

УДК 543.5:544.2
AGRIS P10

https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/03

АКТИВАЦИЯ ВОДЫ: ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА СВОЙСТВА ЖИДКОСТИ

©*Эркинова К. Э.*, ORCID: 0009-0008-9316-6240, *Институт природных ресурсов им. А.С. Джаманбаева Национальной академии наук КР, г.Ош, Кыргызстан, kanymzhan.erkanova@bk.ru*

©*Толобаева К. А.*, ORCID: 0009-0001-6240-8576, *Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, kylymkan@mail.ru*

©*Ташполотов Ы.*, ORCID: 0000-0001-9293-7885, SPIN-код: 2425-6716, *д-р физ.-мат. наук, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, itashpolotov@mail.ru*

WATER ACTIVATION: THE EFFECT OF AN ELECTRIC FIELD ON THE PROPERTIES OF A LIQUID

©*Erkinova K.*, ORCID: 0009-0008-9316-6240, *A. S. Dzhamanbayev Institute of Natural Resources of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Osh, Kyrgyzstan, kanymzhan.erkanova@bk.ru*

©*Tolobaeva K.*, ORCID: 0009-0001-6240-8576, *Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, kylymkan@mail.ru*

©*Tashpolotov Y.*, ORCID: 0000-0001-9293-7885, SPIN-code: 2425-6716, *Dr. habil., Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, itashpolotov@mail.ru*

Аннотация. Рассматривается процесс получения активированной воды на основе электрического поля. Активированная вода, полученная в результате электролиза, демонстрирует уникальные физико-химические свойства, отличающиеся от обычной воды, что открывает новые возможности для применения в различных отраслях народного хозяйства. Исследованы механизмы активации воды и их влияние на кислотно-щелочной баланс, а также стабильность активированных свойств. В экспериментальной части представлены данные о зависимости pH воды от времени активации и напряжения между электродами. Результаты показывают, что увеличение времени активации и напряжения приводит к значительным изменениям pH вблизи анода и катода. Обсуждаются проблемы, связанные с нестабильностью активированных свойств и влиянием состава исходной воды. Работа подчеркивает необходимость дальнейших исследований для оптимизации технологии получения активированной воды и разработки стандартов для ее применения.

Abstract. The article discusses the process of obtaining activated water based on an electric field. Activated water obtained as a result of electrolysis demonstrates unique physico-chemical properties that differ from ordinary water, which opens up new possibilities for use in various sectors of the national economy. The mechanisms of water activation and their effect on the acid-base balance, as well as the stability of activated properties, have been studied. The experimental part presents data on the dependence of the pH of the water on the activation time and the voltage between the electrodes. The results show that an increase in activation time and voltage leads to significant pH changes near the anode and cathode. The problems related to the instability of activated properties and the influence of the composition of the source water are discussed. The work highlights the need for further research to optimize activated water production technology and develop standards for its application.

Ключевые слова: активированная вода, электроды, кислотно-щелочной баланс.

Keywords: activated water, electrodes, acid-base balance.

В 1972 году В. М. Бахир впервые продемонстрировал, что анолит и католит, полученные в диафрагменном электролизном реакторе из воды с низкой минерализацией, существенно отличаются по своим физико-химическим свойствам и реакционной активности от моделей, созданных путем растворения химических реагентов в воде в соответствии с законами классического электролиза [1]. Это неравновесное состояние воды, возникшее под воздействием электрического поля, В. М. Бахир назвал состоянием электрохимической активации. Таким образом, термин «активированная вода» подразумевает изменение состояния воды, в результате которого она приобретает дополнительные степени свободы и начинает активно взаимодействовать с другими объектами, т.е. *активация воды заключается в переводе её в термодинамическое неравновесное состояние, что может быть достигнуто с помощью физических, химических, электрохимических или биологических методов* [1-4].

