

УДК 544.6.018.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ЭЛЕКТРОЛИТА

Хорина П.А., студент гр. ИХб-241, 2 курс, Гусева Ю.А.,
студент гр. ИХб-241, 2 курс, Гумённый А.С., к.т.н., доцент

Научный руководитель: Янина Т.И., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

Аннотация. В работе представлены результаты исследования ключевых параметров, определяющих рабочее напряжение простейшего химического источника тока – медно-цинкового гальванического элемента. Методом потенциометрических измерений изучено влияние концентрации растворов сульфатов металлов и температуры в диапазоне от 20 до 50°C на величину электродвижущей силы (ЭДС). Установлено, что электродный потенциал уменьшается в зависимости от температуры при различных концентрациях. Зависимость ЭДС от температуры не носила строго линейного характера в изученном интервале, что указывает на влияние неидеальности растворов, погрешности измерения и сложности термодинамики системы. Полученные результаты важны для понимания принципов работы и оптимизации портативных химических источников тока.

Ключевые слова: гальванический элемент, ЭДС, уравнение Нернста, концентрационная зависимость, температурная зависимость, медно-цинковая пара.

Введение. Автономные источники энергии стали неотъемлемой частью современной жизни, от крошечных батареек для слуховых аппаратов до мощных аккумуляторов электромобилей. В основе всех этих устройств лежат гальванические элементы, преобразующие химическую энергию в электрическую. Классический пример такого элемента – медно-цинковый (элемент Даниэля-Якоби). Его ключевой параметр – напряжение (или электродвижущая сила, ЭДС) – не является постоянным.

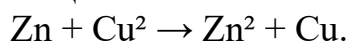
Он зависит как от концентрации реагентов, так и от условий окружающей среды, прежде всего температуры. Понимание этих зависимостей, формализованное в уравнении Нернста, составляет основу электрохимической теории. Актуальность данного ис-



Рис.1. Подготовка растворов

следования заключается в экспериментальной проверке этих фундаментальных закономерностей на простой и наглядной модели. Это имеет значение как для образовательных целей, так и для практической оценки стабильности работы химических источников тока.

Теоретическая часть. Гальванический элемент – это устройство, в котором энергия окислительно-восстановительной реакции напрямую преобразуется в электрический ток. Рассматриваемый нами медно-цинковый элемент включает в себя цинковый анод, помещенный в водный раствор сульфата цинка, и медный катод, находящийся в растворе сульфата меди. Для обеспечения непрерывности процесса и замыкания электрической цепи используется солевой мостик. Процесс генерации тока обусловлен следующей окислительно-восстановительной реакцией:



Электродвижущая сила (ЭДС) – это разность потенциалов, которая напрямую зависит от природы металла и концентрации его ионов в растворе. Эта зависимость описывается уравнением Нернста, которое для металлического электрода имеет вид:

$$E = E_n + (RT)/(nF) * \ln(C(\text{M}^{n+})),$$

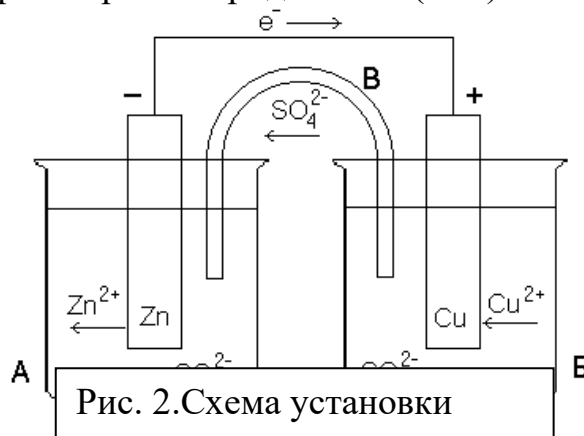
где E_n – стандартный электродный потенциал, R – газовая постоянная, T – температура, n – число электронов, F – постоянная Фарадея, $C(\text{M}^{n+})$ – концентрация электролита.

