

УДК 378.147

***ИЗУЧЕНИЕ ПРОТЕКАНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА В РАСТВОРЕ NaCl
РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ
РАБОТЫ***

Сорокин А. Н.

к. ф.-м.н., доцент,

*Балашовский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Саратовский национальный
исследовательский государственный университет имени Н.Г Чернышевского»,
Балашов, Россия*

Шамин П.С.

студент,

*Балашовский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Саратовский национальный
исследовательский государственный университет имени Н.Г Чернышевского»,
Балашов, Россия*

Аннотация

В статье проанализированы некоторые аспекты изучения электрических параметров солевых растворов NaCl при проведении лабораторной работы. Приводится информация о приготовления растворов NaCl с концентрациями от 5% до 25% на основе трех образцов. Проводится изучение процессов протекания постоянного тока величиной 10мА через эти растворы. В работе представлены графики изменения напряжения на электродах в солевых растворах разной концентрации на основе трех образцов. Приведены формулируемые по результатам проведенной лабораторной работы выводы о том, что сопротивления растворов одинаковой концентрации для разных образцов различаются по измеренным значениям напряжения и по динамике его изменения с течением времени и являются похожими для одного и того же образца при различной концентрации растворов. В заключении отмечено, что

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМ И ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

при проведении лабораторной работы происходит формирование большого числа различных практических навыков.

Ключевые слова: лабораторная работа, практические навыки, поваренная соль, постоянный ток, электрические характеристики растворов.

STUDY OF DIRECT CURRENT FLOW IN NaCl SOLUTION OF VARIOUS CONCENTRATIONS DURING LABORATORY WORK

Sorokin A. N.

Ph.D., Associate Professor,

Saratov State University, Branch in Balashov,

Balashov, Russia

Shamin P.S.

student,

Saratov State University, Branch in Balashov,

Balashov, Russia

Abstract

The article analyzes aspects of studying the electrical parameters of NaCl solutions during laboratory work. Information is provided on the preparation of NaCl solutions with concentrations from 5% to 25% based on three samples. The processes of direct current flow of 10 mA through these solutions are being studied. The paper presents graphs of voltage changes across electrodes in saline solutions of different concentrations based on three samples. The conclusions formulated based on the results of the laboratory work are presented that the resistances of solutions of the same concentration for different samples differ in measured voltage values and in the dynamics of its change over time and are similar for the same sample at different concentrations of solutions. In conclusion, it is noted that during laboratory work, a many different practical skills are formed.

Key words: laboratory work, practical skills, table salt, direct current, electrical characteristics of solutions.

Актуальность исследования обосновывается наличием целого ряда работ [1-4, 6-9, 11-14], посвященных изучению протекания тока в солевых растворах, в том числе при обучении студентов в рамках лабораторных практикумов [9, 13, 15, 16].

В работе [9] проводилось исследование сопротивления кожи при воздействии аппарата для электрофореза. В работах [10, 13, 15, 16] приводятся сведения об особенностях проведения лабораторных работ и экспериментов по изучению различных материалов и приборов. Вопросы оптимизации различных процессов, в том числе связанных с проведением экспериментов, рассматриваются в работе [5]. Изучение особенностей влияния электролизованных растворов на процессы развития микрозарядов рассматривается в работе [7]. В работе [8] изучается проблема развития разряда в солевом растворе при высоких напряжениях. Также в данной работе проводились исследования по созданию газоразрядной плазмы. В работе [1] рассматривается проблема выращивания кристаллов соли из растворов. Также в данной работе рассматриваются ключевые особенности сложных кристаллизаторов и их оптимизация с целью наиболее эффективного создания кристаллов солей. В работе [14] рассматриваются вопросы концентрирования и очистки солевых растворов, а также изучаются сферы применения и преимущества электролиза по сравнению с другими типами концентрации солевых растворов, затрагивается вопрос обессоливания воды.

В работах [1-16] рассматриваются различные аспекты проведения экспериментов с солевыми растворами, в том числе выполняемых студентами на лабораторных работах. Однако, в них недостаточно внимания уделено выполнению сравнительного анализа процессов протекания постоянного тока через солевые растворы, полученные с помощью пищевой поваренной соли, Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

изготовленной на различных производствах. Выявлена проблема: недостаточно изучены особенности проведения лабораторных работ о протекании постоянного тока через растворы пищевой поваренной соли в процессе обучения студентов.

Поэтому в данной работе изучаются особенности использования лабораторной работы о протекании постоянного тока через растворы пищевой поваренной соли в процессе обучения студентов.