В результате электрохимической активации вода переходит в метастабильное (активированное) состояние, что приводит к увеличению её реакционной способности в различных физико-химических процессах на протяжении нескольких десятков часов. Вода, активированная на катоде (католит), обладает повышенной электронной активностью и выраженными восстановительными свойствами. В свою очередь, вода, активированная на аноде (анолит), имеет пониженную электронную активность и проявляет окислительные свойства. Эти уникальные характеристики привлекают значительное внимание исследователей и практиков, открывая широкий спектр потенциальных применений в таких областях, как медицина, строительство, сельское хозяйство, промышленность и экология [3].

Активированная вода проявляет улучшенные характеристики, такие как повышенная растворимость, окислительно-восстановительный потенциал, бактерицидные свойства и измененная структура водородных связей. *Цель исследования* — изучение основных характеристик метода электрической активации воды и его применение в сельском хозяйстве.

Суть метода получения электрически активированной воды заключается в процессе электролиза, который происходит при подаче постоянного электрического напряжения к электродам. На катоде вода насыщается продуктами катодных электрохимических реакций, такими как гидроксиды металлов, образующиеся из растворённых солей, гидроксидионы и водород. На аноде же вода обогащается продуктами окисления, включая кислоты, синтезируемые из растворённых солей, а также кислород и хлор. Активированное состояние характеризуется необычной реакционной способностью католита и анолита в окислительно-восстановительных реакциях, что, в свою очередь, вызывает изменения в системе межмолекулярных взаимодействий и структуре раствора [3].

В результате воздействия электрического поля образуются водные смеси с различной активностью и уровнем pH: А – кислотный анолит (pH < 5); АН — нейтральный анолит (pH = 6,0±1); АНК — нейтральный анолит (pH = 7,7±0,5); АНД — нейтральный анолит (pH = 7,3±0,5); К — щелочной католит (pH > 9); КН — нейтральный католит (pH < 9) [1-3].

Таким образом, актуальность проблемы технологии получения активированной воды обусловлена ее потенциальными преимуществами для медицинских, сельскохозяйственных, экологических и промышленных применений. Отметим нижеследующие важные проблемы технологии получения активированной воды:

1. *Недостаточное осознание механизмов активации воды:* несмотря на множество проведенных исследований, механизмы изменения свойств воды под воздействием электрических, магнитных, ультразвуковых и других методов активации до сих пор не изучены в полной мере. Научные статьи предлагают различные теории, касающиеся

перестройки водородных связей и изменения кластеров воды, однако единой модели, объясняющей все наблюдаемые эффекты, пока не существует. Недостаточное понимание этих механизмов затрудняет оптимизацию технологических параметров процесса активации и разработку надежных методик для получения активированной воды с заранее заданными свойствами. В результате возникает сложность в стандартизации процессов активации для использования в различных областях, таких как медицина и пищевая промышленность.

2. *Ограниченная устойчивость активированных свойств:* многие исследования показывают, что активированные свойства воды (изменения рН, окислительно-восстановительный потенциал, концентрация активных форм кислорода) быстро изменяются после прекращения процесса активации. Например, такие свойства могут сохраняться от нескольких часов до нескольких дней в зависимости от условий хранения. Ограниченная стабильность активированных свойств затрудняет хранение и транспортировку активированной воды. Это усложняет применение данной технологии в промышленном масштабе и для коммерческого использования, особенно в отраслях, требующих долгосрочной стабильности активированных свойств (например, в медицинских приложениях или сельском хозяйстве).

3. *Влияние состава исходной воды:* эффективность активации воды сильно зависит от ее состава, включая содержание минералов, электролитов, органических веществ и микробов. Исследования показали, что высокий уровень органических веществ или слишком высокая концентрация солей может снижать эффективность активации и изменять свойства активированной воды. Для достижения оптимальных результатов требуется предварительная подготовка воды (очистка, регулирование рН и электропроводности). Это усложняет технологический процесс и может увеличить его стоимость, особенно в масштабных применениях, таких как очистка воды или сельское хозяйство.

