

ПЕРСПЕКТИВЫ использования электрохимической АКТИВАЦИИ РАСТВОРОВ

**Представлен краткий обзор публикаций последних лет
о применении электрохимической активации
в различных отраслях науки и промышленности.**

Введение

Электрохимическая активация воды является сравнительно молодым, но одним из наиболее перспективных направлений, в котором наработан большой теоретический и практический материал.

Сам термин “электрохимическая активация” (ЭХА) появился в результате серии исследований, которыми было установлено, что жидкости, подвергнутые униполярному (анодному или катодному) электрохимическому воздействию, переходят в термодинамически неравновесное состояние и в течение времени релаксации проявляют аномально высокую химическую активность. Этот термин был введен в науку В.М. Бахиром, который в 1972 г. впервые обратил внимание, что католит, полученный в диафрагменном электрохимическом реакторе из слабоминерализованной воды, очень сильно отличается по физико-химическим параметрам и реакционной способности от моделей католита, приготовленных путем растворения в воде химических реагентов, вид и количество которых определены в соответствии с законами классического электролиза. Данные вещества обладают огромным окислительно-восстановительным потенциалом и рядом аномальных свойств [1].

Дальнейшие исследования показали, что различия в свойствах только что полученного католита разбавленных водно-солевых растворов от его химических моделей-аналогов (растворов стабильных щелочей или кислот) не являются постоянными, стабильными во времени. В результате электрохимической активации вода переходит в метастабильное (активированное) состояние, которое характеризуется аномальными значениями физико-химических параметров. Конечным продуктом ЭХА являются не кон-

К.С. Голохваст*,
кандидат
биологических наук,
заместитель
директора Института
нефти и газа
(Дальневосточный
государственный
технический
университет,
Владивосток)

Д.С. Рыжаков,
соискатель
Института
нефти и газа
(Дальневосточный
государственный
технический
университет,
Владивосток)

В.В. Чайка,
соискатель
Института
нефти и газа
(Дальневосточный
государственный
технический
университет,
Владивосток)



центрированные химические вещества, а активированные растворы, то есть низкоминерализованные жидкости в метастабильном состоянии. С точки зрения природы данного явления, ЭХА представляет собой электрохимическое и электрофизическое воздействие на жидкость с содержащимися в ней ионами и молекулами в области пространственного заряда у поверхности электрода (анод или катод). В результате ЭХА вода переходит в метастабильное (активированное) состояние, проявляя при этом в течение нескольких десятков часов повышенную реакционную способность в различных физико-химических процессах. Самопроизвольно изменяясь во времени, возмущенные предшествующим внешним воздействием параметры и свойства воды постепенно достигают равновесных значений в результате релаксации [1]. Считается, что происходит диссоциация метастабильных соединений, в том числе и по причине газообмена с окружающим воздухом. Есть ряд сообщений [2-4], в которых изучалась длительности процесса сохранения окислительно-восста-

* Адрес для корреспонденции: droopy@mail.ru

новительного потенциала (ОВП) в активированной воде. В частности, было показано, что сохранить ОВП католита можно в замороженном состоянии.

На сегодняшний день ЭХА-технологии нашли применение в медицине, обработке металлов, черной и цветной металлургии, бурении скважин, разработке нефтяных и газовых месторождений, нефтехимической и химической промышленности, электронной промышленности, горном деле, транспорте, лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, промышленности строительных материалов, легкой и пищевой промышленности, коммунальном хозяйстве, водоподготовке, военном деле, сельском хозяйстве, животноводстве, птицеводстве, растениеводстве, пчеловодстве и рыбоводстве. На первых шагах коллективом Бахира В.М. было установлено, что конструкция и технологические параметры электрохимической установки влияют на свойства буровых растворов, улучшая их эксплуатационные характеристики. Авторами было показано существенное изменение физико-химических свойств прямогонного бензина, используемого в качестве сырья для процессов пиролиза, при униполярной электрохимической обработке. Также электрохимической обработке подвергалась вода с минерализацией не более 5-7 мг/л, получали раствор с высокими отрицательными окислительно-восстановительными показателями, затем переводили данный раствор в пар и направляли в пиролизную печь в соответствии с традиционным технологическим процессом. В результате возрастали выходы этилена, пропилена, дивинила, бензола. В конце 2008 г. промышленное предприятие «Лаборатория электротехнологии» прекратило выпуск всех модификаций ПЭМ и начало выпуск новых электрохимических устройств

