

приблизно на 150 кг моногідрату на 1 годину, що є вагомим внеском в економічність процесу та дозволяє

досягти зниження концентрації відкидних газів відповідно нормам ГДК.

Література

1. Сигал И. Я. Очистка промышленных выбросов в атмосферу от оксидов серы и азота: Обзор мирового опыта работы по очистке дымовых газов в 80-90-е годы / И. Я. Сигал, В. И. Славин, В.П. Шило // НАН України; Інститут газу. – Х.: РИП «Оригінал», 1995. – 144 с.
2. Примиская С.А. Экспериментальное исследование процессов денитрации дымовых газов на цеолитах [Текст] / С.А. Примиская, S.A. Kliche // Всероссийская научная молодежная школа – конференция химия под знаком «СИГМА» Исследования, Инновации, Технологии – Омск, 2008. – С. 185-187.
3. Prymyska S. Simulation the adsorption process of nitrogen oxides in zeolites / S.Prymyska, Yu.Beznosyk, W. Reshetilowski // Slovakia, Tatranske Matliare 26th - 30th of May 2008: Materials of the 35th International Conference of SSCHE. – p. 99.
4. Производство азотной кислоты в агрегатах большой единичной мощности / Под ред. В.М. Олевского. – М.: Химия, 1995. – 400 с.

Досліджено релаксаційні процеси у електрохімічно активованій воді при різних умовах зберігання. Встановлено основні механізми релаксації у католіті та аноліті. Запропоновано способи зберігання активованих розчинів для подальшого практичного використання

Ключові слова: електрохімічна активація, релаксація, вода, умови зберігання

Исследованы релаксационные процессы в электрохимически активированной воде при различных условиях хранения. Установлено основные механизмы релаксации в католите и анолите. Предложено способы хранения активированных растворов для дальнейшего практического использования

Ключевые слова: электрохимическая активация, релаксация, вода, условия хранения

Relaxation processes in electrochemically activated water under various storage conditions were investigated. Basic mechanisms of catholyte and anolyte relaxation were identified. Methods of activated solutions storing for future practical use has been proposed

Keywords: electrochemical activation, relaxation, liquid water, storage conditions

УДК 621.357.12:544.6:546.212

ВПЛИВ УМОВ ЗБЕРІГАННЯ НА ПРОЦЕСИ РЕЛАКСАЦІЇ У ЕЛЕКТРОХІМІЧНО АКТИВОВАНІЙ ВОДІ

І.М. Бордун

Кандидат фізико-математичних наук, доцент*
контактний тел.: 067-419-05-61, (032) 258-27-39
E-mail: bordun.igor@gmail.com

В.В. Пташник

Аспірант
*Кафедра інженерного матеріалознавства та
прикладної фізики
Національний університет "Львівська
політехніка"
вул. Ст. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013
контактний тел.: 063-040-1-040, роб. (032) 258-
27-39
E-mail: ptashnykproject@gmail.com

Вступ

На даний час електроліз водних розчинів солей, електроліз розплавів, виробництво акумуляторів і гальванічних батарей є одними з найбільших галузей промисловості. Технічна цивілізація не може існувати без використання технологічних водних розчинів і чистої води. Щодня у світі виготовляються мільйони кубічних метрів різних розчинів з поперед-

ньо очищеної води і хімічних реагентів, одержуваних із природної мінеральної сировини. Одним із процесів, що має велике поширення у живій та неживій природі, є електрохімічне перетворення речовин, тобто реакції, пов'язані з електронним обміном.

Теоретичні розрахунки та експериментальні дослідження показують [1-5], що потенційні можливості електрохімічного кондиціонування води (очищення, зм'якшення, опріснення, знезаражування і т.д.) більш

ніж у 100 разів перевершують фільтраційні, сорбційні та іонообмінні методи за економічністю, швидкістю та якістю. Крім того, електрохімічні реакції дозволяють без додаткових витрат хімічних реагентів, перетворити прісну чи слабосолону природну воду у високоактивний технологічний розчин з різноманітними функціональними властивостями. Для практичного використання продуктів електрохімічної активації (ЕХА) води – аноліту і католіту, їхні властивості повинні протягом певного часу залишатись стабільними. Тому важливим завданням є знаходження ефективних способів зберігання активованих водних розчинів для збереження їх властивостей на етапі від одержання до безпосереднього використання.

