

**В. В. БЕРЕЗУЦКИЙ**, докт. техн. наук., проф., НТУ «ХПИ», Харьков  
**Н. Л. БЕРЕЗУЦКАЯ**, канд. техн. наук., доц., ХНУРЭ, Харьков

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ЧАСТИЦ НА ПРОЦЕССЫ ЭЛЕКТРООКИСЛЕНИЯ

У статті розглянуті питання визначення електрокінетичного поверхневого заряду частинок, які необхідно враховувати при розрахунку процесів і устаткування електроокислення бактерій у виробничих водних емульсіях. На підставі виконаних розрахунків, запропоновані підходи до конструювання електроокислювальних пристроїв.

**Ключові слова:** емульсії, бактерії, міцели, поверхневий заряд, електроокислення, електролізні гази, флотація.

В статье рассмотрены вопросы определения электрокинетического поверхностного заряда частиц, которые необходимо учитывать при расчете процессов и оборудования электроокисления бактерий в производственных водных эмульсиях. На основании выполненных расчетов, предложены подходы к конструированию электроокислительных устройств.

**Ключевые слова:** эмульсии, бактерии, мицеллы, поверхностный заряд, электроокисление, электролизные газы, флотация.

The questions of determination of electrokinetic superficial charge of particles which must be taken into account at the calculation of processes and equipment of electro-oxidization of bacteria in production water emulsions are considered in the article. On the basis of the executed calculations, offered approach to constructing of electro-oxidizing devices.

**Keywords:** emulsions, bacteria, micelly, superficial charge, electro-oxidization, electrolysis gases, flotation.

Величина электрического тока определяет скорость доставки бактерий к поверхности электродов окислителей. Особенно это важно при обеззараживании больших объемов водных сред, т.к. высокая линейная скорость потоков жидкости в межэлектродном пространстве ограничивает время вероятного контакта бактерий с окислительной поверхностью электродов (время контакта 1 - 5 с).

Исходя из этого вытекает необходимость определения  $\zeta$ -потенциала бактерий и их электрофоретическую подвижность в СОЖ определенного типа. Определяется это исходя из того, что бактерии в водных средах находятся в межмицеллярных пространствах и мицеллах, образованных комплексами типа "вода - масло - частицы загрязнений", "вода - эмульгатор - масло", "масло - вода" и т.д.. Определяя электрофоретическую скорость мицелл, мы можем определить скорость их доставки к поверхности электродов-окислителей.

Измерения  $\zeta$ -потенциала мицелл проводились в соответствии с методикой и приборным оборудованием, описанных в литературе [ 44,45 ].

Результаты замеров и расчетов приведены в табл. 1. Приложенное напряжение 30 В соответствует напряжению промышленного выпрямителя электрического тока (ТВР или ВАКР).

Зная линейную скорость перемещения мицелл ( $U_n$ ) в электрическом поле, легко определить время прохождения мицеллами расстояния между двумя электродами, находящимися друг от друга на расстоянии  $l_3 = 0,01$  м (расстояние между электродами в промышленных электролизерах, используемых для очистки и обеззараживания вод).

$$t_y = \frac{l_3}{U_n} = \frac{0,01}{0,114 \cdot 10^{-3}} = 87 \text{ с} \quad (1)$$

Аналогично:  $t_T = 40,5 = 41 \text{ с}$

где:  $t_y$  - время прохождения мицеллами СОЖ типа "Укринол";

$t_T$  - время прохождения мицеллами триэтаноламина.

Разработка оборудования обеззараживания бактерий для производственных установок с объемной скоростью воды более  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$  выполнялась на основании следующих исходных данных: предприятие ГПЗ-8, г. Харьков ; водные среды на основе триэтаноламина; расход воды -  $500 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; цеховая емкость хранения СОЖ; площадь поперечного сечения  $1,2 \times 5 \text{ (м}^2\text{)}$ , длина емкости - 10 м. В емкости оседает осадок и ежемесячно извлекается со дна емкости (1 - 2 т).