4. *Нехватка стандартизации и нормативов:* в настоящее время отсутствуют общепринятые международные стандарты и нормативы для процесса активации воды, методов ее получения и проверки качества. Это приводит к разрозненности подходов и методик активации воды, усложняет сопоставление результатов исследований и применение на практике. Без стандартов сложно регулировать и контролировать качество активированной воды в промышленных и медицинских приложениях. Это также затрудняет согласование безопасности использования активированной воды для питьевых, медицинских или сельскохозяйственных нужд на международном уровне.

Многие исследования показывают, что свойства активированной воды (рН, окислительно-восстановительный потенциал, концентрация активных форм кислорода) изменяются со временем после прекращения процесса активации. *Однако до сих пор неясно, как долго активированная вода сохраняет свои измененные свойства и от каких факторов зависит их стабильность.*

Изменения свойств активированной воды со временем после прекращения процесса активации подробно исследовались в ряде научных работ. Авторы изучили изменение показателей рН и окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) в активированной воде после процесса электролиза [5]. Они отметили, что параметры воды начинают меняться практически сразу после прекращения электролиза. Это связано с тем, что активные ионы, свободные радикалы и другие нестабильные компоненты, образующиеся в процессе активации, постепенно возвращаются к своему естественному состоянию, снижая эффективность воды в течение нескольких часов или дней после обработки.

В работе “Effect of storage conditions on shelf stability of undiluted neutral electrolyzed water” исследовали влияния электролизной обработки на свойства воды, Чен и его коллеги

обнаружили, что свойства активированной воды, такие как концентрация активных форм кислорода, ОВП и рН, со временем постепенно снижаются. Они отметили, что скорость этих изменений зависит от условий хранения воды, в том числе от температуры, освещенности и состава воды [6].

S. Park, J. Kim, H. Lee, K. Choi исследовали бактерицидные свойства электролизной активированной воды и обнаружили, что эффективность дезинфекции уменьшается через несколько часов после активации. Они связали это с разложением активных форм кислорода, таких как свободные радикалы, что приводит к снижению антимикробного действия воды [7].

X. Yao, J. Zhao, W. Li в своей работе, посвященной изучению магнитно- активированной воды, обратили внимание на временную нестабильность магнитных свойств воды. Они выявили, что структура и ориентация водородных связей, измененные под действием магнитного поля, со временем постепенно возвращаются к своему исходному состоянию [8].

Н. В. Смирнова, Д. С. Ковалев, Е. В. Андреева наблюдали изменения свойств электролизной активированной воды, используемой для дезинфекции и обработки ран. Они отметили, что такие показатели, как рН, ОВП и концентрация активных форм кислорода (пероксиды, супероксиды), имеют тенденцию к снижению в течение нескольких часов после активации, что свидетельствует об ограниченном периоде эффективности активированной воды [9].

Указанные исследования охватывают различные аспекты стабильности активированной воды и показывают, что ее свойства изменяются в зависимости от времени, условий хранения и материала контейнера. Эти научные работы подчеркивают важность оптимизации условий хранения и обработки воды для сохранения ее активированных свойств. Эти исследования подчеркивают, что активированная вода является динамичной системой, свойства которой изменяются со временем после прекращения процесса активации. Это создает трудности при ее хранении и применении, а также подчеркивает важность дальнейшего изучения механизмов стабилизации активированных свойств воды. Исследования показывают, что активированная вода может сохранять свои измененные свойства в течение от нескольких часов до нескольких дней. Для того чтобы максимально продлить срок действия активированной воды, рекомендуется хранить ее в герметичной таре, защищенной от света, при низких температурах. Однако, до настоящего времени, нет четкого понимания, каким образом необходимо оптимизировать технологические параметры (например, время воздействия, концентрацию активирующих веществ и др.) для достижения максимальной длительности сохранения свойств активированной воды. Наряду с этим остаются также вопросы, как хранение и контакт с различными материалами (пластик, стекло) влияют на стабильность активированных характеристик.