Сучасний стан досліджень

У процесі ЕХА води отримують аноліт та католіт, за властивості яких відповідають три чинники [5]:

1) наявність у католіті лугів, а в аноліті – кислот, які утворюються під час ЕХА з розчинених у вихідній воді солей. Чим вища мінералізація води і чим більший заряд, що проходить через електрохімічний реактор, тим більшою буде концентрація кислот в аноліті та лугів у католіті. Ці кислоти і луги є стабільними продуктами електролізу.

2) формування активних сполук з високою окислювальною (в аноліті) чи відновлювальною (у католіті) здатностями. Ці сполуки існують у воді протягом декількох десятків годин, після чого розпадаються. Вони є причиною високої окислювальної біоцидної здатності аноліту та миючих, екстрагуючих і антиоксидантних властивостей католіту.

3) нестабільні структури, які виникають у воді під дією електричного поля високої напруженості біля поверхні електрода. Цей чинник значною мірою впливає на перебіг таких фізико-біологічних реакцій, як ріст кристалів, плівок та активація ферментів. Релаксація структурних аномалій ЕХА води триває кілька годин.

Вплив кожного з вказаних чинників активності аноліту і католіту може відрізнитися в залежності від фізико-хімічних параметрів вихідної води чи розчину і умов обробки.

Дослідження релаксаційних процесів у аноліті і католіті після ЕХА у діафрагмовому реакторі проводилось різними авторами. Однак результати їх досліджень певною мірою суперечливі. Автор [6] показує, що аноліт і католіт змінюють своє рН у напрямі до вихідного значення неактивованої води. У [7] стверджується, що характеристики аноліту є сталими, а католіт, що зберігається у закритій посудині не змінює своїх характеристик 2-3 доби. Робота [8] також вказує на релаксацію параметрів і аноліта, і католіта, причому основні зміни відбуваються протягом однієї доби.

Експериментальна частина

Електрохімічна активація води проводилась у стаціонарному активаторі, виготовленому з органічного скла марки ТОСП. Анодну та катодну прямокутні камери активатора, об'ємом 135 мл кожна, було розділено подвійним шаром нетканого поліпропілену марки FS

2203-10, закріпленим на тонкій пластиковій пластині з 78 симетрично розміщеними отворами діаметром 8 мм. Неіржавіюча сталь та більшість металів нестійкі до анодного розчинення; під час пропускання електричного струму вони переходять у воду, забруднюючи її. Тому в якості аноду нами було використано графітовий електрод для електрохімічної ванни (робоча площа електрода 65,5 см²), а катод з робочою площею 45 см², виготовлявся з титанової фольги. Між електродами електрохімічного реактора прикладалась різниця потенціалів у 200 В, яку отримували від напівпровідникового стабілізованого джерела живлення ПСИП-500.

Проведені дослідження [5] показали, що найбільше відхилення від рівноважного значення без суттєвих хімічних перетворень досягається під час ЕХА води з мінералізацією менше ніж 0,3 г/л. Тому дослідження впливу умов зберігання проводилось на водопровідній воді, яка відповідала цій умові.

Отримані у процесі ЕХА води аноліт та католіт переливались у скляні посудини для зберігання за наступних умов:

1. кімнатні умови, щільно закриті посудини;
2. кімнатні умови, відкриті посудини з різним діаметром горловини;
3. швидке заморожування та перебування протягом 5 діб за температури -5С°, подальше зберігання за кімнатних умов.

Для вимірювання водневого показника рН та окисно-відновного потенціалу (ОВП) використовувався рН-метр "рН-301" з комбінованим скляним електродом ЭСК-10601/7 (ГОСТ 22261-94). Усі значення ОВП наведено відносно насиченого хлорсрібного електрода порівняння (ЕХС). Границі допустимої абсолютної похибки вимірювання рН – $\pm 0,05$, а під час вимірювання ОВП – $\pm 0,5$ мВ. Температурна компенсація змін ОВП відбувалась в автоматичному режимі з використанням сенсора температури ДТ-1000-1.

