

4. Мовчан С.И., Бунина Л.Н. Условия образования сточных вод в ремонтном производстве предприятий АПК // Техничко-технологическое обеспечение инноваций в агропромышленном комплексе: матер. I Межд. научно-практ. конф. (Мелитополь, 22 ноября 2022 г.) / МГУ: ред. коллегия О.А. Ерёменко, С.А. Нестеренко, Н.И. Болтянская и [др.]. – Мелитополь: МГУ, 2022. – 419 с. С. 177- 182.
5. Технологическое оборудование в схемах очистки сточных вод, образующихся от ремонтных предприятий АПК / С.И. Мовчан, Л.Н. Бунина // Техничко-технологическое обеспечение инноваций в агропромышленном комплексе: материалы I Международной научно-практической конференции молодых ученых (Мелитополь, 27-28 февраля 2023 г.) / МГУ: ред. кол. О.А. Еременко, С.А. Нестеренко, Н.И. Болтянская [и др.]. - Мелитополь: МГУ, 2023. - 516 с. С. 365-367.
6. Гириоль М.М. Интенсификация процесса доочистки сточных вод фильтрованием. Дис. ... докт. техн. наук / Научный консультант д.т.н., проф. Журба М. Г.; ХИСИ. – Х., 1993. – 384 с.
7. Кобылянский В.Я. Методы и аппаратура биотестирования воды для интенсификации работы систем водоснабжения и канализации. Дис. ... к. т. н. / Научн. руковод. проф. Петросов В.А.; ХГТУСА. – Х., 2001. – 473 с.
8. Петросов В.А. Теоретическое обоснование и разработка методов интенсификации работы систем водообеспечения. Дис. ... д. т. н. ХГТУСА. – Х., 1993. – 139 с.
9. Тельнов Н.Ф. Технология очистки сельскохозяйственной техники. М.: Колос, 1983. 256 с.
10. Батищев А.Н., Голубев И.Г., Лялякин В.П. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники. – М.: Информагротех, 1995. – 295с.
11. Ежевский А.А., Черноиванов В.И., Федоренко В.Ф. Тенденции машинно-технологической модернизации сельского хозяйства. - М.:ФГНУ «Росинформагротех», 2010.-288с.
12. Черноиванов В.И., Лялякин В.П., Голубев И.Г. Инновационные проекты и разработки в области технического сервиса. - М.:ФГНУ «Росинформагротех»,2010. - 95с.

УДК 628.349.087.7

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ СВИНЦА ИЗ ПРОМЫВНЫХ ВОД МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА**

*М.М. Рипная*

ассистент, ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», Макеевка, РФ, yalalova-rita@mail.ru

### **Аннотация**

Изучен процесс извлечения свинца из промывочных вод методом электролиза. Определено, что с разбавлением борфтористоводородного электролита, снижается допустимая плотность тока, необходимая для равномерного осажде-

ния свинца на катоде. Установлена зависимость допустимой плотности тока от концентрации соли свинца в промывочной воде. Показано, что с уменьшением концентрации свинца в растворе в геометрической прогрессии снижается допустимая плотность тока и выход по току. Исходя из этого, целесообразно использовать электролиз при минимальной концентрации соли свинца в растворе равной 2,5 г/л.

**Ключевые слова:** свинцово-кислотные аккумуляторы, очистка, свинец, промывочные воды, электролиз.

## STUDY OF THE PROCESS OF EXTRACTION OF LEAD FROM WASH WATER BY ELECTROLYSIS METHOD

*M. M. Ripnaya*

### Abstract

The process of extracting lead from wash water by electrolysis has been studied. It has been determined that with the dilution of the hydrofluoride electrolyte, the permissible current density required for uniform deposition of lead on the cathode decreases. The dependence of the permissible current density on the concentration of lead salt in the wash water has been established. It has been shown that with a decrease in the lead concentration in the solution, the permissible current density and current efficiency decrease exponentially. Based on this, it is advisable to use electrolysis with a minimum concentration of lead salt in solution equal to 2.5 g/l.