Лабораторная работа использовалась при обучении студентов 2-5 курсов при изучении физических дисциплин, таких как электричество и магнетизм, основы электротехники, биотехнические системы и технологии и других. Выполнение работы происходило на двух занятиях, каждое из них длительность 90 минут. На первом занятии студенты готовили растворы, собирали экспериментальную установку и фиксировали необходимые для отчета по лабораторной работе сведения. Во время второго занятия проводились эксперименты. Формирование отчета, анализ результатов эксперимента, формулирование выводов происходили в рамках самостоятельной работы. Студенты выполняли лабораторную работу в составе малых групп из 2-3 участников.

Рассмотрим более подробно особенности выполнения лабораторной работы. В ней изучались показатели солевых растворов, полученных на основе дистиллированной воды и пищевой поваренной соли с разных производств: соль высшего сорта из города Соль-Илецка производства «Руссоль», соль сорта «экстра» из республики Беларусь производства «Мозырьсоль» и соль первого сорта из Астраханской области производства «Руссоль».

Вначале лабораторной работы фиксировались сведения, полученные визуально и с упаковок, представленные далее.

Соль высшего сорта обладала следующим гранулометрическим составом: до 1,2 мм – свыше 85% объема, свыше 2,5 мм – менее 3% объема. Соль данного образца была белой с серым оттенком.

Соль сорта «экстра» обладала следующим гранулометрическим составом: до 0,8 мм – свыше 75% объема, от 0,8 до 1,2 мм – менее 25% объема. Данный образец был белым.

Соль первого сорта обладала следующим гранулометрическим составом: до 1,2 мм – более 85% объема, свыше 2,5 мм – менее 3% объема. Соль данного образца была желтовато-серого цвета.

Далее студентами описывались особенности получения солевых растворов.

Быстрее всего растворялся в дистиллированной воде второй образец из города Мозырь. Дольше всего растворялся третий образец из Астраханской области, при этом появлялся заметный осадок.

Для проведения исследований готовились солевые растворы с концентрациями в 5%, 10%, 15%, 20% и 25% для каждого из образцов. Далее раствор переливался в пластмассовую емкость. На противоположных краях емкости закреплялись электроды из электропроводящего полимера, подключенные к аппарату для электрофореза «ЭЛФОР ПРОФ». Он включался и с его помощью поддерживался постоянный ток величиной 10 мА, протекающий через раствор. Параллельно к электродам подключался мультиметр в режиме вольтметра для измерения напряжения между ними. В течение трех минут фиксировались значения напряжения с интервалом в одну минуту: первое измерение производилось сразу после включения аппарата для электрофореза, второе – спустя одну минуту, третье – спустя две минуты, четвертое – спустя три минуты после включения аппарата. По окончании измерений аппарат отключался.

Из-за пропускания тока емкость с раствором и электродами становилась простейшим аккумулятором. Для разряда этого аккумулятора и приведения экспериментальной установки в начальное состояние электроды замыкались между собой на 3 минуты. Затем раствор переливался обратно в колбу.

Аналогичные приготовления и измерения осуществлялись для концентраций 10%, 15%, 20% и 25%, в том числе для других образцов.

Полученные результаты вносились студентами в таблицы. На основе этих таблиц строились графики $U(t)$, представленные на рис. 1-3.

Далее производился расчет сопротивлений для каждого образца по закону Ома. Затем строились графики для зависимостей сопротивлений растворов от времени $R(t)$. Вид зависимостей $R(t)$ на этих графиках получался таким же как на рис.1-3, но в других координатах.