Для дослідження використовувались проби об'ємом 10-15 мл. Час кожного вимірювання водневого показника рН становив 90 с. Після цього, без зміни електродної системи, проводилось визначення ОВП.

Обговорення одержаних результатів

Для аноліту, що зберігається при кімнатних умовах у відкритих та закритих посудинах релаксація рН відбувається дуже слабо (рис.1). Основні зміни проходять за час, близький до 50 годин, в подальшому стан аноліту залишається стабільним (у межах часу проведення експерименту).

У першу чергу така поведінка аноліту зумовлена наявністю у ньому надлишкового розчиненого кисню, який утворюється у результаті реакції окиснення води [9]. Під час зберігання він виходить у газову фазу. Порівняння релаксації аноліту, який зберігався у відкритій та закритій (без газового прошарку) посудинах, яке наведено на рис. 1, показало, що у відкритій посудині релаксація відбувається більш глибоко. Такі висновки узгоджуються з результатами роботи [9], однак залишається невирішеним завдання встановлення причин того, що основні релаксаційні зміни відбуваються у межах однакового проміжку часу – близько 50 годин – незалежно від контакту з атмосферою.

У роботі [10], а також у наших попередніх експериментах з водними розчинами контрольованого хімічного складу [11] різними методами показано, що релаксаційні процеси зумовлені як хімічними причинами, так і структурною перебудовою у самому розчині. Причому у роботі [11] встановлено, що для електрохімічно активованих розчинів з різною концентрацією КСl основні релаксаційні зміни також спостерігаються протягом перших 50 годин.

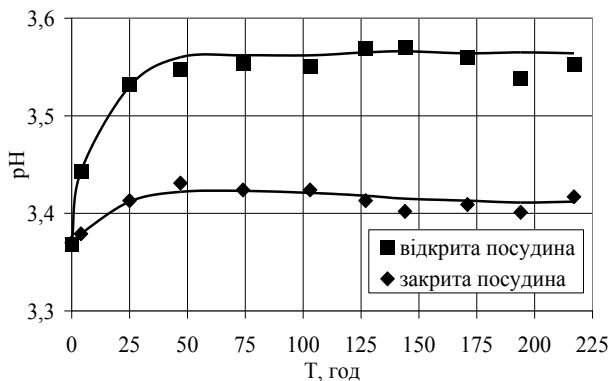


Рис. 1. Релаксація рН з часом. Аноліт, кімнатна температура

Інша картина спостерігається у католіті, який зберігається як у відкритій, так і у закритій посудині. І рН (рис. 2), і ОВП релаксують, причому у випадку зберігання у відкритій посудині основні зміни відбуваються протягом 2 діб з моменту активації. Основною причиною релаксації католіту вважається наявність розчиненого водню [9]. Однак, попри велику кількість підтверджень, наведених у роботі [9], існує ряд причин, які не дозволяють стверджувати, що наявність розчиненого водню є єдиною причиною релаксації католіту.

У роботах [10, 11] показано, що поряд зі змінами хімічного складу у католіті також проходять структурні зміни, аналогічні до структурних змін у аноліті. Отже, причиною релаксаційних процесів у католіті є вихід молекулярного водню у газову фазу та структурна перебудова метастабільних утворень.

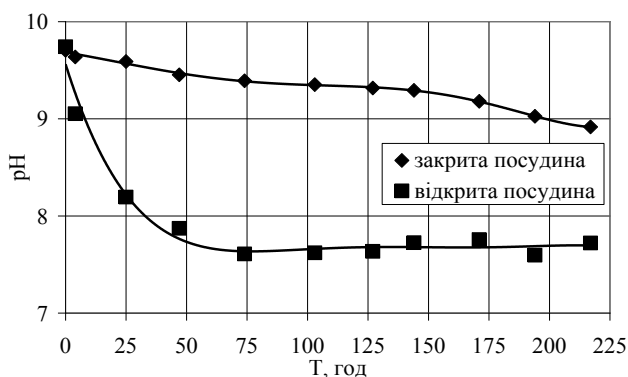


Рис. 2. Релаксація рН з часом. Католіт, кімнатна температура

Зберегти розчинені у воді гази та цю метастабільну структуру дозволяє заморожування [12]. Для перевірки цього припущення проведено низку експери-

