



## Методический подход к выбору конструктивных параметров электродиализного безмембранного аппарата для регенерации растворов, содержащих электролиты

В работе уточнены исходные условия применения электродиализатора с изолирующими экранами вместо мембран. Предложен методический подход определения конструктивных параметров данного аппарата. Ил. 1. Библиогр.: 5 назв.

**Ключевые слова:** электродиализ, электрохимическая регенерация, электролиты, мембраны, изолирующие экраны, конструктивные параметры

In this study the initial conditions of usage of electrodiolysis apparatus with insulating screens instead of the membranes are specified. The methodical approach to determine the design parameters of this unit is suggested.

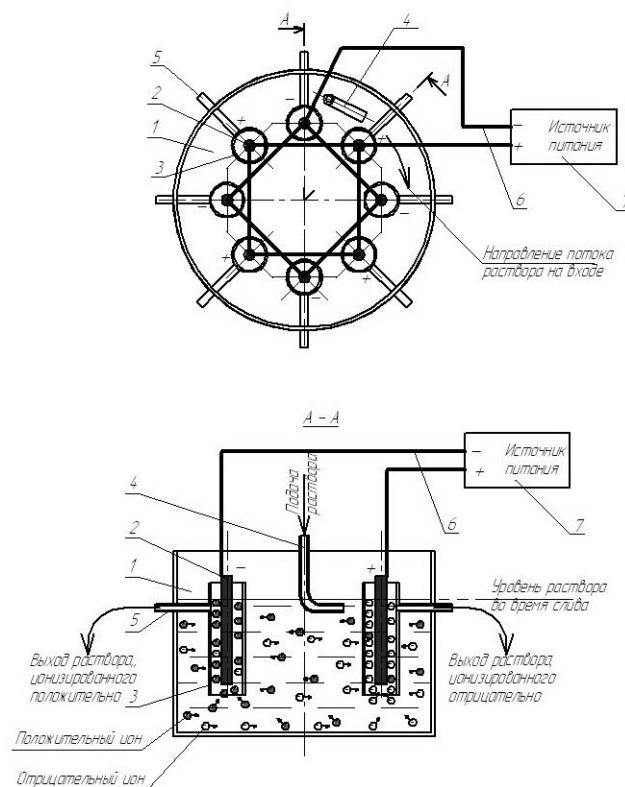
**Keywords:** electrodiolysis, electrochemical regeneration, electrolytes, membranes, insulating screens, design parameters

### Актуальность

Одной из важных экологических проблем металлургической промышленности является обращение с экологически опасными отработанными растворами, содержащими электролиты. В работах [1, 2] предложен усовершенствованный способ электрохимической регенерации указанных растворов и аппарат для его осуществления, представляющий электродиализатор с изолирующими экранами вместо мембран (рисунок). Предложенный способ и оборудование позволяют избавиться от недостатков, присущих классическому электродиализу: больших затрат электроэнергии, концентрационной поляризации, применения дорогостоящих мембран. Повышение производительности и удешевление процесса регенерации достигается за счет упрощения конструкции аппарата и отказа от использования пористых перегородок (мембран), что обеспечивает исключение их засорения, а, следовательно, избавляет от необходимости периодической очистки и замены перегородок. Снижение затрат электроэнергии достигается за счет отсутствия мембран, в связи с чем нет необходимости преодолевать их сопротивление. Исключается необходимость предварительной подготовки (очистки) регенерируемого электролита от взвешенных частиц, вызывающих засорение пор мембран. А изменения способа отбора продуктов электродиализа исключает необходимость установки химически стойкого оборудования для перекачивания продуктов регенерации.

**Постановка задачи** - практическое внедрение предложенного способа и оборудования вызвало необходимость определения оптимальных конструктивных размеров элементов основного аппарата (электродиализатора).

**Цель** - предложить методику расчета конструктивных размеров электродиализатора с изолирующими



**Рисунок. Схема оборудования:** 1 – емкость с регенерируемым раствором; 2 – графитовые электроды; 3 – экраны из химически стойкого электроизоляционного материала (стекло, пластмасса и т.п.); 4 – трубопровод подачи регенерируемого раствора; 5 – переливные трубопроводы; 6 – соединяющие электрические провода; 7 – электрический источник питания

**Основная часть**

**1. Исходные условия**

1.1. Электрохимическая регенерация осуществляется в сточных водах или отработанных электролитах одного технологического процесса (без перемешивания отработанных растворов, содержащих отходы разных производств).

