

*Ключевые слова:* теплообменник, сушка, энтальпия, энергосбережение.

### Summary

Efficiency using of heat exchanger is estimated in the process of drying of fibrous materials in different conditions of its work.

*Key words:* heat exchanger, drying, enthalpy, energy-saving.

УДК 631.223.2:631.371:621.311:541.135.21

## ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МОЮЩИХ И ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ РАСТВОРОВ

**Д.А. Григорьев, П.Ф. Богданович**

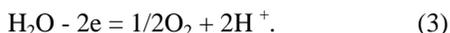
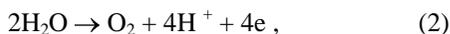
УО «Гродненский государственный аграрный университет»  
г. Гродно, Республика Беларусь

Электротехнология обработки водных растворов обеспечивает возможность одновременного получения двух фракций: кислотной (анодит) и щелочной (катодит), которые могут быть использованы для проведения санитарной обработки оборудования в животноводстве. Моющие и дезинфицирующие свойства получаемых растворов обусловлены присутствием необходимых химических соединений и веществ, концентрация которых зависит от направления и интенсивности электродных процессов и электрохимических реакций.

*Анодные процессы* условно могут быть разделены на первичные и вторичные электрохимические реакции. В начале обработки наиболее вероятной является реакция образования кислорода, протекающая в результате разряда ионов гидроксила более подвижных чем анионы солей по реакции:



или прямого разряда молекул воды:



Начальная фаза процесса характеризуется резким увеличением кислотности анолита. При смещении рН анолита в кислую сторону и повышении концентрации анионов соли увеличивается вероятность их

разряда. Анионы кислородосодержащих кислот ( $SO_4^{2-}$  и др.), имеющие высокий потенциал окисления, практически не способны разряжаться у анода. Не смотря на то, что равновесный потенциал реакции образования хлора положительнее потенциала реакции образования кислорода, высокое кислородное перенапряжение обеспечивает одновременное их выделение на аноде, а иногда и преимущественное выделение хлора по протекающей в две фазы и включающей промежуточное образование атомарного адсорбированного хлора реакции:



Первичные электродные реакции представляют собой вторую, после переноса ионов через диафрагму, фазу процесса электроактивации и обеспечивают развитие электродной системы по одному из возможных направлений. К вторичным относятся реакции, протекающие в результате взаимодействия продуктов первичных реакций как между собой так и с ионами раствора.

Интенсивность и направленность вторичных реакций зависит от целого ряда взаимосвязанных, а иногда и взаимоисключающих факторов (температуры и концентрации исходного раствора, определяемого исходным сырьем ионного состава, качеством материала анода, электрических и геометрических параметров электроактивационного оборудования и др.).

Результатом вторичных электродных реакций является образование кислот по уравнениям



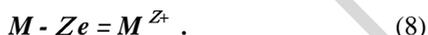
которые в общем виде выглядят как



Образование кислот возможно и без разряда анионов соли у анода. Так в случае с электролизом солей кислородосодержащих кислот их анионы ( $SO_4^-$  и др.) способны непосредственно взаимодействовать с ионами водорода с образованием серной кислоты. В то же время накопление анионов в прианодном пространстве обуславливает возникновение своеобразных защитных зон, ограничивающих доступ молекул воды к аноду. Поэтому преимущественное выделение кислорода и

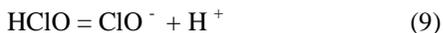
ионов водорода на аноде возможно лишь при очень малых плотностях тока, отвечающих интервалу потенциалов в пределах 0,8...1,3В. Увеличение потенциала до значения немного более положительного чем равновесный для хлора, как правило, сопровождается резким ростом тока и преимущественным выделением последнего.

Необходимо отметить, что анод только условно можно считать пассивным. В действительности же в большинстве случаев имеет место течение нежелательных электрохимических реакций с участием его материала, которые в общем случае могут быть представлены уравнением



Потенциал протекания данной реакции зависит от расположения материала анода в ряду электрохимических напряжений металлов, а также направления и интенсивности работы ячейки. Существенное увеличение напряжения выше потенциала разряда ионов металла, сопровождающееся изменением направления протекания электрохимических процессов, приводит к увеличению доли участия материала анода в электрохимических реакциях и его разрушению в результате электрохимической коррозии.

Продукты вторичных электрохимических реакций, которые являются достаточно активными по сравнению с исходной солью, в свою очередь также могут вступать во взаимодействие с компонентами раствора. Результатом этого взаимодействия могут стать нежелательные с точки зрения требуемых технологических свойств растворов процессы, связанные с протекающим в одну или несколько стадий распадом активных компонентов:



и далее



Катодные процессы также как и анодные можно условно разделить на несколько последовательных стадий.

Первая фаза катодного процесса также как и анодного характеризуется переносом ионов через ионопроницаемую диафрагму и накоплением их в приэлектродной зоне. Степень собственной диссоциации воды в нейтральном солевом растворе не высока, поэтому реакция разряда ионов  $H^+$  с образованием атомарного водорода в начальной фазе

процесса не имеет существенного значения. Подход ионов водорода из анодного пространства также является маловероятным. В то же время катионы соли, принимающие активное участие в переносе тока, сами не разряжаются у катода и в силу существенной разности потенциалов практически не препятствуют разряду молекул воды. При этом разряд молекул воды протекает с образованием ионов гидроксила и атомарного водорода с последующей его рекомбинацией в молекулы по каталитическому или электрохимическому механизму :

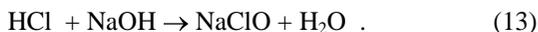


Потенциал реакции образования водорода очень невысок и она протекает с выходом по току близким к 100%. Побочные катодные реакции практически отсутствуют. Последовательное включение электродов ячейки обеспечивает равенство токов. Поэтому в балансе ячейки катодные процессы не являются лимитирующими не смотря на значительную разницу сдвига потенциалов катодной и анодной реакции в сторону от равновесного.