ментальних вимірювань. Зразки ЕХА розчинів для заморожування, одразу після активації, розливались у пластикові посудини об'ємом 15 мл та швидко охолоджувались до температури -5 С°. В такому температурному режимі зразки перебували протягом 120 годин, після цього вони розморозувались та зберігались за кімнатних умов. Для вимірювання значення водневого показника у перші 120 годин проводилось розморозування (нагрів до кімнатної температури) окремого зразка.

На рис. 3 наведено криві релаксації рН для заморожуваного аноліту та аноліту, що зберігався за кімнатних умов. Поведінка незаморожуваного аноліту корелює з результатами, наведеними на рис. 1. Водночас, водневий показник рН заморожуваного аноліту залишався незмінним впродовж усього перебування зразків у морозильній камері. Після розморозування цих зразків спостерігалась релаксація рН, причому різниця між прикінцевими ділянками графіків для розморозеного аноліту та аноліту, що не піддавався заморозці знаходиться в межах похибки приладу. А основні зміни рН заморожуваного аноліту відбувались впродовж перших 50 годин з моменту розморозування.

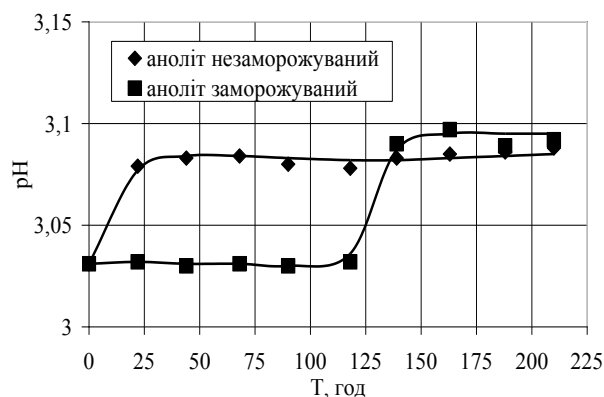


Рис. 3. Релаксація рН аноліту з часом

Релаксаційні зміни водневого показника та ОВП для католіту наведено на рис. 4 та рис. 5 відповідно. Як і для зразків, що не піддавались заморожуванню, величина релаксаційних змін у католіті є значно більшою ніж у аноліті. Релаксація ОВП католіту розпочинається лише з моменту його розморозування (рис. 5) і за своїм характером нагадує зміщену в часі поведінку католіту за кімнатних умов.