Таблица 1. Значения параметров  $\zeta$ -потенциала и электрофоретической скорости мицелл в эмульсии

Характеристика мицелл СОЖ	Линейная скорость перемещения частиц в эл. поле, $10^{-3} \text{ м/с}$	Электрофоретическая скорость, $10^{-8} \text{ м/с}$	Величина $\zeta$ -потенциала, мВ
Триэтаноламин	2,47	8,2	114
СОЖ типа "Укринол"	0,114	3,8	53

Основная цель расчета заключается в создании условий работы электродных пар, при которых будет обеспечено перемещение мицелл в межэлектродном пространстве с обязательным контактом их с поверхностью электродов - окислителей и тем самым будет достигнут необходимый эффект окисления бактерий.

Условия перемещения мицелл из крайних левых, правых, верхних и нижних положений в потоке воды, в межэлектродном пространстве, должны иметь окислительный контакт до выхода их из этого пространства. Вероятность контакта будет определяться линейной скоростью потока воды ( $V_n$ ), линейной скоростью перемещения мицелл в электрическом поле ( $V_э$ ), флотационной скоростью частиц, всплывающих на поверхность жидкости ( $V_ф$ ) и скоростью осаждения мицелл в межэлектродном пространстве под действием сил гравитационного осаждения ( $V_г$ ). Учитывая, что  $V_г$  значительно меньше остальных параметров, ею можно пренебречь. Под действием электрического поля в межэлектродном пространстве образуются вихревые потоки в результате возникновения электролизных токов и всплывания газовых пузырьков. Сопротивление потоку жидкости, при образовании вихревых потоков в межэлектродном пространстве, уменьшается примерно в 2-3 раза, что определяет увеличение линейной скорости перемещения мицелл в вертикальном и горизонтальном направлениях.. Необходимо определить линейную скорость потока ( $V_n$ ) при размещении электродов - окислителей в емкости.

$$V_{\text{л}} = \frac{Q}{S} = \frac{0,138}{6} = 0,023 \text{ (м/с)} \quad (2)$$

где: Q - расход воды, м<sup>3</sup>/с (500 м<sup>3</sup>/ч);

S - площадь поперечного сечения емкости, м<sup>2</sup>.

Следовательно, можно обеспечить окислительный контакт мицелл по длине электродной пластины окислителя ( $L_{\text{пл}} = 0,5 \text{ м}$ ) с  $L_3 = 0,05 \text{ м}$  за время 20 с, однако, это не обеспечит окислительный контакт перемещения мицелл в межэлектродном пространстве (т.к. перемещение мицелл в межэлектродном пространстве длится 41 с). Поэтому, в данной ситуации лимитирующим показателем будет скорость перемещения мицелл в межэлектродном пространстве. Для этого предлагается увеличить размеры электродных пластин по длине до 1 м, или уменьшить скорость потока в 2 раза.

Флотационная скорость частиц мала, однако за счет флотации электролизных газов скорость увеличивается и становится достаточно существенным показателем, определяющим вероятность контакта мицеллы при перемещении ее по вертикали. Исследования показали, что средняя скорость подъема мицелл в межэлектродном пространстве находится в диапазоне 0,1 - 0,5 м/с. Принимая во внимание максимальное значение скорости подъема - 0,5 м/с, определяем высоту электродной пластины ( $H_3$ ):

$$H_3 = V_{\text{ср}} * t = 20,5 \text{ м} \quad (3)$$

Отсюда следует вывод, что перемещение в межэлектродном пространстве по вертикали должно быть ограничено, т.к. разместить пластины в типовой цеховой емкости при таких размерах пластин невозможно. Поэтому, предлагается установить пластины высотой равной высоте цеховой емкости ( $H_3 = 1,2 \text{ м}$ ), учитывая тот факт, что после подъема на поверхность жидкости мицеллы будут перемещаться только в горизонтальном направлении и роль вертикального перемещения будет незначительна. Практически все мицеллы, участвующие в вертикальном перемещении поднимутся вверх за время 9-10с.