1.2. Технологический процесс осуществляется, как правило, на базе регламентированных технологий (например, технологии травления металлов с использованием кислотных электролитов и последующей промывкой этих деталей регламентируемым инструкцией количеством воды), с известными максимально возможными процентными концентрациями загрязнителей в промывочной жидкости.

1.3. В качестве базовых конструкций для монтажа установок электродиализного разделения используются существующие технологические емкости (например, существующие цеховые отстойники) с известными конструктивными размерами. При проектировании новых производств конструктивные размеры основных технологических емкостей осуществляются по известным проектным методикам (например, по методике определения требуемой емкости цеховых отстойников [3]) с учетом объемов предполагаемого производства.

1.4. Электротехнические параметры конструктивных элементов определяются с учетом действующих нормативов по электробезопасности: требование ПУЭ (правил устройства электроустановок, п.1.1.32 [4]) по безопасному напряжению электроустановок постоянного тока – до 110 В. При этом, учитывая повышенную электрическую опасность проектируемой технологии и с целью снижения токовых нагрузок, зависящих от электропроводности (концентрации) электролита, можно рекомендовать использование стабилизированных источников постоянного тока с максимальным значением выходного напряжения 60В согласно рекомендациям ДБН В.2.5-27-2006 «Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд», п.2.3.1.1 [5].

1.5. Теоретическое количество электричества  $Q_{теор}$ , расходуемого на перенос 1 г-экв вещества по закону Фарадея равно 26,8 А·ч или 96491 Кл, а количество электричества, А·ч, необходимого для деминерализации 1 м<sup>3</sup> воды от концентрации  $C_1$  до концентрации  $C_2$  (г-экв/м<sup>3</sup>), будет определяться по формуле

$$Q_{теор} = (I \cdot t)_{теор} \cdot (C_1 - C_2), \quad (1)$$

где  $I$  - сила тока, пропускаемого через раствор, А;  
 $t$  - время, ч.

На практике при реализации электродиализа наблюдаются потери напряжения на преодоление омических сопротивлений в ячейках и на электродах, поэтому потребляемое фактическое количество электричества превышает теоретическое. Степень совершенства электродиализа характеризуется *коэффициентом выхода по току*  $h_t$ . Значение  $h_t$  теоретически изменяется в пределах от 0,3 (для неактивных мем-

бран) до 1,0 (в идеальном процессе). Потери напряжения на электродах существенно превышают потери на омическое сопротивление в растворе. Для снижения перечисленных потерь до 3-5 % применяются многокамерные электродиализаторы, состоящие из большого числа камер (до 300 шт.). Это необходимо так же для обеспечения приемлемого времени электродиализа при заданных величинах безопасного напряжения источника питания, при которых скорость перемещения ионов не превышает 0,004 см/с. (необходимо обеспечить минимально возможные расстояния между отдельными ячейками электродиализатора - экран с электродом).

**2. Методика расчета**

2.1. По конструктивным размерам базовых технологических емкостей (расчетным объемам и глубине цеховых отстойников) и предполагаемой процентной концентрации загрязнителей в регенерируемом растворе определяются конструктивные размеры разделительных экранов. При этом:

2.2. Высота экранов определяется глубиной технологической емкости: размер их погруженной части должен быть меньше глубины емкости:

- на величину планируемого (задается конструктивно с учетом планируемой периодичности очистки) допустимого уровня осевшего на днище нерастворимого осадка;

- так же – на величину, обеспечивающую кольцевой зазор с площадью, не менее (или равной) расчетной площади поперечного сечения экрана (см. ниже п.2.1.2).

Высота экранов над максимально возможным уровнем нейтрализуемого раствора должна обеспечивать исключение перелива во внутренний объем как собственно раствора, так и плавающих загрязнителей на его поверхности (задается конструктивно).

2.1.2. Суммарный внутренний объем разделительных экранов от низа до уровня нейтрализуемого (регенерируемого) раствора (уровня переливных отверстий) ( $V_{внутр.}$ ) определяется путем умножения объема основной технологической емкости ( $V_{ванны}$ ) на процентную концентрацию загрязнителей:

$$V_{внутр.} = V_{ванны} \cdot \omega, \quad (2)$$

где  $\omega$  – процентная концентрация загрязнителей, выраженная в долях единицы.