А.Н. Гульков,
доктор технических наук, директор
Института нефти и газа
(Дальневосточный государственный
технический университет,
Владивосток)

МБ-11 и МБ-26. Представленные элементы, по мнению авторов, имеют существенные технические, технологические и функциональные преимущества по сравнению с ПЭМ. Новые модули обеспечивают возможность реализации процесса ионселективного дифрагментного электролиза для водных растворов любой степени минерализации, использование их в качестве индивидуального устройства или в виде блоков. На сегодняшний день коллектив под руководством В.М. Бахира опубликовал более 500 научных работ и более 400 изобретений, защищенных патентами России, Англии, США, Канады, Японии и других стран в области созданного нового научно-технического направления – ЭХА (www.bakhir.ru, www.vbinstitute.ru).

Область применения ЭХА-технологий крайне широка, поэтому мы остановимся лишь на некоторых направлениях.

Большой интерес представляют возможности использовать ЭХА-растворы в пищевой промышленности, например, при влиянии на активность ферментов солода [5]. Как сообщают авторы, растворы ферментов и вытяжек, приготовленных на анолите, обладали более высокой активностью, что позволяет говорить об активации ферментов. Эксперименты также показали, что оптимальное время воздействия 15 мин, дальнейшая активация не приводит к нужным результатам. При применении растворов ферментов на ЭХА-воде происходит увеличение экстрактивности солода и несоложенных материалов. Кроме того, при уменьшении нормы задачи ферментов на 12 % экстрактивность и время осахаривания оставались такими же, как и в контроле, что позволяет экономить дорогостоящие ферментные препараты. По сообщению [6], процесс ЭХА может применяться к молоку для регулирования кислотности, т.е. для раскисления молока. В качестве электролитов использовали питьевую воду, водные растворы NaCl и NaHCO_3 . Объектом исследования являлось молоко цельное, с кислотностью выше 22 – 23 °Т. Было установлено, что при использовании в качестве электролита воды с увеличением напряжения наблюдалось снижение общей бактериальной обсемененности молока. Но при этом происходили нежелательные изменения физико-химических свойств – снижалась плотность, массовая доля жира и белка, наблюдалось ухудшение органолептических показателей. При пропускании через анодную камеру водного раствора NaHCO_3 , в молоке обнаружено наличие ионов HCO_3^- , поэтому применение в качестве электролита воды и NaCO_3 посчитали нецелесообразным. При использовании в качестве электролита



GOLUBEVA N

водного раствора NaCl после обработки ЭХА органолептические показатели молока улучшились, физико-химические показатели, такие как массовая доля белка, остались без изменения, плотность по мере снижения концентрации водного раствора NaCl и силы тока незначительно снижалась, что не превышало уровень допустимой погрешности эксперимента. Значительным изменениям подверглась титруемая кислотность исследуемого молока. Так, при неизменном напряжении и плавном увеличении концентрации раствора анолита и силы тока кислотность снизилась с 22 °Т до 16 °Т, что позволило изменить сорт молока с несортového до второго и первого сорта. Также наблюдалось положительное влияние процесса ЭХА на микробиологические показатели. Результаты эксперимента показали целесообразность и перспективу применения ЭХА молока с целью регулирования его кислотности без изменения состава и с улучшением его органолептических свойств, что позволит расширить сырьевые возможности и увеличить эффективность таких важных технологических процессов производства, как сепарирование молока на предприятиях молочной промышленности. Есть сообщения об использовании ЭХА-технологий в пищевой промышленности для активации плазмы крови [7, 8].

Применение электрохимически обработанных растворов в строительном материаловедении также может стать перспективным. Имеется ряд научно-исследовательских работ, а также запатентованных способов по приготовлению бетонной смеси с применением затворной жидкости, обработанной в катодном пространстве электрохимического реактора [9, 10]. В частности, в одном из сообщений [11] отмечается, что значение устойчивости к нагрузке на изгиб в образцах, приготовленных на основе католита, достоверно значимо превышает значение в контрольных образцах на 12 %. Другими авторами отмечено увеличение прочностных характеристик бетона, улучшение удобоукладываемости бетонной смеси.

