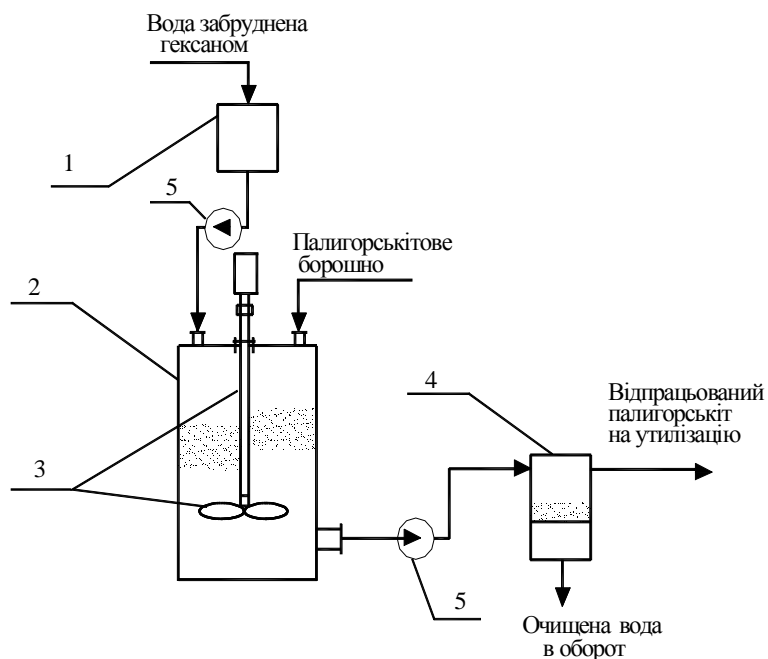
Підставивши отримані дані у рівняння (12), отримаємо значення  $\beta = 1,44 \cdot 10^{-6}$  м/с. Тоді критерій Біо  $Bi = 0,3$ , а отже процес сорбції відбувається за змішаним механізмом, проте частка зовнішнього масопереносу є визначальною (оскільки процес сорбції контролюється внутрішньою масопровідністю при  $Bi \geq 30$  [12]). Тоді для наближеного визначення значення числа обертів мішалки визначимо енергію дисипації із формули (11) при  $\beta = 1,44 \cdot 10^{-6}$  м/с та значенням необхідної потужності на перемішування рідини  $N$ . Отримані значення  $\varepsilon_0 = 0,434$  Вт/кг та  $N = 1139$  Вт підставляємо у формулу:

$$n = \sqrt[3]{\frac{N}{Eu \cdot d_m^5 \cdot \rho_c}} . \quad (13)$$

З врахуванням автомобільності процесу перемішування можна прийняти  $Eu = 4$  і після підстановки його у формулу (13) отримаємо значення  $n = 2,08$  с<sup>-1</sup>.

#### Технологічна схема очищення стічних вод від гексану

Пропонується така технологія очищення виробничих стічних вод від гексанового забруднювача (Див. рисунок). Виробничі стоки накопичуються у збірнику 1, звідки самотічно або насосом подаються на очищення в апарат з мішалкою 2. В реакторі відбувається вилучення гексану шляхом його фізичної адсорбції в порах палигорськіту. Після закінчення процесу сорбції суспензія подається на пристрій для її зневоднення 4 – нутч-фільтр або фільтр-прес. Відділений палигорськіт просушується, фасується і направляється на утилізацію.



**Рис. 1.** Технологічна схема очищення стічних вод від гексану:

1 – бак накопичувач; 2 – апарат з мішалкою; 3 – мішалка; 4 – фільтр-прес; 5 – насоси

Інтенсифікувати процес перемішування можна незначною зміною конструкції дна апарата, а саме введенням перегородок, які закручені в сторону, протилежну до напрямку перемішування за аналогом наведеним в [14,15].

#### Висновки

1. На прикладі стічних вод ТЗОВ «Реагент» доведено ефективність застосування апаратів з механічним перемішуванням для адсорбційного очищення виробничих стічних вод від гексану.

2. Наведено методику обчислення дози палигорськітового борошна для здійснення адсорбційного процесу.

3. Показано, що для малотоннажних виробництв доцільно застосовувати відкриту турбінну мішалку з 6-ма прямими лопатками, які розміщені радіально. Обчислено мінімальну кількість обертів мішалки, яка зумовлює утворення в апараті стійкої суспензії.

4. На основі теорії локальної ізотропної турбулентності визначено необхідну кількість обертів мішалки, яка враховує заданий технологічний час обробки стоків та геометричні параметри апарата.

5. Запропоновано технологічну схему обробки стоків із застосуванням палигорськітового борошна та можливий шлях інтенсифікації сорбційного процесу.

#### Список літератури:

1. **Національна доповідь** про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році [Електронний ресурс] / Державна служба України з надзвичайних ситуацій, – 2013. – Режим доступу: [http://www.mns.gov.ua/content/annual\\_report\\_2013.html](http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2013.html).

2. **Правила приймання** стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України. [Електронний ресурс] // Наказ Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики від 19.02.2002 р. № 37.– Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cdi-bin/laws/main.cgi?nreg=z0403-02>.

