



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

для СЛУЖЕБНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКЗ. №

000072

(19) **SU** (11) **1637225 A1**

(51)5 C 02 F 1/46, B 01 D 61/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4427340/26

(22) 18.05.88

(71) Институт коллоидной химии и химии
воды им. А. В. Думанского

(72) М. И. Пономарев, О. Р. Шендрик,
А. П. Криворучко и С. В. Дроздович

(53) 628.543(088.8)

(56) Авторское свидетельство СССР
№ 572277, кл. В 01 D 13/02, 1976.

(54) СПОСОБ ОЧИСТКИ ВОДЫ

(57) Изобретение относится к мембранной
технологии и может быть использовано в
технологических процессах, связанных с
очисткой воды от органических веществ,
ионизированных в водных растворах. Цель
изобретения – увеличение степени очистки
воды и снижения энергозатрат. Способ очи-

2

стки воды от органических веществ ведут в
электромембранном аппарате с одностипны-
ми ионообменными мембранами при нало-
жении внешнего электрического поля.
Очистку ведут при градиенте давления, на-
правленном противоположно электромиг-
рационному потоку органического вещества
и созданном на пористой диафрагме, раз-
мещенной между ионообменными мембра-
нами и образующей с последними камеры
очистки и концентрирования, причем пори-
стая диафрагма проницаема для раствора
без изменения концентрации удаляемого
вещества. Величину перепада давления оп-
ределяют по формуле. В качестве фильтру-
ющей диафрагмы могут быть использованы
ультрафильтрационные мембраны или тка-
невые материалы. 1 з.п. ф-лы, 1 табл.

Изобретение относится к мембранной
технике и может быть использовано в техно-
логических процессах, связанных с очист-
кой воды от органических веществ,
ионизированных в водных растворах.

Целью изобретения является увеличе-
ние степени очистки воды и снижение энер-
гозатрат на очистку.

Способ реализуется в электромембран-
ном аппарате, состоящем из двух электрод-
ных камер и по крайней мере одной камеры,
отделенной от электродных камер катионо-
обменными мембранами МК-40. Рабочая
площадь одной мембраны 10 см². 0,1 М рас-
твор нитрата калия циркулирует через элек-
тродные камеры аппарата. Между
ионообменными мембранами установлена
пористая диафрагма, проницаемая для рас-
твора без изменения концентрации удаляе-
мого вещества и образующая камеры
очистки и концентрирования. В камеру очи-

стки подают очищаемый раствор, камеру
концентрирования также заполняют исход-
ным раствором. С помощью напорной емко-
сти или центробежного насоса на пористой
диафрагме создают перепад давлений, ве-
личина которого фиксируется манометром.
В процессе работы очищенная вода и кон-
центрат отводятся соответственно через
выводные каналы камер очистки и концент-
рирования. Для измерения концентрации
красителя используют фотоабсорбциометр
ЛМФ-69.

Параметры реализации процесса (пере-
пад давления на пористой диафрагме ΔP и
напряженность электрического поля в рас-
творе E) при заданной степени очистки воды
зависят от объемной скорости потока очи-
щаемой воды (V), абсолютной подвижности
органических ионов (U^0), рабочей поверхно-
сти пористой диафрагмы (S) и коэффициента
пропорциональности (K)

(19) **SU** (11) **1637225 A1**



$$P = -\frac{2V}{K \cdot S} \left(\frac{U \cdot E \cdot S}{V \cdot I_{\text{нСисх.}}} + 1 \right). \quad (1)$$

Подвижность органических ионов определяют из справочных таблиц либо на основании определения электропроводности раствора. Коэффициент пропорциональности K определяют из уравнения

$$V_1 = K \cdot S \cdot \Delta P, \quad (2)$$

где V_1 — объемный поток через пористую диафрагму с видимой поверхностью S при перепаде давления ΔP .

Таким образом, при заданных степени очистки воды и напряженности электрического поля в растворе E по уравнению (1) можно рассчитать перепад давления ΔP , на пористой диафрагме, обеспечивающей заданную степень очистки.

Пример 1. Очистке от красителя прямого красного светопрочного 2С (ПКС 2С) подвергают раствор с исходной концентрацией красителя 55 мг/л. В качестве пористой диафрагмы, разделяющей камеры концентрирования и очистки электромембранного аппарата, используют бязь 247.