Следует уделить также внимание и биомедицинским аспектам применения ЭХА. На одно из первых мест по значимости продуктов ЭХА-технологий можно поставить высокую антибактериальную активность анолита [12], в частности, использующуюся для дезинфекции [13, 14]. Причиной бактерицидной активности являются соединения хлора (оксиды хлора, хлорноватистая кислота, гипохлорит), появляющиеся в анолите при электролизе. В работе [15] авторы поставили перед собой задачи испытать действие



нейтрального анолита на ряд возбудителей инфекционной диареи молодняка, определить оптимальный режим (дозы, кратность) применения анолита и его эффективность при массовых желудочно-кишечных заболеваниях новорожденных телят. Бактерицидное действие анолита определяли в отношении полевых штаммов бактерий видов *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *P. mirabilis*, *Salmonella dublin*, *S. enteritidis*, *Morganella morganii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*. Результаты этих исследований показали, что под воздействием анолита гибель всех названных видов бактерий, за исключением стафилококка, наступала через 5 мин., стафилококк погибал через 7 мин. Телятам, больным диареей, нейтральный анолит применяли по схеме: в первый и последующий день проявления болезни — 2 раза в сутки по 300 мл на прием. Испытание было проведено на 19 животных. В результате двухдневного применения анолита у всех телят на 3-сутки от начала возникновения диареи наступало выздоровление. Есть положительные результаты применения ЭХА-растворов при лечении болезней пчел [16]. Сообщается [17], что под действием анолита (рН 2,5-3,0) возбудитель рожи на различных объектах внешней среды погибает через 6-7 мин, что легло в основу рекомендаций его применения для дезинфекции объектов свиноводства в очагах рожи свиней. Католит при длительном назначении внутрь является эффективным и дешевым препаратом, стимулирующим рост молодняка, повышающим мясную продуктивность взрослых свиней. Длительное назначение с кормом католита способствует формированию более напряженного и продолжительного поствакцинального противорожистого иммунитета. Также сообщается [18] о комплексном лечении собак, больных чумой, с использованием внутрь анолита (рН 2-3) и католита (рН 11). Авторы предлагают назначать анолит пер-

вые 2-3 суток 2 раза в день, за 20-30 мин до кормления, в дозировке по 2 мл/кг массы тела. Последующие 2-3 суток анолит назначать так же, но через 40-50 мин назначать католит в дозе 3-4 мл на кг массы тела. Последующие дни до полного выздоровления назначать внутрь только католит, как противовоспалительное и регенерирующее средство, в дозировке по 2 мл/кг массы тела. Сообщения о многостороннем изучении биологических свойств католита многочисленны [19]. Самым важным параметром воды, с точки зрения современной биологии и медицины, является ее «заряд» – ОВП, который должен быть отрицательным, так как клетки животных и человека имеют отрицательный ОВП (-70 мВ). Патология возникает, когда отрицательный потенциал клеток (ОВП) падает ниже нормы. Активированная тем или другим способом вода имеет отрицательный ОВП, легко усваивается организмом и восполняет клеткам потерянные при патологии отрицательные заряды и энергию. Можно полагать, что в этом заключается один из основных механизмов действия католита на биологические объекты.

Тканевая гипоксия различного происхождения, например, при холодовом воздействии, коррелирующая с регрессией ОВП в сторону восстановительных значений, сопровождается накоплением молочной кислоты, тенденцией к метаболическому ацидозу и повышению кислородного запроса тканей [20, 21]. Католит при введении в биологическую систему имитирует повышение электронодонорного фона при гипоксии без нарушения кислородного снабжения организма, поскольку реальный транспорт кислорода с кровью к тканевым структурам при действии католита не претерпевает изменений [22, 23].

Ключевые слова:

электрохимическая
активация,
католит,
анолит

Можно сделать вывод, что католит, повышающий электронодонорный фон биологических сред, проявляет себя как фактор про-тивоокислительной защиты, то есть как классический антиоксидант [24, 25].