Анализируя все вышесказанное, можно предложить следующий вариант конструкции электроокислительной установки [3,4]. На входе в емкость выполняется приемный карман, где собираются взвешенные вещества; далее - плавный переток в межэлектродные пространства электродов, установленных на изоляторах в емкости. Над электродами устанавливается устройство сбора пены и взвешенных веществ. В соответствии с техническим заданием и инструкцией на технологический процесс по очистке и обеззараживанию СОЖ на предприятии ГПЗ-8 г. Харькова, была проведена отработка технологического процесса в лабораторных условиях. Отработка технологического процесса осуществлялась с использованием лабораторной установки, моделирующей промышленную конструкцию. Элементами моделирования были выбраны: электродная пара (катод и анод), выполненные из нерастворимого при электролизе металла, и корпус электродной ячейки, выполненный из органического стекла. Основными параметрами моделирования были выбраны: расход обрабатываемой СОЖ (м<sup>3</sup>/ч); величина электрического тока, (А); размеры электродных пластин (площадь их поверхности) (м<sup>2</sup>); расстояние между электродами (м); количество электродных блоков или количество электродных пластин. Количество электродных пластин и площадь поверхности

электродов моделировались, исходя из основного требования - обеспечение контакта мицелл с поверхностью электрода-окислителя. Основным показателем этого является скорость перемещения потока СОЖ и мицелл под действием электрического поля в межэлектродном пространстве. На рисунке показана схема перемещения мицеллы в электрическом поле в движущемся потоке жидкости. Лучшими условиями окисляющего контакта является результирующая векторов скоростей  $V_p$ , которая обеспечит контакт частиц в области от точки Б до В. При анализе этих условий необходимо выбирать начальное положение мицелл в области точки А, как наиболее удаленной от электрода - окислителя.

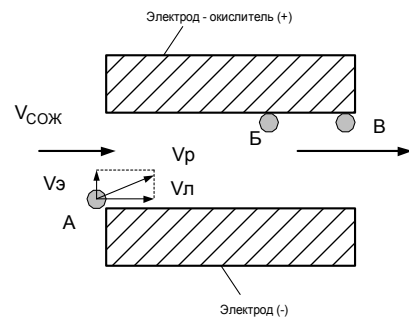


Рис. Схема перемещения мицелл в движущемся потоке СОЖ

Окисление мицелл может происходить и без контакта с поверхностью электродов, а под действием электролизных газов. Эти факторы позволяют повысить вероятность протекания процесса окисления, т.к. при этом возрастает вероятность окислительного контакта. Измерения электрофоретической подвижности мицелл в СОЖ на основе

этанолamina показали, что электрофоретическая подвижность в среднем равна  $2,5 \cdot 10^{-4}$  м/с. Исходя из этих данных можно определить время прохождения мицеллы от одной пластины перпендикулярно к другой, при расстоянии между пластинами равном  $2 \cdot 10^{-2}$  м, по выражению (1):

$$t = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{2,5 \cdot 10^{-4}} = 80 \text{ (с)}$$

При объемной скорости СОЖ в канале, равной  $250 \text{ м}^3/\text{ч}$ , и площади поперечного сечения канала  $0,25 \text{ м}^2$  линейная скорость потока, в соответствии с выражением (2), будет равна  $1000 \text{ м/ч}$  ( $0,277 \text{ м/с}$ ). Отсюда за 80 с бактерии пройдут путь равный  $L_m = 0,277 \times 80 = 22,16 \text{ (м)}$ . Однако суммарная длина электродных пластин в одном канале равна  $L_{\text{п}} = 0,7 \times 3 = 2,1 \text{ (м)}$ .