Задают следующие параметры работы аппарата: концентрация красителя на выходе из установки 10 мг/л (ниже ПДК — 18 мг/л), напряженность электрического поля в камере очистки $E=40$ В/см, объемный поток раствора, подаваемого на очистку $0,18 \text{ см}^3/\text{с}$, $K=0,012 \text{ см}^3/\text{кгс} \cdot \text{с}$, абсолютная подвижность иона ПКС 2С $U^0=7,3 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$. Рабочая поверхность диафрагмы $S=10 \text{ см}^2$. По формуле (1) рассчитывают требуемый перепад давления на мембране ΔP ,

$$\Delta P = \frac{2 \cdot 0,18}{0,012 \cdot 10} \left(\frac{7,3 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \cdot 40}{0,18 \cdot I_{\text{н}} \cdot \frac{10}{55}} + 1 \right) =$$

$= 3,0 (-0,954 + 1) = 3,0 \cdot 0,046 = 0,138 \text{ кгс}/\text{см}^2$. На пористой диафрагме создают перепад давления $\Delta P = 0,13 \text{ кгс}/\text{см}^2$. Концентрация красителя в очищенном растворе 13 мг/л.

Производительность аппарата $Q=(55-13) \cdot 0,011 = 0,46 \text{ мг}/\text{мин}$.

Степень очистки раствора

$$\Pi = \frac{55-13}{55} \cdot 100 = 76,4 \%$$

Затраты электроэнергии на выделение 1 г красителя (напряжение на аппарате 80 В, ток 0,0133 А)

$$W = \frac{0,0133 \cdot 80}{0,46 \cdot 60} = 0,039 \text{ Вт} \cdot \text{ч}/\text{мг} = 0,039 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{г}.$$

Таким образом, степень очистки раствора увеличилась с 45,5 до 76,4% (в 1,67 раза) при увеличении производительности аппарата с 0,275 до 0,46 мг/мин (в 1,67 раза). Затраты

электроэнергии снизились с 0,194 до 0,039 кВт ч/г (примерно в пять раз).

Пример 2. Очистке от красителя ПКС 2С подвергают раствор с исходной концентрацией 55 мг/л. В качестве пористой диафрагмы используют ультрафильтрационную мембрану на основе ацетата целлюлозы УПМ-55П. При величинах $S_{\text{вых}}=10 \text{ мг}/\text{л}$, $E=40 \text{ В}/\text{см}$, $V=0,18 \text{ см}^3/\text{с}$, $K=0,027 \text{ см}^3/\text{кгс} \cdot \text{с}$, $U_{\text{ПКС 2С}}=7,3 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, $S=10 \text{ см}^2$ рассчитывают ΔP ,

$$\Delta P = \frac{2 \cdot 0,18}{0,027 \cdot 10} \left(\frac{7,3 \cdot 10^{-4} \cdot 40 \cdot 10}{0,18 \cdot (-1,7)} + 1 \right) =$$

$= 13,3 (-0,954 + 1) = 13,3 \cdot 0,037 = 0,60 \text{ кгс}/\text{см}^2$. На пористой диафрагме создают перепад давления $\Delta P = 0,60 \text{ кгс}/\text{см}^2$. Концентрация красителя в очищенном растворе 10 мг/л.

Производительность аппарата $Q=(55-10) \text{ мг}/\text{л} \cdot 0,011 \text{ л}/\text{мин} = 0,5 \text{ мг}/\text{мин}$.

Степень очистки раствора

$$\Pi = \frac{55-10}{55} \cdot 100 = 81,8 \%$$

Затраты электроэнергии на выделение 1 г красителя (напряжение на аппарате 80 В, ток 0,016 А)

$$W = \frac{0,016 \cdot 80}{0,5 \cdot 60} = 0,0426 \text{ Вт} \cdot \text{ч}/\text{мг} = 0,0426 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{г}.$$

Таким образом, степень очистки раствора по сравнению с известным способом увеличилась с 45,5 до 81,8% (в 1,8 раза) при увеличении производительности аппарата с 0,275 до 0,5 мг/мин (в 1,8). Затраты электроэнергии снизились с 0,194 до 0,0426 кВт ч/г (в 4,56 раза).

Пример 3. Для очистки воды от красителя прямого черного 2С (ПЧ 2С) используют электромембранный аппарат, в котором камера концентрирования отдала от камеры очистки пористой диафрагмой — бязью 247. Для бязи $K=0,012 \text{ см}^3/\text{кгс} \cdot \text{с}$. Абсолютная подвижность иона ПЧ 2С $U^0=5,1 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$. Рабочая поверхность пористой диафрагмы 10 см^2 . Объемная скорость потока раствора, подаваемого на очистку, $0,16 \text{ см}^3/\text{с}$. Напряженность электрического поля в камере очистки 45 В/см. Концентрация красителя в исходном растворе 45 мг/л. Для достижения глубины очистки раствора от красителя 10 мг/л рассчитывают ΔP ,

$$\Delta P = \frac{2 \cdot 0,16}{0,012 \cdot 10} \left(\frac{5,1 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \cdot 45}{0,16 \cdot I_{\text{н}} \cdot (10/45)} + 1 \right) =$$

$= 2,78 (-0,956 + 1) = 2,78 \cdot 0,044 = 0,12 \text{ кгс}/\text{см}^2$. Рассчитанное ΔP , $P=0,125 \text{ кгс}/\text{см}^2$ задают на пористой диафрагме. Концентрация красителя в очищенном растворе 11 мг/л.