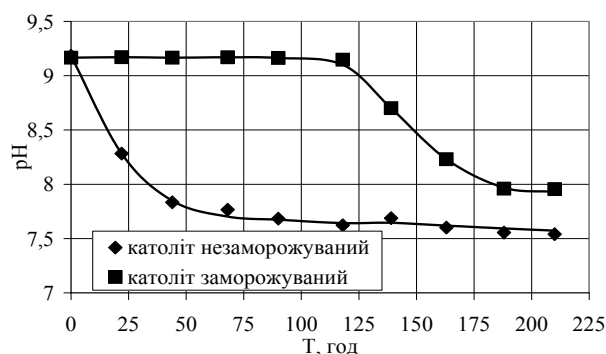


Рис. 4. Релаксація рН католіту з часом

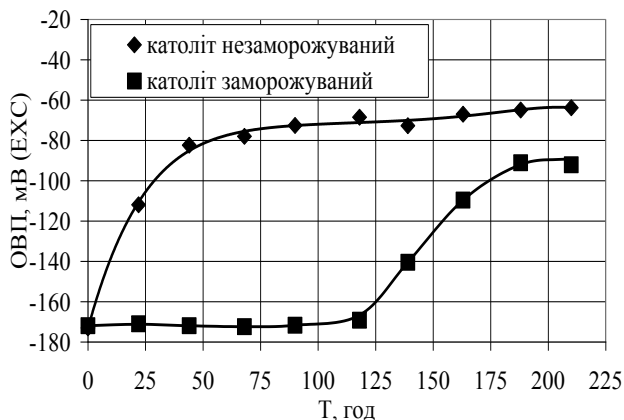


Рис. 5. Релаксація ОВП католіту з часом

Висновки

Отже, проведені дослідження показують, що водневий показник та окисно-відновний потенціал католіту та аноліту релаксують до квазістабільного стану при зберіганні протягом 50 годин. Визначальним хімічним чинником у цих процесах є наявність надлишкового розчиненого кисню у аноліті та водню у католіті. Для зменшення релаксації через цю причину і аноліт, і католіт доцільно зберігати у закритих посудинах без газового прошарку. Однак, паралельно відбувається релаксаційна та орієнтаційна деполаризація кластерних структур води, яка також спричинює релаксацію вказаних параметрів. Ці процеси можна зупинити шляхом заморожування. Зберігання аноліту та католіту в замороженому стані забезпечує стабільність водневого показника та окисно-відновного потенціалу.

Література

1. Томилов А. П. Электрохимическая активация — новое направление прикладной электрохимии / А. П. Томилов // Жизнь и безопасность. — 2002. — №3. — С. 302–307.
2. Бахир В. М. Активированные вещества. Некоторые вопросы теории и практики. / В. М. Бахир, А. Р. Атаджанов, У. Д. Мамаджанов, С. А. Алехин, Н. А. Мариампольский, А. Х. Наджимитдинов // Изв. АН УзбССР, сер. техн. наук. — 1981. — №5. — С. 68–74.
3. Бахир В. М. Физическая природа явления активации веществ. / В. М. Бахир, А. Г. Лиакумович, П. А. Кирпичников, Л. Е. Спектор, У. Д. Мамаджанов // Изв. АН УзбССР, сер. техн. наук. — 1983. — №1. — С. 60–64.
4. Электрохимическая активация: универсальный инструмент зеленой химии. / [Бахир В. М., Задорожний Ю. Г., Леонов Б. И. та ін]; под ред. В. И. Бахира — М. : ВНИИМТ, 2005. — 176 с.
5. Прилуцкий В. И. Электрохимически активированная вода: аномальные свойства, механизм биологического действия / В. И. Прилуцкий, В. М. Бахир — М. : ВНИИМТ, 1997. — 244 с.
6. Борисенко А. А. Теоретические и практические аспекты полифункционального использования электроактивированных жидкостей в технологических процессах производства мясопродуктов : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук. / А. А. Борисенко — Ставрополь, 2002. — 32 с.
7. Шоль В. Г. Релаксация электроактивированной воды. / В. Г. Шоль, В. И. Филоненко, В. А. Офицеров, О. В. Богатов // Тез. докл. Всероссийской конф. «Методы и средства стерилизации и дезинфекции в медицине», Москва, 1992. — С. 63.
8. Петрушанко И. Ю. Неравновесное состояние электрохимически активированной воды и ее биологическая активность / И. Ю. Петрушанко, В. И. Лобышев // Биофизика. — 2001. — Т.46, №3. — С. 389–401.
9. Петрушанко И. Ю. Физико-химические свойства водных растворов, полученных в мембранном электролизере / И. Ю. Петрушанко, В. И. Лобышев // Биофизика. — 2004. — Т.49, №1. — С. 22–31.
10. Гончарук В. В. Изменение свойств воды под влиянием электрохимической обработки / В. В. Гончарук, В. В. Маляренко // Химия и технология воды. — 2001. — Т.23, №4. — С. 345–353.
11. Бордун І. М. Дослідження зміни спектрів пропускання електрохімічно активованої води у процесі релаксації / І. М. Бордун, В. В. Пташник, Н. М. Черновол // Вісник Львів. ун-ту, серія фіз. — 2010. — №45. — С.100–106.
12. Эйзенберг Д. Структура и свойства воды / Д. Эйзенберг, В. Кауцман. — Л. : Гидрометеиздат, 1975. — 280 с.