Следовательно, необходимо уменьшить объемную и линейную скорость потока. Исходя из требования  $L_{\text{п}} = 2,1 \text{ м}$ , определим необходимые линейную (V) и объемную скорости (Q):

$$V = \frac{l_m}{t} = \frac{2,1}{80} = 0,0263 \text{ (м/с)}, \quad (4)$$

отсюда:

$$Q = V \cdot S = 0,0263 \times 0,25 = 0,00656 \text{ м}^3/\text{ч} = 23,6 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (5)$$

Обеспечивается это организацией байпасной линии с вентилем, который позволяет регулировать скорость подачи СОЖ на обеззараживание в каналы, где расположены электродные блоки.

**Список литературы:** 1. Кульский Л.А. Химия и микробиология воды / Кульский Л.А., Левченко Т.М., Петрова М.В. – К.: Вища школа, 1976. – 115 с. 2. Монченко Е. Микробиология и гидробиология природных и сточных вод / Е. Монченко – Новочеркасск: 1974. – 201 с. 3. Березуцкий В.В. Электрокоагуляционная очистка сточных вод предприятий / В.В. Березуцкий – Машиностроитель, 1989. – № 3 – С. 10-11. 4. Березуцкий В.В. Обеспечение

безопасности при применении водных технологических эмульсий и растворов на производствах в металлообрабатывающих технологиях: [ монография]/В.В.Березуцкий.- Харьков: Факт, 2009.-400 с.

*Поступила в редколлегию 11.01.2012*

**УДК 504.45:628.162:628.3**

**М. Д. ГОМЕЛЯ**, докт.техн.наук, проф.,зав.каф., НТУУ «КПІ», Київ

**О. В. ГОЛТВЯНИЦЬКА**, асп., НТУУ «КПІ», Київ

**Т. О. ШАБЛИЙ**, канд.техн.наук,доц., НТУУ «КПІ», Київ

## **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ АНІОНІТІВ В МАЛОВІДХОДНИХ ПРОЦЕСАХ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД НІТРАТІВ**

В роботі приведено результати іонообмінного вилучення нітратів з води. Визначено ефективність високо- та низькоосновних аніонітів при вилученні з води нітратів. Визначено умови регенерації аніонітів з отриманням продуктів, придатних для використання.

**Ключові слова:** нітрати, іонний обмін, аніоніти.

В работе приведены результаты ионообменного извлечения нитратов из воды. Определена эффективность высоко- и низкоосновных анионитов при извлечении из воды нитратов. Определены условия регенерации анионитов с получением продуктов, пригодных для употребления.

**Ключевые слова:** нитраты, ионный обмен, аниониты.

This paper presents the results of ion exchange extraction of nitrates from water. The efficiency of strong and weak basic anion exchange resins for nitrate removal was determined. The condition for regeneration of anion exchange resins to produce products suitable for consumption was determined.

**Keywords:** nitrates, ion exchange, anion exchange resins.

### **1. Вступ**

На даний момент однією з найбільш актуальних екологічних проблем України є забруднення водного басейну. Значна частина населення на сьогодні споживає неякісну питну воду. Причиною цього є антропогенне забруднення води. Частіше за все забруднення водойми призводить до суттєвого підвищення рівня мінералізації води, значного підвищення її жорсткості. Досить гострою проблемою є забруднення водойм та підземних вод нітратами. Підвищення вмісту нітратів у воді відбувається як за рахунок природних, так і антропогенних факторів [1-3]. Особливо гостро стоїть проблема забруднення води нітратами при водозабезпеченні сільського населення. Небезпечні нітрати і для поверхневих водойм, так як можуть спричиняти незворотні процеси в розвитку їх біоценозів. Тому важливою задачею є створення ефективних технологій очищення від нітратів як стічних, так і природних вод.

На сьогодні для вилучення з води нітратів застосовують біологічні [3,4], іонообмінні [5], адсорбційні [6], електрохімічні [4,7,8], баромембранні [4] методи очищення води та методи каталітичного хімічного відновлення [9].

Проте розглянуті методи мають ряд суттєвих недоліків. Біологічний розклад нітратів проходить повільно, недостатньо ефективний та неприйнятний для