До сих пор не разработаны оптимальные режимы для каждого метода активации воды, позволяющие обеспечить ее целевые свойства для конкретного применения. Вопросы касаются не только единичных параметров, но и их взаимодействия. Например, как сочетается длительность воздействия с интенсивностью поля для обеспечения долгосрочного значения технологических параметров для электрической активации воды (рН, окислительно-восстановительный потенциал, концентрация активных форм кислорода). Тем не менее, на основе многочисленных исследований ученых можно обозначить общие необходимые диапазоны оптимальных параметров электрической активации [1-4]:

1. *Сила тока (I)*. Оптимальное значение 0.5-2.0 А. Этот диапазон силы тока обеспечивает достаточное количество активных ионов (H^+ , OH^-) и формирование свободных радикалов, что изменяет окислительно-восстановительный потенциал и рН воды. Слишком

низкая сила тока приводит к недостаточной активации, а слишком высокая может вызвать чрезмерное разложение воды и образование побочных продуктов, таких как хлор при использовании соленой воды.

2. *Напряжение (U)*. Оптимальное значение 5-15 В. Напряжение в этом диапазоне способствует эффективному протеканию электроионизации без значительного нагрева воды и электродов. Более высокое напряжение может вызвать излишний нагрев системы и ускоренное разрушение электродов, что может привести к нежелательным примесям в активированной воде.

3. *Время активации (t)*. Оптимальное значение 5-30 минут. Время активации напрямую влияет на концентрацию активных ионов и радикалов в воде. Для получения ощутимого изменения свойств воды (например, значительного сдвига рН или ОВП) достаточно от 5 до 30 минут. Увеличение времени свыше 30 минут может привести к чрезмерной активации, что делает воду агрессивной и нестабильной.

4. *Температура воды (T)*. Оптимальное значение 20-30°C. Оптимальная температура для электролиза воды — это комнатная температура (20-30°C). В этом диапазоне ионная проводимость воды достаточна для эффективного протекания реакций. Повышение температуры свыше 30°C может привести к усиленному испарению, образованию пара и снижению эффективности электролиза.

5. *Расстояние между электродами (d)*. Оптимальное значение 1-3 см. Уменьшение расстояния между электродами способствует повышению плотности тока и эффективности электролиза. Однако слишком близкое расположение может привести к короткому замыканию и разрушению электродов. Оптимальное расстояние в диапазоне 1–3 см обеспечивает равномерное распределение электрического поля и стабильную активацию воды.

6. *Состав электродов*. Оптимальные материалы — нержавеющая сталь, платина, титан с покрытием из оксида рутения. Эти материалы обладают высокой стойкостью к коррозии и обеспечивают эффективное протекание электролиза. Использование менее инертных материалов (например, меди или алюминия) может привести к попаданию в воду нежелательных ионов и примесей.

7. *Величина рН исходной воды*. Оптимальное значение 6.5-7.5 (нейтральное значение). Электролиз наиболее эффективен в воде с близким к нейтральному рН, так как в такой среде легче контролировать изменение рН и ОВП во время процесса активации. Кислые или щелочные исходные условия требуют более сложного контроля параметров электролиза.

8. *Соленость (концентрация электролита)*. Оптимальное значение 0.05-0.1% NaCl (500-1000 ppm). Добавление небольшого количества электролита (например, хлорида натрия) повышает электропроводность воды и ускоряет процесс электролиза, что позволяет достичь желаемых изменений рН и ОВП. Однако слишком высокая концентрация соли может привести к образованию нежелательных побочных продуктов (таких как свободный хлор), которые могут быть вредны.