Активированная тем или другим способом вода имеет отрицательный ОВП, легко усваивается организмом и восполняет клеткам потерянные при патологии отрицательные заряды и энергию [26-28]. Есть даже сообщения о наличии у католита антимутагенных и противораковых свойств [29, 30].

Имеющиеся литературные данные показали, что введение католита в организм животных (в англоязычной научной литературе – *Electrolysis Reduced Water (ERW)* или *Alkaline Antioxidant Water (AAW)*) приводит к повышению иммунитета [31], снижению восприимчивости к простудным и инфекционным заболеваниям, положительно влияет на репродуктивные качества животных [32] и минеральный обмен [33], обеспечивает дополнительный привес [34] и даже обладает психотропным эффектом [35].

В обзоре [36] приводятся данные, из которых следует, что католит является неспецифическим активатором защитных реакций организма, нарушает динамическое равновесие и дает дополнительный стимул к росту и развитию, он оказывает системное действие на организм животных, выражающееся в изменении электролитного состава сыворотки крови, увеличении резервной щелочности, содержания кальция, изменении клеточного состава слизистых оболочек пищеварительного тракта, в активизации защитных сил, усилении на этом фоне тенденций роста и развития системы. Католит проявляет свойства модулятора иммунного ответа, способствует дифференциации кле-



ток лимфоидного роста, дальнейшей их интенсивной дифференциации в плазмоциты, резкому снижению количества эозинофилов до 40 % и лейкоцитов на 30 %, что говорит о десенсибилизирующем действии. Он способствует также увеличению количества макрофагов – основы иммунитета, в органах иммунной системы животных, подвергнутых антигенному воздействию, на 10^{-1} 5%, снижает остроту протекания воспалительного процесса. Католит обладает выраженной антиоксидантной активностью [37-39]. Уровень малонового диальдегида у больных телят достоверно снижается при введении католита с 2,4 до 2 мкмоль при $P < 0,05$, одновременно с увеличением уровня антиперекисной защиты – альфа-токоферола на 5-7 %. При облучении мышей бактерицидной лампой на расстоянии 40 см от клетки 8-9 ч в сутки, в течение 7-8 суток, развиваются клинически выраженные процессы ПОЛ, увеличивается уровень малонового диальдегида на 10 %. Католит оказывает адаптогенное действие на организм перепелок и цыплят-бройлеров при снижении дозы витаминов (А, D, Е, В) в рационе на 35 %. При выпаивании его птице в качестве питьевой воды дважды в неделю среднесуточные показатели роста и яйценоскости не снижаются. Католит обладает пребиотическими свойствами, эффективность которых сопоставима с действием пробиотических препаратов. При экспериментальном дисбиозе, вызванном длительным введением высоких доз антибиотика энрофлоксацина (в 10 раз выше терапевтических доз), католит способствует более быстрой нормализации физиологического состояния и восстановлению численности, функциональной активности микрофлоры кишечника животных в сравнении с пробиотиками «Астра» и «Биовестин-Лакто». При спонтанном дисбиозе телят (снижение титра кишечной микрофлоры на 2-3 порядка) после интенсивного курса антибиотикотерапии выпаивание католита в течение трех недель способствует увеличению титра микрофлоры и нормализации ее состава. Анолит является экологически чистым консервантом, по эффективности не уступающим химическим дезодорантам. Средняя летальная концентрация активного хлора анолита для млекопитающих в воздухе равна 0,3 мг/л. При профилактической дезинфекции помещений для животных 1 л анолита на 1 м² площади помещения расчетная концентрация активного хлора не превышает 0,12 мг/л. При проветривании, через 30 мин, она снижается до минимума. Годовая потребность хозяйств в дезинфицирующих средствах компенсирует-



ся адекватным количеством анолита, что стоит в 5 раз дешевле. Дезинфекция костного сырья и яичной скорлупы погружением в анолит с концентрацией активного хлора 300 мг/л в течение 3 ч позволяет сохранить его качество на воздухе в течение 24 ч при температуре окружающей среды 25-30 °С. В анолите в закрытой емкости хранить сырье можно длительное время.

