

**Е.Н. МУРАТОВА**, мл. науч. сотр., НТУ “ХПИ”,

**А.Г. ТУЛЬСКАЯ**, аспирант, НТУ “ХПИ”,

**Т.П. КУЛИКОВА**, вед. инженер, НТУ “ХПИ”

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕМБРАННОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА ДЛЯ ОЧИСТКИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

Розглянута можливість очистки мінералізованих стічних вод, що містять сульфати, електрохімічним методом. Визначені основні технічні характеристики мембранного електролізу. Одержані залежності виходу за струмом переносу іонів натрію та сульфату від концентрації NaOH в католіте і H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в аноліте.

Рассмотрена возможность очистки минерализованных стоков, содержащих сульфаты, электрохимическим методом. Определены основные технические характеристики мембранного электролиза. Получены зависимости выхода по току переноса ионов натрия и сульфата от концентрации NaOH в католите и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в анолите.

The possibility of treatment mineralized wastewater containing sulfate, an electrochemical method. Identifies the main characteristics of the membrane electrolysis. The dependences of the current efficiency of ion transport Na<sup>+</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> on the concentration of NaOH in the catolyte and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in anolyte.

### **Вступлення.**

Очистка минерализованных стоков содержащие сульфаты является актуальной проблемой, как на Украине, так и за рубежом. Известный метод очистки промышленных стоков при помощи обратного осмоса, с использованием анионитов (анионообменных смол) является эффективным, но требует значительных затрат на регенерирующую загрузку и обслуживание анионообменной установки.

Значительные перспективы для очистки минерализованных стоков содержащих сульфаты имеет электрохимический метод. Положительный момент данного метода состоит в том, что кроме деминерализации возможно получение растворов NaOH и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### **Методика работы.**

Для мембранного электролиза раствора сульфата натрия использовали трехкамерный электролизер с гетерогенными ионообменными мембранами МК-40 и МА-40. Перед запуском анодная камера электролизера заполнялась

раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$  концентрацией  $20 \text{ г/дм}^3$ , катодная камера –  $\text{NaOH}$  концентрацией  $20 \text{ г/дм}^3$ , для обеспечения электропроводности до выхода на номинальный режим работы. Исходный раствор  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  подавался в среднюю камеру с концентрацией  $160 \text{ г/дм}^3$  и отводили с концентрацией  $60 \text{ г/дм}^3$ . Использовали анод с оксидным свинцовым титановым покрытием на титановом токоподводе (ОСТП) [3], материал катода – 12X18H10T. Рабочая поверхность электродов  $200 \text{ см}^2$ .

С анодной и катодной камеры отбирали пробы каждый час и методами титрования определяли изменение концентрации  $\text{NaOH}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в процессе электролиза. Длительность электролиза 7 ч.

В качестве источник тока использовали Б5-46, напряжение на электролизере измеряли вольтметром В7-22А.

### Результаты и их обсуждение.

Целью исследования являлось определение зависимости выхода по току переноса ионов натрия и сульфата от концентрации  $\text{NaOH}$  в католите и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в анолите.

Основные технические характеристики мембранного электролиза раствора сульфата натрия приведены в таблице.

Таблица

Технические характеристики мембранного электролиза

Параметра электролиза	Величина
Напряжение на электролизере, В	5,8 – 6,3
Сила тока, А	5
Температура, К	295 – 308

Во время работы трехкамерного электролизера через катионообменную мембрану кроме целевого переноса ионов натрия происходит побочный перенос гидрооксид ионов, а через анионнообменную – кроме целевого переноса сульфат ионов происходит побочный перенос протонированной воды.

Эти побочные процессы зависят от концентрации веществ в анолите и католите. Из рис. 1 видно, что в начальный период (до 4 часов) рост концентрации  $\text{NaOH}$  в католите и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в анолите протекает с постоянной скоростью. При достижении концентрации  $107 \text{ г/дм}^3$   $\text{NaOH}$  в католите и  $98 \text{ г/дм}^3$   $\text{H}_2\text{SO}_4$  в анолите скорость увеличения концентрации снижается и к 7-му часу электролиза стабилизируется на  $132 \text{ г/дм}^3$  для  $\text{NaOH}$  и  $119 \text{ г/дм}^3$  для  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