9. *Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП)*. Целевое значение после активации $\pm 200-800$ мВ (в зависимости от назначения). Целевые значения ОВП зависят от предназначения активированной воды. Например, для дезинфекции рекомендуется положительный ОВП ($\pm 600-800$ мВ), тогда как для питьевой воды предпочтителен отрицательный ОВП (от -200 мВ и ниже), так как он способствует антиоксидантным свойствам воды. Из анализа литературы и с учетом оптимальных значений основных параметров можно заключить, что оптимизация этих технологических параметров позволяет получить активированную воду с целевыми свойствами (например, определённым уровнем

pH, ОВП и концентрацией активных форм кислорода), а также контролировать стабильность и эффективность процесса активации. Изменение одного параметра, как правило, влияет на другие, поэтому их необходимо подбирать в комплексе, с учетом особенностей исходной воды [1-9].

Если активированная вода в приэлектродной среде используется в технологических процессах в течение времени, меньшего, чем время его энергетической релаксации, то избыточная потенциальная энергия может значительно изменить скорость и даже направление различных химических реакций. Таким образом, электрохимическая активация является одним из самых мощных методов активации и единственным легко управляемым процессом. Это связано с тем, что изменение потенциальной энергии приэлектродной водной системы достигается за счёт направленного потока электронов: либо от электрода в воду (восстановительные процессы), либо от воды к электроду (окислительные процессы). При этом плотность приэлектродной воды резко меняется из-за быстрого изменения распределения электронов. Каждый элементарный акт изменения внутренней энергии приэлектродной воды происходит за время, сопоставимое с временем перехода электрона через двойной электрический слой (ДЭС) на границе «электрод—электролит». Для различных значений перенапряжения (поляризации) это время для рассматриваемой системы колеблется от 10^{-13} до 10^{-16} с. Таким образом, по степени неравновесности воздействия электрохимическая активация занимает первое место среди известных методов. Переход электронов через ДЭС при электрохимической активации неизбежно сопровождается физико-химическими превращениями, которые соответствуют количеству пропущенного электричества и электрохимическому эквиваленту воды в приэлектродной зоне. Степень окисления или восстановления воды определяется величиной потенциала электрода и, в частности, значением перенапряжения (поляризации) электрохимических реакций. Высокоокисленные или высоковосстановленные формы воды, подвергнутые электрохимической активации, со временем после прекращения активирующего воздействия переходят в равновесное состояние, принимая или отдавая электроны компонентам окружающей среды.

Таким образом, энергия активирующего воздействия определяет средние расстояния между частицами (электронами, атомами, молекулами) и, следовательно, конфигурацию пространственных сил молекулярной связи, то есть структуру воды. Изменения этой структуры разнообразнее, чем больше вариаций образования относительно устойчивых комбинаций молекул с функциями распределения электронов, отличающимися от равновесного состояния. Регулирование скорости и направления процесса электрохимической активации осуществляется путём изменения потенциала и полярности электрода, что является значительным преимуществом по сравнению с другими методами активации.

Экспериментальная часть

Для получения активированной воды на основе электрофизической ионизации использовались дистиллированная или очищенная вода с низким содержанием минералов, чтобы минимизировать влияние посторонних веществ, и электролизный реактор, в котором устанавливается диафрагменный электролизный элемент, разделяющий анод и катод и предотвращающий смешивание анолита и католита.

В качестве электродов использовались электроды из нержавеющей стали с целью минимизации коррозии и для обеспечения также высокой проводимости. На электроды подается

постоянный ток. Это создает электрическое поле, которое инициирует ионизацию молекул воды.

Под действием электрического поля происходит образование активных форм, таких как гидроксильные радикалы ($\bullet\text{OH}$), водородные радикалы ($\text{H}\bullet$) и другие реакционноспособные частицы. В процессе ионизации изменяются водородные связи между молекулами воды, что приводит к образованию кластеров с новыми свойствами.

Активированные молекулы воды начинают вести себя иначе, проявляя повышенную реакционную способность. После завершения процесса ионизации активированная вода (анолит или католит) собирается в отдельные контейнеры и проводятся замеры (Таблица).