В работе [40] исследована возможность проведения коррекции общей адаптационной реакции у женщин с нарушением липидного обмена применением электроактивированной воды в процессе прегравидарной подготовки. Было обследовано 60 женщин молодого репродуктивного возраста от 18 до 35 лет. В исследование вошли 20 условно здоровых женщин (контрольная группа) и 40 женщин с нарушением липидного обмена, проявляющегося нарушением менструальной функции, бесплодием, невынашиванием беременности и перинатальными осложнениями в анамнезе. В качестве активационного (антистрессового) и коррегирующего фактора применяли электроактивированную воду, полученную методом электроактивации прибором «Карат-М» ТУ 3468-001-51702726-2006, предназначенным для приготовления двух типов воды – анолита и католита. Предварительно измеряли ОВП водопроводной воды (+70 мВ) и полученного католита (-250 мВ) с помощью прибора ОВП-метра HI 98201 (фирма HANNA-instrument). Женщинам в течение месяца однократно через день назначали внутрь перед едой по 100 мл католита, разбавленного 100 мл свежевыжатого сока моркови, свеклы, яблок и др. (кроме виноградного сока). Было показано, что электроактивированная вода способствует положительной коррекции общей адаптационной реакции у женщин молодого репродуктивного возраста с нарушением липидного обмена, а также у условно здоровых женщин в процессе прегравидарной подготовки, что может обусловить более благоприятное течение гестационного процесса и снизить вероятность акушерских и перинатальных осложнений. Есть интересные хирургические [41], стоматологические [42, 43] и дерматовенерологические [44] работы, которые позволяют расширить границы применения ЭХА-растворов. Так, в работе [44] показано, что одновременное применение анолита местно и католита внутрь наиболее полно устраняет все установленные при псориазе нарушения, что сокращает время пребывания пациентов в стационаре на 4-5 суток и увеличивает продолжительность ремиссии более чем до 24 месяцев.



Эти исследования ЭХА-растворов показали ряд преимуществ по сравнению с традиционно используемыми лечебными средствами [45]. Во-первых, это полная биологическая совместимость и безвредность – на 50–90 % анионы и радикалы, присутствующие в католите, представлены промежуточными соединениями оксидазных реакций, которые происходят в живых клетках. Они не содержат чужеродных организму животных и человека химических элементов и соединений. Во-вторых, установлено, что католит и анолит относятся к малотоксичным соединениям 4 класса опасности и оптимум биологической активности ЭХА-растворов достигается при концентрации стабильных продуктов электролиза в тканевых средах в области $10^{-4} - 10^{-3}$ моль/л. Действие современных фармакологических препаратов, связанное с подавлением одних функций и стимуляцией других, не соответствует концепции сохранения гомеостаза. Поэтому поиск средств, действие которых основано на принципах, щадящих внутреннюю среду организма и потому влияющих на сохранение качества продукции, является актуальным направлением медицины и ветеринарии.

Явление ЭХА растворов начали изучать сравнительно давно, к настоящему времени католиты и анолиты различных растворов уже нашли широкое практическое применение в разных странах в многочисленных областях деятельности. Полного понимания процессов при получении активированных растворов до сих пор нет (причин активности, механизмов химического и биологического действия, продолжительности сохранения свойств). Дальнейшее изучение природы активированных растворов позволит повысить эффективность их использования и расширить область применения.