**Keywords:** lead-acid batteries, cleaning, lead, wash water, electrolysis.

**Введение.** Производство по переработке свинцово-кислотных аккумуляторов (СКА) является одним из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды, главным образом поверхностных и подземных водоемов, ввиду образования большого объема сточных вод, содержащих вредные примеси тяжелых металлов и фторсодержащие компоненты.

На аккумуляторных заводах средней мощности образуется до 2500 м<sup>3</sup>/сут. сточных вод, содержащих соли свинца в количестве 15 – 20 мг/л [1].

На заводах кислотных аккумуляторов количество загрязненных сточных вод, требующих очистки, колеблется, в значительных пределах (от 1 до 10 тыс. м<sup>3</sup>/сут) [2]. Сброс воды производится как постоянно, так и периодически (отработавшие растворы). Содержание в воде различных компонентов резко меняется в течение суток.

Цель работы - изучение процесса извлечения свинца из промывных вод, образующихся при переработке свинцово-кислотных аккумуляторов, в борфтористоводородном электролите.

К тяжелым металлам, содержащимся в промывочных водах, относят свинец. Он может присутствовать в воде в растворимой форме в виде про-

стых или комплексных ионов. В нерастворимой форме он встречается в виде сульфида, карбоната, гидроксида и сульфата [3].

В зависимости от состава неорганических примесей и их концентрации в сточных водах применяют различные методы очистки, такие, как реагентные, ионообменные, электрохимические, электродиализные, ультрафильтрационные, обратный осмос, термические и т. д.

В настоящее время при очистке сточных вод, содержащих тяжелые металлы, наибольшее распространение получил реагентный метод[4].

Нейтрализацию промстоков проводят с помощью добавок различных реагентов: растворов кислот и щелочей, негашеной (CaO) и гашеной (Ca(OH)<sub>2</sub>) извести, каустической соды (NaOH), кальцинированной соды Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, аммиака (NH<sub>3</sub>OH), отходов производств, например, известково-карбонатного шлама и др.

Указано, что свинец является амфотерным металлом, т.е. может растворяться как в кислых, так и в щелочных средах. В работе [5] показано, что минимальная концентрация свинца при химическом осаждении наблюдается при pH=9,5. В источнике [6]указано, что такому металлу как свинец, требуется более высокий pH в диапазоне от 10 до 10,5 для эффективного осаждения гидроксида.

Началу выпадения в осадок гидроксида свинца соответствует pH = 6,0.

Избыток реагента может повышать pH и приводить к большей концентрации свинца в растворе по сравнению с минимальной концентрацией при pH равной 9,5-10,5.

Известно, что реагент-осадитель должен быть взят в избытке по сравнению с расчетным количеством [7]. Однако, не ясно какой избыток реагента необходимо использовать.

**Материалы и методы.** В работе определяли допустимую плотность тока на стандартной ячейке Хулла объемом 250 мл с использованием свинцовых анода и катода. Выход по току рассчитывали исходя из определенных в прямоугольной ячейке количества отложенного свинца на катоде при определенных силе тока, напряжении и времени электролиза при температуре 25 °С.

Кислотно-основное титрование электролита осуществляли 0,05 – 0,3 н раствором NaOH[8].Измеряли концентрацию свинца в растворе после осаждения гидроксида свинца гидроксидом натрия и фильтрования раствора. Измерения проводили фотоколориметрическим методом, основанном на взаимодействии иона свинца с сульфарсазеном с образованием комплексного соединения, окрашенного в желто-оранжевый цвет [9].

Проводили осаждение свинца из водного раствора следующими осадителями: NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>S.

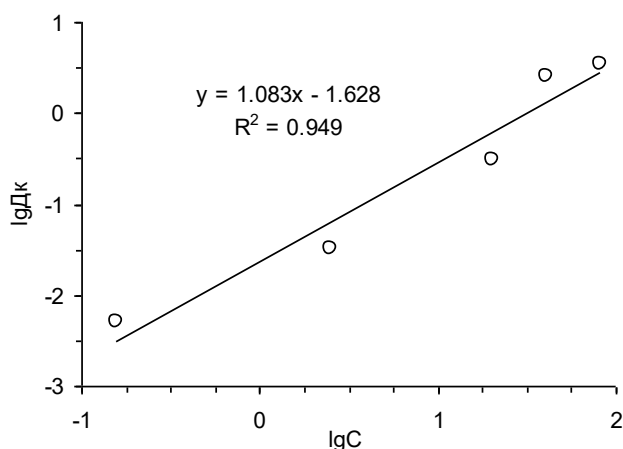
В процессе промывки катодов на катоде откладывается 2 г/м<sup>2</sup> электролита. Водные растворы, полученные после промывки катодов с выделенным на них свинцом, содержат разную концентрацию компонентов электролита. Для электрохимического извлечения свинца из промывочного раствора основной характеристикой является допустимая катодная плотность тока.

