

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛА  
НА ЭЛЕКТРОСИНТЕЗ ВОДОРОДА В ЩЕЛОЧНЫХ  
ХЛОРИДНЫХ РАСТВОРАХ**

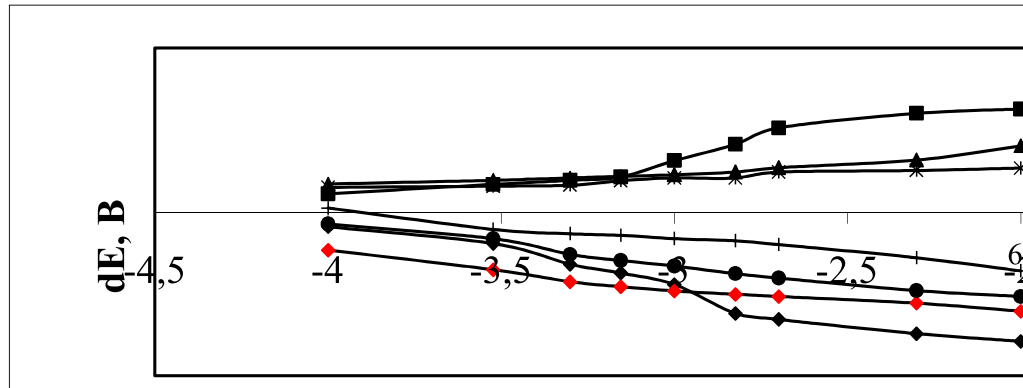
**Введение.** В современном воднощелочном электролизе воды и хлоридов при электросинтезе водорода, кислорода и хлора важную роль играют электродные материалы, которые изготавливаются из углеродистых сталей (Ст. 45 - катодные материалы и никелированная сталь – анодные материалы) [1].

Такие электроды при длительной эксплуатации существенно снижают параметры электролиза за счет растворения анодов с переходом в раствор феррит-иона  $FeO_2^{2-}$  и осаждения губчатого железа на катодах [2]. Особенно эти недостатки чувствительны в мембранном электролизе. Ионы железа при длительном электролизе блокируют поверхность катионитных мембран, что снижает эксплуатационные показатели электролиза.

В настоящей работе изучено влияние состава и свойств катодных и анодных материалов в щелочнохлоридных растворах с целью снижения водородного и кислородного перенапряжения и изменения состояния их поверхности.

**Методика эксперимента.** Исследования проводились на электродах из стали 12Х1МФ, которая содержит 0,3% ванадия, хром и молибден, а также из титанового сплава ВТ(6) с содержанием 4% ванадия. Эти добавки снижают скорость их растворения и перенапряжение выделения  $O_2$  и  $H_2$ . Рабочим раствором служила смесь 1М раствора NaOH и 0,1М раствора  $NH_4Cl$ . Водородное и кислородное перенапряжение рассчитывалось на основе анализа полулогарифмических зависимостей поляризации от плотности тока [3]. Рабочие параметры электролиза изучались на основе изменения вольтамперных зависимостей электролиза на электродах из сталей Ст45, 12Х1МФ, никеля и сплава ВТ(6). Для сравнения проведены испытания электродов с платиной. Исследования проводились в стандартных электрохимических ячейках и использованием импульсного источника питания BVP. RS-485, потенциостата ПИ50.1, имеющего цифровую приставку для компьютера. Рабочие электроды изготавливались из пластин площадью  $2 \div 4 \text{ см}^2$ . Электродами сравнения служили хлорсеребряные электроды. Изменения проводились при температурах  $20 \div 25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Результаты та обсуждения.** На рис. 1 и таблице 1 приведены результаты измерений и расчета анодной и катодной поляризации анодных и катодных материалов ванадиевой стали 12Х1МФ, сплава титана ВТ(6), никеля и платины.



**Рисунок 1 – Вольтамперные зависимости электролиза в растворе 1М NaOH с добавлением 0,1 М NH<sub>4</sub>Cl на элетродах:**  
 1 – анод Pt; 2 – катод Pt; 3 – анод Ст. 12Х1МФ;  
 4 – катод Ст. 12Х1МФ; 5 – катод Ni; 6 – анод Ni; 7 – катод ВТ(6)

**Таблица 1 – Электрохимические параметры электродных материалов**

№	Катод	Анод	Электрохимические параметры			
			Катодное перенапряжение, -а, В	Плотность тока, lgj, [A/cm <sup>2</sup> ]	Анодное перенапряжение, а,В	Плотность тока, lgj, [A/cm <sup>2</sup> ]
1	Pt	Ст.12Х1МФ	0,1	3,5	0,95	3,5
2	Ni	Ст.12Х1МФ	0,1	3,5-2	0,2 – 0,25	3,5-2
3	Ti (ВТ6)	Pt	0,07	3,5-2	0,12	4-2,2
4	Ti (ВТ6)	Ст.12Х1МФ	0,07	4-3	1	2-3,5
5	Ti (ВТ6)	Ni	0,13	3,5-2	0,2	3,5-2