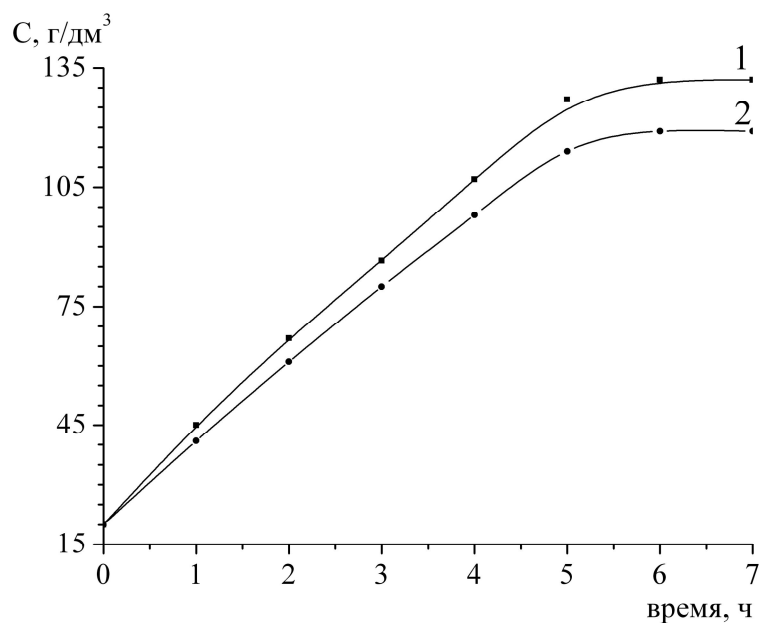


Рис. 1. Зависимости концентрации от длительности электролиза:  
1 – NaOH; 2 – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

С ростом концентрации NaOH в католите и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в анолите перенос тока осуществляется за счет побочных процессов. Это приводит к резкому увеличению удельного расхода электроэнергии при снижении скорости переноса целевых ионов.

Установленные закономерности объясняются снижением селективности мембран с ростом концентрации в анолите и католите.

С ростом концентрации NaOH в католите и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в анолите возрастает концентрационный градиент, направленный на встречу движению целевых ионов.

По этому выход по току целевых процессов снижается рис. 2.

Из приведенных данных видно, что при длительности работы до 4 – 4,5 часа перенос ионов протекает с высокими выходами по току (70 – 80 % для МК-40 и 55 – 63 % для МА-40).

Более низкий выход по току для анионообменной мембраны хорошо коррелируется с паспортными данными на мембраны этих марок.

Концентрация сульфата натрия в средней камере электролизера не снижалась ниже 60 г/дм<sup>3</sup> для поддержания высокой электропроводности раствора.

В зависимости от того, какая поставлена задача – получение растворов NaOH и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> или получение обессоленной воды на выходе из средней камеры меняются и технологические параметры её работы.

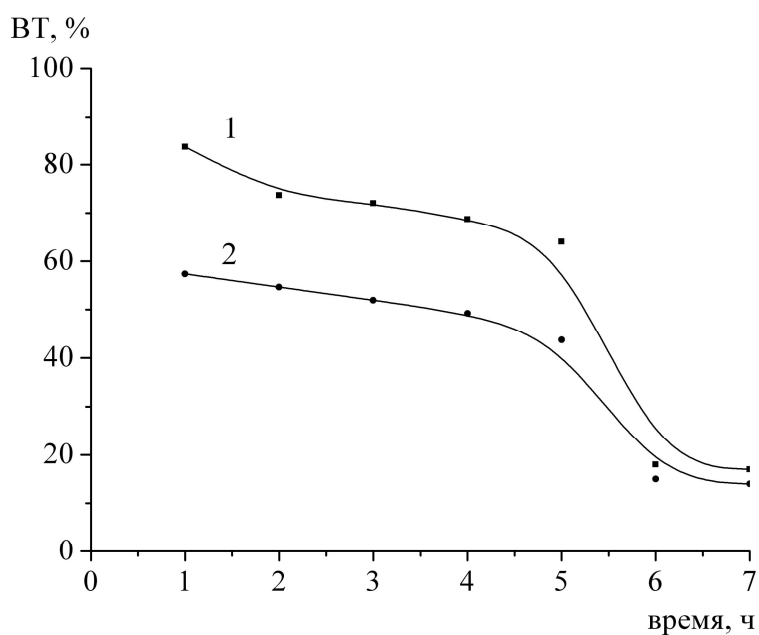


Рис. 2. Зависимость выхода по току от длительности электролиза:  
1 – NaOH; 2 – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Нами было достигнуто минимальное солесодержание раствора на выходе из средней камеры 2 г/дм<sup>3</sup>.

Длительные ресурсные испытания показали, что анионообменная мембрана подвергается разрушению со стороны анодного пространства, что еще более снижает её селективность.

### Выводы.

Полученные зависимости выхода по току переноса ионов натрия и сульфата от концентрации NaOH в католите и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в анолите показывают, что очистка минерализованных сточных вод возможна электрохимическим методом.

В процессе электролиза достигнуты концентрации (г/дм<sup>3</sup>): NaOH – 127 и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 114.

Удельный расход электроэнергии на получение (кВт·ч/кг): NaOH – 6 и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 4,9, удаление Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 1,7.

**Список литературы:** 1. Муратова Е.Н. Влияние состава ОСТП на кинетику совмещенных анодных процессов / [Е.Н. Муратова, В.С. Рыжкова, А.Г. Тульская, Сенкевич И.В.] // Вестник НТУ «ХПИ». – 2011. – № 27. – С. 38 – 42.

Поступила в редколлегию 25.10.11