Как правило, для работы берут значения плотности тока равные 0,8 от допустимой. Скорость выделения свинца на катоде прямо пропорциональна величине допустимой катодной плотности тока. В связи с этим изучено влияние концентрации борфтористоводородного свинца в растворе на допустимую катодную плотность тока, результаты которых приведены в таблице 1.

**Таблица 1**– Влияние концентрации соли свинца в растворе ( $C_{Pb}$ , г/дм<sup>3</sup>) на допустимую катодную плотность тока ( $D_k$ , А/м<sup>2</sup>)

$C_{Pb}$ , г/дм <sup>3</sup>	$\lg C_{Pb}$	$D_k$ , А/м <sup>2</sup>	$\lg D_k$	Выход по току, %
80,7	+ 1,91	356	+ 0,55	97,5
40,4	+ 1,61	249	+ 0,40	97,0
20,2	+ 1,31	31	- 0,51	93,6
2,5	+ 0,40	3,3	- 1,48	88,3
0,16	- 0,80	0,50	- 2,30	64,7

Исходя из табличных данных, наблюдаем уменьшение  $D_k$  по мере разбавления электролита. При этом, при концентрации соли свинца в растворе 0,16 г/дм<sup>3</sup> понижается выход по току, по-видимому, за счет выделения водорода и затрат тока на преодоление электрического сопротивления разбавленного дистиллированной водой электролита.



**Рисунок 1** – Логарифмическая зависимость допустимой плотности тока ( $\lg D_k$ ) от концентрации соли свинца в растворе ( $\lg C$ )

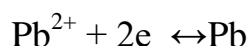
Из результатов, полученных на рисунке 1, видно, что зависимость  $D_k$  от  $C$  выравнивается в двойных логарифмических координатах. Прямая была обработана по методу наименьших квадратов и полученное уравнение 1, позволяет описать зависимость  $D_k$  от  $C$  удовлетворительным коэффициентом корреляции равным 0,95.

Исходя из полученного уравнения, можно посчитать допустимую плотность тока, в формуле 1:

$$D_k = 10^{(1,083 \cdot \lg C - 1,628)} \quad (1)$$

где  $\lg C$  – логарифм концентрации соли свинца в растворе

При этом на катоде происходит следующая реакция:



Эта реакция имеет второй порядок и, соответственно, при разбавлении электролита равновесие будет сдвигаться в левую сторону, т.е. этим объясняется наблюдаемое уменьшение допустимой плотности тока по мере разбавления электролита (табл.1, рис.1).

Уравнение 1 позволяет рассчитать значение допустимой плотности тока при разных концентрациях соли свинца в растворе, что представлено в таблице 2.

При концентрации свинца  $10^{-2}$  и ниже наблюдаются очень низкие катодная допустимая и рабочая плотности тока. Это говорит о нерациональности использования электролиза для очистки промывочных вод от ионов свинца.

Следовательно, считаем целесообразным выделение свинца на катоде электролизом при концентрации равной  $2,5 \text{ г/дм}^3$  и выше, при которой наблюдается достаточной высокий выход по току.

**Таблица 2** – Влияние концентрации соли свинца в электролите ( $C_{\text{Pb}}, \text{г/дм}^3$ ) на рассчитанную катодную допустимую ( $D_{\text{к}}, \text{мА/м}^2$ ) и рабочую плотности тока ( $D_{\text{р}}, \text{мА/м}^2$ )

$C_{\text{Pb}}, \text{г/дм}^3$	$\lg D_{\text{к}}$	$D_{\text{к}}, \text{мА/м}^2$	$D_{\text{р}}, \text{мА/м}^2$
$10^{-2}$	- 3,79	0,16	0,13
$10^{-3}$	- 4,88	0,013	0,010
$10^{-4}$	- 5,9	0,0012	0,0010
$10^{-5}$	- 7,043	$9 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$

По-видимому, при концентрации соли свинца в растворе ниже  $2,5 \text{ г/дм}^3$ , будет целесообразно проводить химическое осаждение солей свинца из разбавленных водных растворов. При меньшей концентрации резко уменьшается скорость процесса выделения, выход по току и резко увеличивается удельный расход электроэнергии.