Методика эксперимента. В качестве электролитов были использованы растворы сульфата цинка (ZnSO_4) и сульфата меди (CuSO_4) с концентрациями 0,05 М, 0,25 М, 0,5 М и 1 М. В качестве электродов служили пластины цинка и меди. Измерения электродвижущей силы (ЭДС) проводились с использованием цифрового вольтметра. Электролитические элементы соединялись солевым мостиком, заполненным насыщенным раствором хлорида калия (KCl).

Схема экспериментальной установки представлена на Рис. 1. Цинковый анод и медный катод погружены в растворы своих солей. Элементы соединены солевым мостиком для замыкания внутренней цепи. Вольтметр регистрирует ЭДС элемента.

Проведение эксперимента:

Для того чтобы подтвердить наши предположения мы использовали элемент Даниэля-Якоби (гальванический элемент с использованием U-образных мостиков) (рис. 1), Вольтметр, химические цилиндры в количестве трех штук, лабораторная плита и термометр. В качестве реагентов применялись растворы ZnSO_4 и CuSO_4 в различных концентрациях, насыщенный раствор KCl .



Элемент Даниэля-Якоби состоит из цинковой пластины, которая погружается в раствор $ZnSO_4$ и медной пластины, которая в свою очередь погружается, в раствор $CuSO_4$. Соединение между электродами происходит при помощи солевых мостиков (U-образная трубка, наполненная гелем агар-агара на насыщенном растворе KCl).

Перед началом работы пластинки металлов предварительно отчищались наждачной бумагой и хорошо промывались. В эксперименте использовались растворы $ZnSO_4$ и $CuSO_4$ в концентрациях 0,05 М., 0,25 М., 0,5 М., 1 М. Начальная температура растворов 20 градусов Цельсия, каждый раствор нагревался в диапазоне от 25 до 50 градусов Цельсия с шагом в 5 градусов, и наблюдалась разность электродных потенциалов растворов одинаковой концентрации, но разной температуры. Результаты приведены в таблице.



Рис.3. Измерение разности потенциалов

Таблица

Разность электродных потенциалов для растворов $ZnSO_4$ и $CuSO_4$ в зависимости от концентрации и температуры растворов

T ⁰ (C)	ZnSO ₄		CuSO ₄	
	Концентрация			
	0,05	0,25	0,50	1,00
20	1,010	1,071	1,095	1,088
25	1,009	1,070	1,090	1,084
30	1,008	1,066	1,08	1,085
35	1,008	1,066	1,08	1,085
40	1,008	1,065	1,077	1,084
45	1,009	1,066	1,072	1,084
50	1,005	1,067	1,070	1,082

Полученные результаты.

Экспериментально подтверждена качественная закономерность: ЭДС растёт с увеличением концентрации. Однако график зависимости показал отклонение от идеальной линейности, особенно в области высоких концентраций. Это является прямым следствием неидеальности реальных растворов. Зависимость ЭДС от температуры для элемента с равными концентрациями электролитов представлена на Графиках (1, 2, 3, 4).