Указанные зависимости показывают, что в слабощелочных растворах с хлоридами перенапряжение выделения водорода ниже на 150÷200 мВ на стали 12Х1МФ по сравнению с никелем при плотностях тока  $j_k=0,1\div0,5$  А/см<sup>2</sup> (кривая 4), что свидетельствует о возможном каталитическом действии добавок многовалентных металлов ванадия и хрома на разряд ионов водорода и последующую рекомбинацию атомов водорода. Анодное перенапряжение выделения кислорода в интервале плотностей тока  $j_a=0,001\div0,01$  А/см<sup>2</sup> на никелевых и стальных анодах практически одинаковое (кривая 3 и 5), что также указывает на воздействие добавок хрома и ванадия на механизм выделения кислорода. Эти данные подтверждают возможность снижения напряжения электролиза на никелевых анодах, стальных (12Х1МФ) и титановых катодах [4]. На рис. 2 показаны вольтамперные зависимости изменения напряжения на электролизере при использовании изучаемых электродных материалов. Так, если на электродах воднощелочного электролиза (кривая 1) в интервале промышленных плотно-

стей тока  $j=1,5-10 \text{ A/cm}^2$  напряжение электролиза  $U=2,4\div 2,8 \text{ В}$ , то при использовании ванадиевой стали 12Х1МФ и сплава титана ВТ(6) напряжение снижается до  $2\div 2,2 \text{ В}$ .

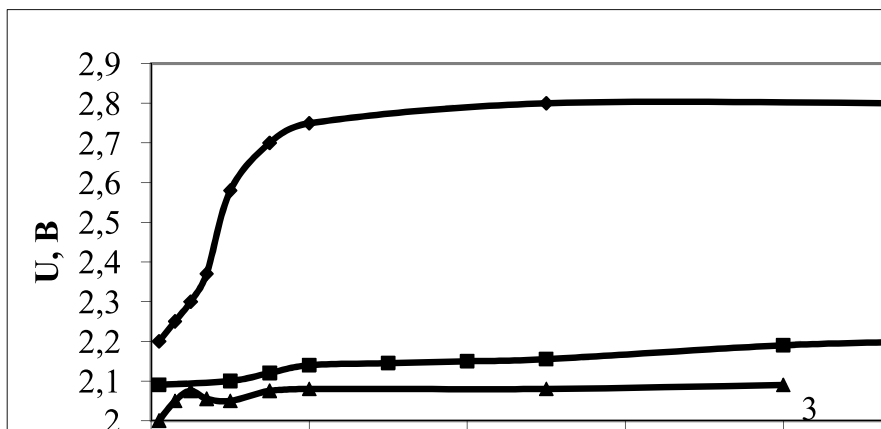


Рисунок 2 – Изменение напряжения электролиза в растворе 1М NaOH с добавлением 0,1 М NH<sub>4</sub>Cl на электродах:  
 1 – анод Ni, катод Ст. 45; 2 – анод Ст. 12Х1МФ, катод Ni;  
 3 – анод Ni, катод ВТ(6)

**Заключение.** Тенденции развития мембранного электролиза с использованием твердых электролитов и каталитически активных электродов на основе ванадиевых сплавов указывают на возможность проведения электролиза в слабощелочных электролитах с содержанием щелочи и хлоридов не более 1 моль, что значительно упрощает технологические процессы подготовки электролитов и их длительность эксплуатации. Кроме того важной также является перспектива замены электродных материалов из платиноидов на более доступные металлами и сплавами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Козин, Л.Ф. Современная энергетика и экология. Проблемы и перспективы / Л.Ф Козин, С.В Волков. – Киев: Наукова думка, 2006. – 772 с.
2. Коваленко, Ю.И. Электрокаталитические свойства сплавов железа / Ю.И. Коваленко, Е.В. Воронина, Б. И.Байрачный // Вісник НТУ "ХПІ". – Харків: НТУ "ХПІ", 2012. – № 32. – С. 170–174.
3. Антропов, Л.И. Теоретическая электрохимия: учебник / Л.И. Антропов. – М: Высшая школа, 1984. – 519 с.
4. Байрачный, Б. І. Перенапряга виділення кисню з лужних розчинів при високих густинах струму/ Б.І. Байрачний, А.Г. Тульська, А.А .Михно // Вісник НТУ "ХПІ". – Харків: НТУ "ХПІ", 2013. – №47. – С. 153–158.