**Результаты и обсуждение.** В работе показано, что при концентрации соли свинца выше  $2,5 \text{ г/дм}^3$  для электролитического выделения свинца целесообразно использовать электролиз, а при более низкой концентрации применять химическое осаждение щелочными реагентами.

#### Список цитированных источников

1. Янин Е.П. Эколого-геохимические аспекты воздействия аккумуляторной промышленности на окружающую среду/ Е.П. Янин// Ресурсосберегающие технологии. – 2002. - №18. – С. 3-33.
2. Качалова Г.С. Усовершенствование технологии обработки сточных вод аккумуляторного производства (на примере АО «Тюменский аккумуляторный завод») / Г. С. Качалов // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 6. – С. 67-73; URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37141> (дата обращения: 18.09.2023).

3. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник. Изд.4-е, доп. и перераб. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. - 702 с.
4. Перельгин Ю. П. Реагентная очистка сточных вод и утилизация отработанных растворов и осадков гальванических производств: учеб.пособие / Ю. П. Перельгин, О. В. Зорькина, И. В. Рашевская, С. Н. Николаева // Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. – 80 с.
5. Ильин В. И. Способ очистки сточных вод от ионов свинца/ В.И. Ильин, В.А. Колесников, А.В. Перфильева; заявитель и патентообладатель Российский химико-технологический университет имени Д.И.Менделеева. № 2009125321/05; заявл. 02.07.2009; опубл. 20.08.2011. Бюл. № 23.– 6 с.
6. Румянцева З.М. Электрохимические методы очистки природных и сточных вод / З.М. Румянцева// М., 1971.– С.258-259.
7. Бейтс Р. Определение рН. Теория и практика, пер. с англ., 2 изд. – Л., 1972. – С. 126.
8. МУ 2013-79 Методические указания на фотометрическое определение свинца и его соединений в воздухе. - М.: Минздрав СССР, 1979. – 25 с.
9. Перельман В.И. Краткий справочник химика /В. И. Перельман // М.: Научно-техническое издательство химической литературы, 2013. – 560 с.

УДК 628.16

## МЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЙ ПРОЦЕСС ПОДГОТОВКИ ВОДЫ

*А. О. Сухова<sup>1</sup>, И. В. Хорохорина<sup>2</sup>, А. В. Нехорошева<sup>3</sup>, Ю. С. Савченкова<sup>4</sup>,  
А. А. Дубовицкий<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>Доцент, Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), Тамбов, Россия, apil1@yandex.ru

<sup>2</sup>Доцент, ТГТУ, Тамбов, Россия, kotelnikovirina@yandex.ru

<sup>3</sup>ТГТУ, Тамбов, Россия, nehorosheva126@gmail.com

<sup>4</sup>ТГТУ, Тамбов, Россия, yulya\_medvedeva\_2015@inbox.ru

<sup>5</sup>ТГТУ, Тамбов, Россия, doobasss68@gmail.com

### **Аннотация**

Данная статья знакомит с перспективами использования мембранных технологий и их преимуществами над другими видами водоподготовки. Также рассмотрены виды мембран и их различия.

**Ключевые слова:** мембранные технологии, водоподготовка, фильтрация, очистка воды, селективность.

## MEMBRANE TECHNOLOGIES AS A HIGH-TECH WATER TREATMENT PROCESS

*A. O. Sukhova<sup>1</sup>, I. V. Khorokhorina<sup>2</sup>, A. V. Nekhorosheva<sup>3</sup>, Y. S. Savchenkova<sup>4</sup>,  
A. A. Dubovitckii<sup>5</sup>*

### **Abstract**

This article introduces the prospects of using membrane technologies and their advantages over other types of water treatment. The types of membranes and their differences are also considered.