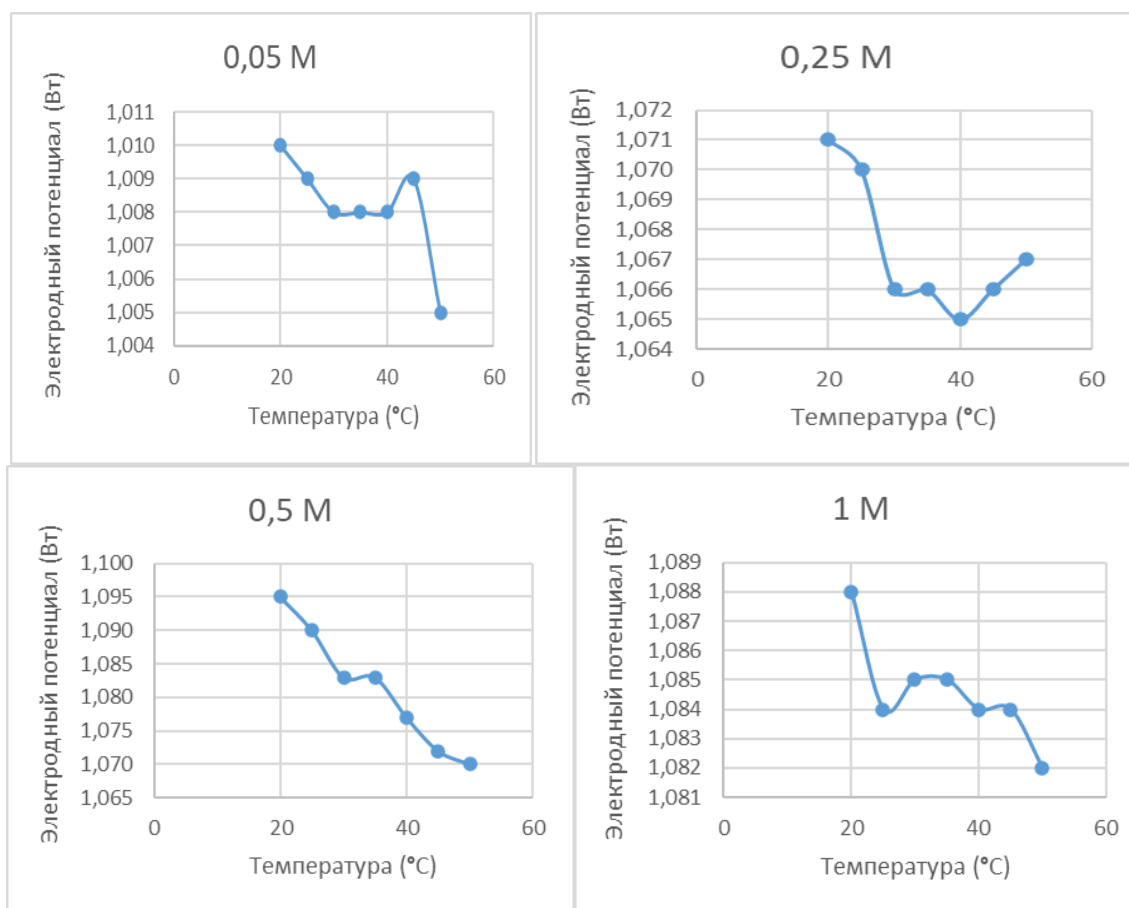


Рис.4. Зависимость электродных потенциалов от температуры при разных концентрации растворов.

В изученном диапазоне наблюдается общая тенденция к снижению ЭДС с ростом температуры, однако зависимость не является строго линейной. Это может быть связано с погрешностями измерения.

Заключение. В ходе работы была экспериментально исследована зависимость ЭДС классического медно-цинкового гальванического элемента от концентрации электролитов и температуры. Практическая значимость работы заключается в демонстрации того, что даже для простейшей электрохимической системы реальное поведение сложнее упрощенных моделей. Полученные результаты подчеркивают важность учета неидеальности растворов и температурных эффектов при проектировании и эксплуатации химических источников тока, чья стабильность напрямую зависит от этих факторов.

Список литературы

1. Дамаскин Б.Б. Электрохимия : учебник для вузов / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия ; КолосС, 2006. – 672 с.
2. Справочник химика. Том 3: Химическое равновесие и кинетика. Свойства растворов. Электродные процессы. – М.-Л.: Химия, 1964.

3. Основы электрохимии: практикум / И.Ю. Рощупкина, Е.Н. Тупикова, И.М. Муханова. – Самара: Издательство Самарского университета, 2024. – 100 с.