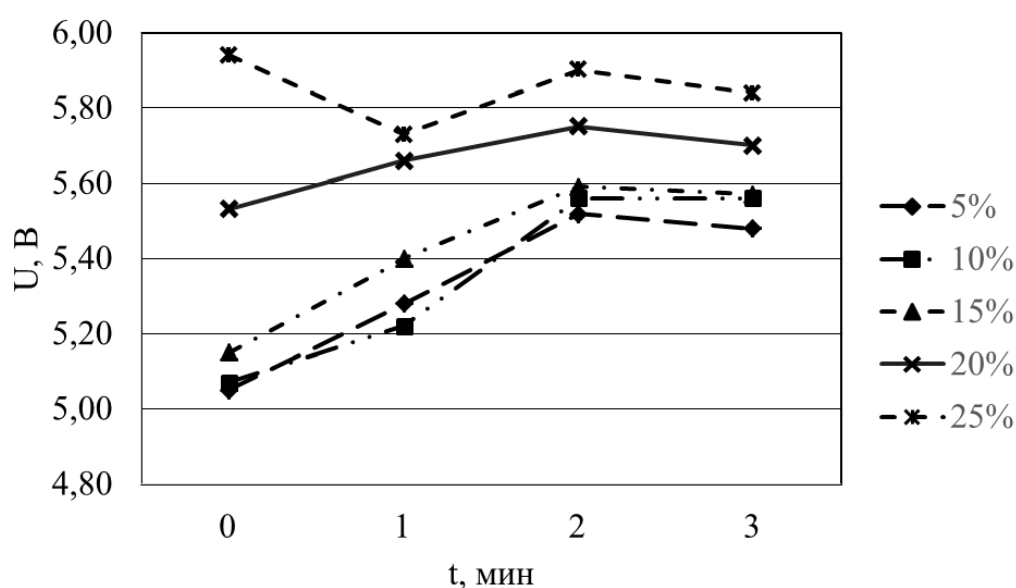


Рис. 1. – Экспериментальные зависимости для растворов соли высшего сорта

Потом выполнялся анализ полученных графиков. Из графиков, представленных на рис. 1 видно, что у первого раствора с течением времени постепенно повышались напряжение и сопротивление при концентрациях 5%, 10%, 15%, 20%. При более высокой концентрации растворов напряжение для поддержания заданного значения тока увеличивалось, также повышалось и сопротивление растворов. Так при концентрации в 20% по сравнению с 5% напряжение возросло в среднем на 0,22-0,48 В. При использовании раствора с концентрацией в 25% наблюдались скачкообразные изменения напряжения и сопротивления.

Из графиков, представленных на рис. 2 видно, что у второго раствора с течением времени наблюдается переменчивое поведение поддерживающего постоянный ток напряжения.

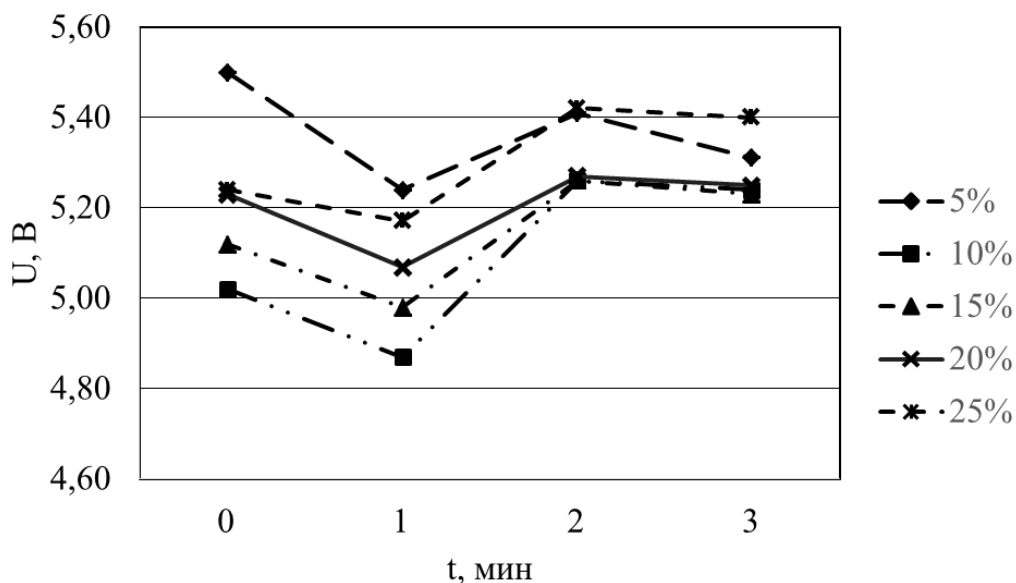


Рис. 2. – Экспериментальные зависимости для растворов соли сорта «экстра»

При концентрации в 5% напряжение максимальное в начале. К концу первой минуты оно резко падает и на второй минуте вновь возрастает до значения, близкого к изначальному. На третьей минуте напряжение снова уменьшается и продолжает понижаться в течение всего оставшегося времени измерений. При концентрациях 10%, 15%, 20% и 25% в течение первой минуты напряжение так же падает. На второй минуте напряжение резко возрастает и превышает значения, зафиксированные в начале опыта. На протяжении последней минуты измерений, напряжение уменьшается незначительно.

Из графиков, представленных на рис. 3 видно, что у третьего раствора с течением времени наблюдается понижение поддерживающего постоянный ток напряжения.