Таблица

ЗАВИСИМОСТЬ pH ВОДЫ ОТ ВРЕМЕНИ АКТИВАЦИИ
 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ НАПРЯЖЕНИЙ МЕЖДУ ЭЛЕКТРОДАМИ

№ п/п	pH	Напряжение между электродами, U, В	Время активации воды на основе электрического поля, t, мин	pH воды вблизи анодного электрода	pH воды вблизи катодного электрода
1	8,13	0,5	5	7,92	8,15
2		0,5	10	7,52	8,11
3		0,5	15	7,86	8,01
4		0,5	20	7,97	8,01
5		0,5	25	7,97	8,12
6		0,5	30	7,97	8,06
1	7,99	10	5	7,83	8,04
2		10	20	7,46	8,23
3		10	60	6,61	8,87
4		10	120	4,93	9,12
5		10	180	4,75	9,74
1	7,96	20	5	7,74	8,58
2		20	20	6,89	9,26
3		20	60	5,01	9,90
4		20	120	4,90	9,68
5		20	180	4,69	9,16
1	8,17	25	5	8,14	8,58
2		25	20	7,30	9,43
3		25	60	5,12	9,94
4		25	120	4,78	9,70
<i>Зависимость pH воды от напряжении между электродами при постоянном значении времени активации</i>					
1	8,06	0,5	20	7,97	8,01
2		10	20	7,46	8,23
3		20	20	6,89	9,26
4		25	20	7,30	9,43

Анализ полученных результатов

1. Зависимость pH от времени активации при фиксированном напряжении. Напряжение 0,5 В: С увеличением времени активации от 5 до 30 минут наблюдается небольшое снижение pH вблизи анода (от 7,92 до 7,97) и стабильное значение вблизи катода (от 8,15 до 8,06). Напряжение 10 В: При увеличении времени активации до 180 минут pH вблизи анода значительно снижается (от 7,83 до 4,75), тогда как pH вблизи катода увеличивается (от 8,04

до 9,74). Это указывает на сильное воздействие электрического поля на кислотно-щелочной баланс воды. Напряжение 20 В: С увеличением времени активации рН вблизи анода также значительно снижается (от 7,74 до 4,69), а рН вблизи катода увеличивается (от 8,58 до 9,16). Это подтверждает тенденцию, наблюдаемую при 10 В. Напряжение 25 В: Снижение рН вблизи анода (от 8,14 до 4,78) и увеличение рН вблизи катода (от 8,58 до 9,70) продолжается. Это подчеркивает влияние напряжения на процесс активации.

2. Зависимость рН от напряжения при фиксированном времени активации. При времени активации 20 минут: С увеличением напряжения от 0,5 В до 25 В наблюдается снижение рН вблизи анода (от 7,97 до 7,30) и увеличение рН вблизи катода (от 8,01 до 9,43). Это подтверждает, что повышение напряжения приводит к более выраженному изменению кислотно-щелочного баланса.

Выводы

1. С увеличением времени активации и напряжения наблюдается значительное снижение рН вблизи анода и повышение рН вблизи катода. Это может быть связано с образованием активных форм, которые изменяют кислотно-щелочной баланс воды.

2. Чем выше напряжение, тем более заметными становятся изменения рН, что говорит о более интенсивной ионизации и образовании активных форм.

3. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации процессов активации воды в различных областях, таких как медицина и сельское хозяйство.

4. Необходимо провести дополнительные эксперименты для более глубокого понимания механизмов изменения рН, а также для изучения влияния других факторов, таких как температура и состав воды.