3. **Стокалюк О.** Очищення стічних вод від органічних розчинників з використанням процесів адсорбції на природних дисперсних сорбентах та хроматографії / О. Стокалюк, М. Мальований, І. Петрушка, О. Стойко, З. Одноріг // Праці НТШ, т.1, Косів-2005 – с.239-243.

**4. Мальований М.С.** Адсорбційні процеси очищення стоків від органічних розчинників / М.С. Мальований, І.М. Петрушка, О.В. Стокалюк: Тези доповідей укр. наук. семінару [Мембранні і сорбційні процеси і технології], (Київ 24-25.02.2009)/ Києво-Могилянська академія. – Київ, 2009 – с.55.

**5. Мальований М.С.** Очищення стічних вод від органічних розчинників / М.С. Мальований, І.М. Петрушка, Р. Петрус, О.В. Стокалюк: Сб. науч. трудов XIII Междун. научно-технич. конф. [Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов, утилизация отходов], (Алушта 713-17.06.2005)/ УкрВОДГЕО. – Харків, 2005. – с. 902-905.

**6. Водоотводящие** ситемы промышленных предприятий / [С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов]. – М.: Стройиздат, 1990. – 511 с.

**7. Петрушка І.М.** Безвідходні технології промислового очищення стічних вод від багатоконпонентних органічних сумішей / І.М. Петрушка, О.В. Стокалюк, М.С. Мальований, Я.М. Захарко // Хімія, технологія речовин та їх застосування. – Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2007. – 364с. – (Вісник НУ «Львівська політехніка»; №590). – С.250-256.

**8. Жуков А.И.** Методы очистки производственных сточных вод. / Жуков А.И., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. – М.: Стройиздат, 1977. – 208 с.

**9. Ф. Стренк.** Перемешивание и аппараты с мешалками. / Пер. с польск. Под ред. Щупляка И.А. – Л.: «Химия», 1975. – 384с.

**10. Справочник** по химии / [Воскресенский П.И., Каверина А.А., Парменов К.Я., Цветков. Л.А., Эштейн Д.А. ]– 4 изд, М.: «Просвещение», 1978.– 200 с.

**11. Процеси** та апарати хімічних технологій. Ч.ІІ. Гідромеханічні процеси. Перемішування: Навч. посібник / [Я.М. Ханик, А.І. Дубінін, О.В. Станіславчук, Л.З. Білецька]. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2006. – 180 с.

**12. Адсорбционная** технология очистки сточных вод / [А.М. Когановский, Т.М. Левченко, И.Г. Рода, Р.М. Марутовский] – Киев: Техніка, 1981. – 175 с.

**13. Петрушка І.М.** Особливості кінетики сорбції органічних розчинників природними дисперсними сорбентами / І.М. Петрушка, М.С. Мальований, Я.М. Гумницький // Вісник КрНУ імені М. Остроградського. Випуск 1/ 2012 (72). Ч.1 – С. 169-173.

**14. Патент № 81844** Україна, МКП С02F1/00. Спосіб доочищення стічних вод від іонів важких металів у потоці перемішування / Регуш А.Я., Стокалюк О.В.; заявник і патентовласник ЛДУ БЖД – №201301366; заявл. 05.02.2013; опубл. 10.07.2013, бюл. №13.

**15. Патент № 81843** Україна, МКП С02F1/00. Установа для доочищення стічних вод від іонів важких металів у потоці перемішування / Регуш А.Я., Стокалюк О.В.; заявник і патентовласник ЛДУ БЖД – №201301365; заявл. 05.02.2013; опубл. 10.07.2013, бюл. №13.

*О.В. Стокалюк, А.Я. Регуш*

## **ОЧИСТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ЗАГРЯЗНЕННЫХ ГЕКСАНОМ В АППАРАТАХ С МЕШАЛКАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАЛИГОРСКИТА**

Для локальной очистки производственных сточных вод от гексана предложено использовать адсорбционный метод, в котором в качестве сорбента используется палигорскит Дашуковского месторождения. Предлагается реализовать процесс в периодическом аппарате с механическим перемешиванием оборудованным открытой турбинной мешалкой.

Приведена методика определения дозы палигорскитовой муки, необходимого количества оборотов мешалки, которые обеспечат необходимую длительность процесса.

Предложена технологическая схема очистки сточных вод при первичной обработке шерсти.

**Ключевые слова:** гексан, палигорскит, сорбция, мешалка, технологическая схема.

**PURIFICATION OF INDUSTRIAL WASTE WATERS POLLUTED BY HEXANE IN  
APPARATUS WITH STIRRERS USED WITH  
PALYGORSKITE**

It was suggested to use adsorption method with sorbent presented by palygorskite of Dashukivsk deposit for local purification of industrial waste waters from hexane. We expect to realize the process in periodical apparatus with mechanical mixing equipped with open turbine stirrer.

The techniques of portion estimation of palygorskite flour necessary for stirrer turn to provide required length of process were suggested.

Technological scheme of purification of industrial waste waters from initial wool treatment production was suggested.

**Key words:** hexane, palygorskite, sorbtion, stirrer, technological scheme.