При концентрациях раствора 5%, 10% и 15% наблюдаются большие напряжения в начале. В течение первой минуты они уменьшаются и на протяжении оставшегося времени остаются практически постоянными. При концентрациях раствора 20% и 25% в течение первой минуты наблюдается

незначительное уменьшение напряжения. В течение второй минуты напряжение немного возрастает, и немного уменьшается за третью минуту наблюдения. Напряжение в растворах соли данного образца для всех концентраций значительно выше, чем напряжение в растворах остальных образцов.

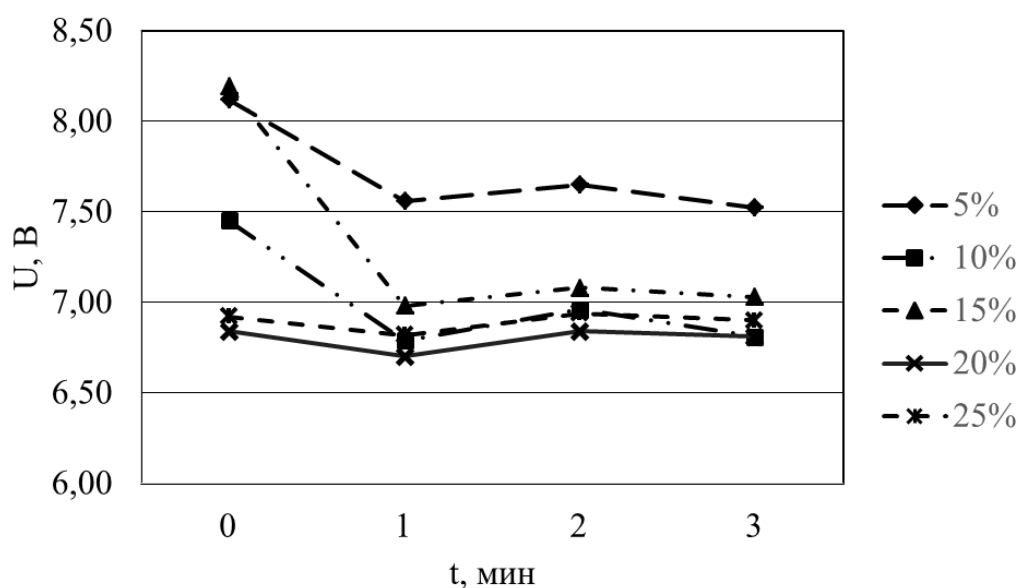


Рис. 3. Экспериментальные зависимости для растворов соли первого сорта

Затем формулируются общие выводы по выполненной лабораторной работе.

Цвет у используемых образцов соли различался. Цвет соли служит индикатором количества примесей в ней, таких как пыль, органические и неорганические соединения. Чем выше прозрачность кристаллов соли, тем меньше в них примесей. Цвет кристаллов соли показывает химический состав примесей, а насыщенность цвета позволяет качественно определить их количество. Примеси в составе поваренной соли оказывали влияние на электрические характеристики образцов соли.

Результаты проведенных экспериментальных измерений показывают, что сопротивления растворов соли в каждом из опытов различаются.

У каждого типа соли при растворении имеется своя собственная динамика изменения сопротивления со временем при пропускании постоянного

тока. С течением времени при пропускании сквозь растворы соли постоянного тока наблюдаются спады и подъемы напряжения вследствие изменения их сопротивления. Данные графики оказываются похожими друг на друга для разных концентраций одного и того же образца соли. Для разных образцов соли зависимости отличаются и являются в некоторой степени уникальными.

Проведение аналогичного эксперимента с растворами соли от неизвестного происхождения позволит определить параметры производства и установить не только предприятие, но и место добычи сырья с условиями его обработки, если ранее проведены эксперименты с солью того же происхождения. При сравнении полученных графиков от неизвестного образца с графиками, полученными для растворов на основе соли от известных производителей можно обнаружить похожие показатели. При значительном сходстве показаний приборов и самих графиков по характеру зависимости можно утверждать, что неизвестный образец изготовлен на определенном производстве из сырья с таким же местом добычи как в случае с известным образцом со схожими электрическими параметрами.

При выполнении лабораторной работы развивались коммуникативные навыки при взаимодействии внутри малой группы и между группами в процессе подготовки к лабораторной работе, проведения экспериментов, обсуждения полученных результатов и выводов, формировании отчета. Во время проведения экспериментов формировались и совершенствовались практические навыки по сборке экспериментальной установки, подготовке солевых растворов, работе с аппаратом для электрофореза, мультиметром. Также студенты экспериментально убеждались в справедливости физических законов протекания постоянного тока в растворах, что улучшало запоминание и понимание этих законов.