Список литературы:

1. Бахир В. М. Электрохимическая активация. М.: ВНИИИ, 1992. 657 с.
2. Леонов Б. И., Прилуцкий В. И., Бахир В. М. Физико-химические аспекты биологического действия электрохимически активированной воды. М.: ВНИИИМТ, 1999. 244 с.
3. Бахир В. М. Электрохимическая активация. Изобретения, техника, технология. М: Вива-стар, 2014. 512 с.
4. Летников Ф. А., Кашеева Т. В., Минцис А. Ш. Активированная вода. Новосибирск: Наука, 1976. 135 с.
5. Sh A. A., Guseynova R. G., Gurbanova U. M., Babanly D. M., Fateev V. N., Pushkareva I. V., Tagiyev D. B. Electrocatalysts for water electrolysis // *Kimya Problemleri*. 2018. №3. P. 283-306.
6. Block Z., Eyles A., Corkrey R., Stanley R., Ross T., Kocharunchitt C. Effect of storage conditions on shelf stability of undiluted neutral electrolyzed water // *Journal of food protection*. 2020. V. 83. №10. P. 1838-1843. <https://doi.org/10.4315/JFP-20-104>
7. Park S., Kim, J., Lee H., Choi K. Bactericidal Effect and Stability of Electrolyzed Water // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2018. V. 102. №5. P. 2107-2116.
8. Yao X., Zhao J., Li W. Effects of Magnetic Field Treatment on the Structure and Properties of Water // *Journal of Molecular Liquids*. 2019. V. 287. P. 110923.
9. Смирнова Н. В., Ковалев Д. С., Андреева Е. В. Изучение свойств электролизно активированной воды для медицинского применения // *Медицинская химия*. 2019. Т. 25. №3. С. 125-133.

References:

1. Bakhir, V. M. (1992). *Elektrokhimicheskaya aktivatsiya*. Moscow. (in Russian).
2. Leonov, B. I., Prilutskii, V. I., & Bakhir, V. M. (1999). *Fiziko-khimicheskie aspekty biologicheskogo deistviya elektrokhimicheskii aktivirovannoi vody*. Moscow. (in Russian).
3. Bakhir, V. M. (2014). *Elektrokhimicheskaya aktivatsiya. Izobreteniya, tekhnika, tekhnologiya*. Moscow. (in Russian).
4. Letnikov, F. A., Kashcheeva, T. V., & Mintsis, A. Sh. (1976). *Aktivirovannaya voda*. Novosibirsk. (in Russian).
5. Sh, A. A., Guseynova, R. G., Gurbanova, U. M., Babanly, D. M., Fateev, V. N., Pushkareva, I. V., & Tagiyev, D. B. (2018). Electrocatalysts for water electrolysis. *Kimya Problemleri*, (3), 283-306.
6. Block, Z., Eyles, A., Corkrey, R., Stanley, R., Ross, T., & Kocharunchitt, C. (2020). Effect of storage conditions on shelf stability of undiluted neutral electrolyzed water. *Journal of food protection*, 83(10), 1838-1843. <https://doi.org/10.4315/JFP-20-104>
7. Park, S., Kim, J., Lee, H., & Choi, K. (2018). Bactericidal Effect and Stability of Electrolyzed Water. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(5), 2107-2116.
8. Yao, X., Zhao, J., & Li, W. (2019). Effects of Magnetic Field Treatment on the Structure and Properties of Water. *Journal of Molecular Liquids*, 287, 110923.
9. Smirnova, N. V., Kovalev, D. S., & Andreeva, E. V. (2019). Studying the properties of electrolytically activated water for medical use. *Medical Chemistry*, 25(3), 125-133. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 04.11.2024 г.*

*Принята к публикации
12.11.2024 г.*

Ссылка для цитирования:

Эркинова К. Э., Толобаева К. А., Ташполотов Ы. Активация воды: влияние электрического поля на свойства жидкости // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №12. С. 29-37. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/03>

Cite as (APA):

Erkinova, K., Tolobaeva, K. & Tashpolotov, Y. (2024). Water Activation: The Effect of an Electric Field on the Properties of a Liquid. *Bulletin of Science and Practice*, 10(12), 29-37. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/03>