Вторая фаза катодного процесса характеризуется образованием щелочи в результате взаимодействия ионов гидроксила с катионами соли:



В то же время, процесс образования щелочи в католите лимитируется выходом в анолит обладающих высокой подвижностью и принимающих активное участие в переносе тока ионов гидроксила. Существенная разница в подвижности катионов соли и гидроксид ионов обуславливает возможность образования щелочи в любой области сечения ячейки. Результатом взаимодействия этой щелочи с кислотами анолита является образование гипохлоритов по формуле



В свою очередь гипохлорит в результате диссоциации распадается на ионы ( $\text{Na}^+ \text{ClO}^-$ ) и далее происходит восстановление соединений хлора, в том числе и в результате разряда аниона  $\text{ClO}^-$  на аноде по реакции (10). При существенном повышении температуры гипохлорит способен переходить в хлорат ( $\text{NaClO}_3$ ). Необходимо отметить, что реакции образования гипохлорита и хлората наиболее характерны для

электролиза без диафрагмы, когда существует возможность перемешивания электролита.

Таким образом, третья фаза процесса электроактивации характеризуется течением вторичных электродных реакций образования активных компонентов раствора, а также реакциями распада полученных веществ, что в совокупности с явлением концентрационной и химической поляризации обуславливает переход электрохимической системы в равновесное состояние, когда работа электрического тока, в основном, направлена на производство одного или ограниченного количества нескольких веществ. Все же остальные продукты электролиза находятся в состоянии своей предельной концентрации для данных условий, определяемой равновесными количественными характеристиками процессов их образования и распада. Дальнейшее течение процесса электролиза не обеспечивает качественных изменений системы и может характеризоваться как простое производство химических веществ электрохимическим методом. Для системы ( $\text{NaCl} - \text{H}_2\text{O}$ ) этими веществами являются хлор и водород.

Необходимо также отметить, что возможность увеличения количества получаемых веществ путем повышения интенсивности обработки ограничена скоростью диффузии ионов и молекул из раствора к поверхности электрода. Существует предельная плотность тока, при которой невозможно изменить скорость реакции изменяя приложенную разность потенциалов.

#### Литература:

1. Скорчеллетти В.В. Теоретическая электрохимия. - Л.: Химия, 1974.- 568с.
2. Измайлов Н.А. Электрохимия растворов.-М.: Химия.-1976.- 488 с.
3. Ротинян А.Л., Тихонов К.И., Шошина И.А.. Теоретическая электрохимия / Под общ. ред. А.Л.Ротиняна. - Л.:Химия, 1981.- 424 с.
4. Горбачев А.К. Основы технологии электролиза водных растворов без выделения металлов: Учебное пособие для студентов вузов. - Киев: Учеб.-метод. кабинет по высш. образов., 1991. - 163 с.
5. Практикум по электрохимии: Учеб. пособие для вузов/ Б.Б.Дамаскин, О.А.Петрий, Б.И.Павловченко и др.; Под ред. Б.Б.Дамаскина. - М.: Высшая школа, 1991. - 288 с.

#### Резюме

Теоретически обоснованы электрохимические реакции в процессе обработки солевых растворов в элементарной ячейке электротехнологического оборудования при получении моющих и дезинфицирующих средств для животноводства.

*Ключевые слова:* катодит, анолит, электроактивация, электрохимические реакции.

#### Summary

Electrochemical reactions during processing of salt solutions in the elementary cell of electrotechnological equipment at reception washing and disinfectants for animal industries are theoretically substantiated.

*Key words:* anolyte, catholyte, electroactivation, electrochemical reactions.

УДК 636.52/58.087.7

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРМОВ СОБСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В КОРМЛЕНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ**

**В.П. Кравцевич**

УО «Гродненский государственный аграрный университет»  
г. Гродно, Республика Беларусь

Птица занимает значительное место в животноводстве как интенсивный и перспективный продуцент биологически ценных белков.

Высокая экономическая эффективность птицеводства в условиях интенсивного крупного производства возможна при полноценном, сбалансированном по энергии и питательным веществам рациональном питании.

Рациональное питание снижает расходы на продукцию. Затраты корма составляют 70 % всех расходов на производство мяса. Действенность трансформации питательных веществ представляет, следовательно, один из важнейших экономических факторов в содержании птицы и получении от нее продукции.

Сбалансированное содержание энергии, протеина и других питательных веществ позволяет снижать потребление корма на единицу продукции.

Несбалансированность рационов по энергетической и протеиновой питательности ведет к перерасходу корма (на 25-30 %), что ухудшает экономические показатели.

Для обеспечения бройлеров нужным количеством азотистых веществ, аминокислот в кормовые смеси включают белковые корма животного происхождения (рыбная мука, сухое молоко, мясо-костная мука и другие).

Из белковых кормов растительного происхождения используют соевый и подсолнечниковый шроты, которые наша республика должна закупать, а это приводит к увеличению себестоимости продукции и снижению ее рентабельности.

В качестве белкового корма в последние годы в Республике используют рапс и продукты его переработки с низким содержанием