Библиографический список:

1. Вerezub, N. A. Гидромеханика при выращивании кристаллов из водно-солевых растворов / Н. А. Вerezub, А. И. Простомолотов // Вычислительная механика сплошных сред. – 2022. – Т. 15, № 1. – С. 98-114.

2. Исследование вольтамперных характеристик процесса получения фтора методом среднетемпературного электролиза / В. Л. Софронов, С. А. Житков, Ю. Н. Макаеев, С. А. Ткачук // Вестник Томского государственного университета. Химия. – 2024. – № 36. – С. 81-89.

3. Колчанова Л. В. Из опыта изучения темы "Электролиз растворов" / Л. В. Колчанова, Т. Г. Буржинская, Т. Е. Нужных // Химия в школе. – 2020. – № 3. – С. 46-49.

4. Мушкетова О. В. Электролиз водных растворов электролитов : Методические указания к выполнению лабораторной работы / О. В. Мушкетова, М. В. Гайдаш ; Министерство сельского хозяйства РФ; ФГОУ ВПО Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия; Утверждены на заседании кафедры физиологии и химии Протокол №5 от 12.12.2005 г.. – зерноград : Азово-Черноморский инженерный институт - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственной аграрный университет" в г. Зернограде, 2006. – 18 с.

5. Насонова Е. Д. Иерархическое взаимодействие двух коалиций с учетом неопределенного фактора на верхнем уровне // Автоматизация процессов управления. – 2016. – № 1. – С. 83-90.

6. Получение тонкодисперсных медных порошков электролизом и классификацией / Н. Е. Агарова, Л. М. Яковлева, А. С. Монахов [и др.] // Перспективы развития металлургии и машиностроения с использованием завершенных фундаментальных исследований и НИОКР : Труды научно-практической конференции с международным участием и элементами школы молодых ученых: 65-летию ИМЕТ УрО РАН посвящается, Екатеринбург, 06–09 Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМН ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

октября 2020 года. – Екатеринбург: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук, 2020. – С. 361-364.

7. Рахимбердиева Д. К. Использование электролизированных растворов поваренной соли для обезвреживания воды // Молодой ученый. – 2017. – № 23.2 (157.2). – С. 3-5.

8. Развитие разряда в солевом растворе при напряжениях, близких к пороговому значению / Ю. Д. Королев, И. А. Шемякин, В. С. Касьянов [и др.] // Физика плазмы. – 2018. – Т. 44, № 6. – С. 507-513.

9. Сорокин А. Н. Влияние на протекание процесса диффузии раствора NaCl через свиную кожу аппарата «ЭЛФОР-ПРОФ» / А. Н. Сорокин, А. В. Порваткин // Новые материалы и технологии: состояние вопроса и перспективы развития : сборник материалов Всероссийской молодежной научной конференции 24-26 июня 2014 г. – Саратов: ООО «Издательский Центр «Наука»», 2014. – С. 88-92.

10. Сорокин А. Н. Особенности формирования компетенций при изучении отражения акустических волн // Балтийский гуманитарный журнал. – 2018. – Т.7, №4(25). – С.302-304.

11. Способ определения параметров электролиза: а. с. №1640735 А1 СССР / Анисимов Н. М.; заявл. 27.03.89; опубл. 07.04.1991, Бюл.13. 3с.

12. Терехин Д. А. Исследование электропроводности растворов электролитов и зависимости от концентрации растворов / Д. А. Терехин, Т. В. Панасина // Современные вопросы естествознания и экономики : сборник трудов V Международной научно-практической конференции, Прокопьевск, 16 марта 2023 года. – Прокопьевск: Филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева" в г. Прокопьевске, 2023. – С. 525-528.

13. Чернечкин И. А. Способы проведения лабораторных работ по физике при изучении электрических явлений: анализ мнений школьников // Проблемы современного педагогического образования. – 2025. – № 88-3. – С. 357-360.

14. Электродиализное концентрирование солевых растворов / Н. Д. Чичирова, А. А. Чичиров, С. С. Паймин, А. М. Хазеев // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2011. – № 3(10). – С. 28-34.

15. Электропроводность растворов электролитов : учебно-методическое пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 540100 (050100) Естественно-научное образование / Российский гос. пед. ун-т им. А. И. Герцена. – Санкт-Петербург : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2006. – 61 с.

16. Электрохимические методы анализа. Лабораторный практикум : Учебное пособие / Л. К. Неудачина, Ю. С. Петрова, Н. В. Лакиза, Е. Л. Лебедева. – Москва : Издательство Юрайт, 2017. – 133 с.