Производительность аппарата $Q=(45-11) \cdot 0,0095 = 0,323 \text{ мг}/\text{мин}$
Степень очистки раствора

$$\Pi = \frac{45-11}{45} \cdot 100 = 75,6 \%$$

Затраты электроэнергии на выделение 1 г красителя (напряжение на аппарате 8 В, ток 0,023 А).

$$W = \frac{0,023 \cdot 80}{0,323 \cdot 60} = 0,095 \text{ Вт} \cdot \text{ч/мг} = 0,095 \text{ кВт} \cdot \text{ч/г.}$$

Таким образом, производительность аппарата по сравнению с известным способом увеличилась с 0,275 до 0,323 мг/мин (в 1,17 раз) при повышении степени очистки раствора с 45,5 до 75,6% (в 1,66 раза), а затраты электроэнергии снизились с 0,194 до 0,097 кВт·ч/г (в два раза).

В таблице представлены данные по реализации предложенного способа при использовании в электромембранном аппарате пористых диафрагм различной природы, различном перепаде давления ΔP на пористой диафрагме и напряжении на аппарате. При этом достигается высокая степень очистки раствора с одновременным достижением величины остаточной концентрации, соответствующей или ниже ПДК красителя (18 мг/л).

Сравнительный анализ эффективности предлагаемого и известного способов, представленный в таблице, показывает, что степень очистки раствора возросла с 45,5 до 67,2 – 100% (на 21,7–54,5%) при снижении энергозатрат на выделение красителя с 0,194 до 0,022–0,1 кВт·ч/г (в 8,9–1,9 раза). При этом производительность аппарата увеличилась с 0,275 до 0,323–0,5 мг/мин в 1,17–1,87 раза).

Формула изобретения

1. Способ очистки воды от органических веществ, включающий обработку воды в ап-

парате с ионообменными мембранами, снабженными неионообменными фильтрующими прокладками, отличающийся тем, что, с целью увеличения степени очистки и снижения энергозатрат, очистку ведут в аппарате с односторонними ионообменными мембранами, фильтрующая перегородка в котором установлена с зазором по отношению к мембранам, и очистку ведут при градиенте давления, направленном противоположно электромиграционному потоку органического вещества через фильтрующую перегородку, а величину перепада давления ΔP определяют по формуле

$$\Delta P = -\frac{2V}{K \cdot S} \left(\frac{U^0 \cdot E \cdot S}{C_{\text{вых}} \cdot V \cdot I_{\text{нСисх}}} + 1 \right).$$

где V – объемная скорость потока воды, подаваемой на очистку, см³/с;

S – рабочая поверхность мембраны, см²;

K – коэффициент пропорциональности, зависящий от гидродинамического сопротивления фильтрующей перегородки, см³/кгс·с;

U^0 – абсолютная подвижность органического иона в интервале (4,5–8,0)·10⁻⁴, см²/В·с;

E – напряженность электрического поля, В/см;

$C_{\text{исх}}$ – концентрация органической примеси в исходном растворе, кг/л;

$C_{\text{вых}}$ – концентрация органической примеси в очищенном растворе, мг/л.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в качестве фильтрующей перегородки используют ультрафильтрационные мембраны на основе ацетата целлюлозы или тканевые материалы.

Пористая диафрагма, используемая в электромембранном аппарате	Удаляемый краситель	Перепад давления на диафрагме, кгс/см ²	Напряжение на аппарате, В	Производительность аппарата, мг/мин	Степень очистки раствора, %	Остаточная концентрация красителя в очищенном растворе, мг/л	Затраты электроэнергии на удаление красителя кВт.ч/г
Известный							
—	ПКС 2С	—	80	0,275	45,5	30	0,19
Предлагаемый способ							
Бязь 247	ПКС 2С	0,13	40	0,37	67	18	0,022
То же	То же	0,13	50	0,42	73	15	0,032
—	—	0,13	80	0,46	76	13	0,04
—	—	0,13	109	0,55	91	5	0,095
—	—	0,13	120	0,55	100	0	0,10
УПМ-55П	—	0,60	80	0,515	81	10	0,042
Бязь 247	ЛЧ 2С	0,13	80	0,323	75,6	11	0,095
То же	То же	0,30	80	0,342	80	9	0,094
—	—	0,40	80	0,35	82	8	0,091

1637225

Редактор Т.Иванова

Составитель Л.Иоффе
Техред М.Моргентал

Корректор А.Осауленко

Заказ 1074/ДСП

Тираж 408

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул.Гагарина, 101