2.1.3 Объем отдельного экрана получаем путем деления общего внутреннего объема экранов на их количество (см. выше п.1.5), которое определяется конструктивно: по площади поверхности основной технологической емкости и минимальным размерам таких элементов электродиализатора, как электроды (их минимально возможный наружный диаметр). При этом предусматривается равномерное размещение экранов с электродами по площади основной технологической емкости. Внутренний диаметр разделительного экрана получаем по известным геометрическим формулам для расчета объема цилиндра, с учетом вычитаемого объема электрода.

2.1.4 Расчет требуемого значения напряжения источника питания  $U$  и токов  $I$ , протекающих по электродам (для проверки допустимости выбранных сечений электродов) выполняем по необходимому времени цикла, определяемому по скорости поступления отработанных стоков из формулы (1)

$$I = \frac{Q_{\text{теор.}}}{t_{\text{теор.}} \cdot (C_1 - C_2)}, \quad (3)$$

$$U = I \cdot R, \quad (4)$$

где  $R$  – сопротивление цепи тока (определяется с учетом удельного сопротивления раствора).

#### Выводы

1. Электродиализный аппарат с изолирующими экранами вместо мембран может быть применен для регенерации сточных вод и технологических растворов, образующихся в различных отраслях промышленности и имеющих различный качественный и количественный состав загрязнителей. В связи с чем, геометрические размеры электродиализатора не могут быть унифицированы.

2. Конструктивные параметры элементов электродиализного аппарата с изолирующими экранами вместо мембран определяются расчетным путем для каждого конкретного случая и зависят от размеров базовых технологических емкостей и концентрации загрязнителей в регенерируемом растворе.

3. Высота изолирующего экрана зависит от глубины технологической емкости, уровня отстоящего осадка и величины поперечного сечения экрана. Количество экранов определяется конструктивно и зависит от площади поверхности основной технологической емкости, количества и размеров электродов.

#### Библиографический список

1. Пат. № 90182 Україна, МПК<sup>9</sup> B01D61/42. Спосіб розділення компонентів розчинів відпрацьованих електролітів при їх регенерації шляхом електролізу і пристрій для його здійснення / Бобилев В.П., Котляров В.В., Матухно О.В.; заявник та власник Національна металургійна академія України. - № а 2008 06794; заявл. 19.05.2008; опубл. 12.04.2010, Бюл. № 7.

2. Розробка способу та пристрою для розділення компонентів розчинів відпрацьованих електролітів при електрохімічній регенерації / Бобилев В.П., Матухно О.В., Туріщев В.В., Белоконь К.В. // Новини науки Придніпров'я. – 2012. - № 6. – С. 41-44.

3. Канализация. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.03-85. – [действителен с 1986-01-01, с изм. 1 от 2000-03-23]. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 72 с.

4. Правила устройства электроустановок (ПУЭ-2009). – Харьков: Форт, 2009. - 704 с.

5. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. – К.: Мінбуд України, 2006. – 156 с.

Поступила 06.02.2013

УДК 662.7.622

Ляшенко В.И. /к.т.н./

ГП «УкрНИПИИПромтехнологии»

Наука

## Инновационные технологии обращения с отходами уранового производства<sup>1</sup>

*Приведены основные научные и практические результаты исследования и разработки инновационных технологий обращения с отходами уранового производства на основе их использования для заполнения выработанных пространств и карт поверхностных хвостохранилищ в иммобилизованном (отвердевшем) виде, разработанные специалистами отрасли и ведущими научными центрами Украины, а также другими странами СНГ. Ил. 4. Табл. 5. Библиогр.: 5 назв.*

**Ключевые слова:** урановые месторождения, инновационная технология, обращение с отходами, выработанное пространство, хвостохранилища, иммобилизация (отверждение)

*The main scientific and practical results of research and development of innovative technologies for uranium production waste treatment are given on the basis of their usage for filling waste areas and maps of surface tailings facilities in immobilization (hardened) form developed by industry experts and leading research centers of Ukraine and other CIS countries.*

**Keywords:** uranium deposits, innovation technology, waste treatment, waste area, tailings facility, immobilization (hardening)

#### Актуальность проблемы

При отработке урановых месторождений подземным способом широко применяются системы с за-

кладкой выработанного пространства твердеющими смесями. Затраты на закладочные работы в себестоимости добычи руды составляют 11-13 %, при этом

<sup>1</sup> Работа выполнена по материалам доклада автора на XI-ой международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», которая состоялась в Усть-Каменогорске (Восточно-Казахстанский государственный технический университет) 18-21 сентября 2012 г.