Литература

1. Кирпичников П.А. О природе электрохимической активации сред / П.А. Кирпичников, В.М. Бахир, П.У. Гамер, Г.А. Добреньков, А.Г. Лиакумович, Б.С. Фридман, С.И. Агаджанян // Доклады АН СССР, 1986. Т. 286. № 3. С. 663-666.
2. Пискарев И.М. Приготовление питьевой воды с отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом путём насыщения её водородом / И.М. Пискарев, Н.А. Аристова С.Н. Туголуков // Электронный журнал «МИС-РТ»-2008. Сборник № 46-2. <http://ikar.udm.ru/sb46-2.htm>
3. Петрушанко И.Ю. Неравновесное состояние электрохимически активированной воды и её биологическая активность / И.Ю. Петрушанко, В.И. Лобышев // Биофизика, 2001. Т. 46. Вып. 3. С. 389-401.
4. Петрушанко И.Ю. Физико-химические свойства водных растворов, полученных в мембранном электролизере / И.Ю. Петрушанко, В.И. Лобышев // Биофизика, 2004. Т. 49. Вып. 1. С. 22-31.
5. Храпенков С.Н. Воздействие электрохимически активированных систем на ферменты солода / С.Н. Храпенков, М.В. Гернет, В.М. Бахир // Пиво и напитки, 2002. № 5. С. 20-21.
6. Мартынова О.В. Математическое описание процесса электрохимической активации молока // Материалы III Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии и оборудование для пищевой промышленности (приоритеты развития)». Воронеж, 2009. Т. 1. С. 273-275.
7. Ильина Н.М. Влияние электрохимической активации на свойства белков плазмы крови / Н.М. Ильина, Л.В. Спивакова, А.И. Бывальцев, Н.Н. Смагина, А.В. Николайчик // Известия вузов. Пищевая технология, 2003. № 5-6. С. 41 – 43.
8. Титов С.А. Ультразвуковые исследования мясного фарша с добавлением электрохимически активированной плазмы крови / С.А. Титов, А.С. Пешков, А.А. Хвостов // Материалы III Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии и оборудование для пищевой промышленности (приоритеты развития)». Воронеж, 2009. Т. 1. С. 165-168.
9. Богачев С.Н. Патент на полезную модель №2008104443/03, 05.02.2008 «Способ приготовления бетонной смеси» Богачёв С.Н., Богачёв К.Н., Стецык В.Б., Стахов Б.Г.
10. Мироевский П.Р. Патент на полезную модель №93048855/33, 21.10.1993 «Способ приготовления активированной воды затворения бетонной смеси» Мироевский П.Р., Поляков С.М.

11. Рыжаков Д.С. Исследование физико-химических параметров воды затворения при электрохимической активации и влияние на прочностные характеристики бетона / Д.С. Рыжаков, А.Н. Гульков, В.Т. Гуляев, А.В. Козин, К.С. Голохваст // Известия Самарского научного центра РАН, 2009. Т. 11, № (2). С.340-343.
12. Бахир В.М. Дезинфекция: проблемы и решения / В.М. Бахир, Б.И. Леонов, В.И. Прилуцкий, Н.Ю. Шомовская // Вестник новых медицинских технологий. 2003. № 4. С. 78-80
13. Закомырдин А.А. Экологически безопасные электрохимически активированные дезинфицирующие растворы // Ветеринария, 2002. № 2. С. 12-14.
14. Паничева С.А. Новые технологии дезинфекции и стерилизации сложных изделий медицинского назначения. М.: ВНИИИМТ, 1998. 122 с.
15. Каврук Л.С. Применение анолита АНК при кишечной инфекции / Л.С. Каврук, Е.А. Зиборова // Ветеринарный консультант, 2002. № 23. С. 6.
16. Севастьянов Б.Г. Анолит и католит при лечении пчел // Пчеловодство, 2002. № 3. С. 26-27.
17. Складов С.П. Эффективность практического применения электрохимически активированной воды для профилактики и лечения свиней, больных рожей: Дисс. канд. ветер. наук. Ставрополь, 2008. 191 с.
18. Детцель Н.И. Влияние электрохимически активированной воды на напряженность иммунитета у собак, привитых против чумы // Ветеринария, 2007. № 5. С. 58-59.
19. Ашбах Д.С. Живая вода против свободных радикалов и старения. СПб.: Изд-во Питер, 2009. 256 с.
20. Прилуцкий, В.И. Электрохимически активированная вода: аномальные свойства, механизм биологического действия / В.И. Прилуцкий, В.М. Бахир – М.; ВНИИИМТ, 1997. 228 с.
21. Широносков В.Г. Резонанс в физике, химии и биологии. Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет», 2001. 92 с.
22. Голохваст К.С. Гистофизиологическое состояние системы местного иммунитета дыхательных путей при охлаждении и коррекции ЭХА-раствором / К.С. Голохваст, В.В. Чайка, А.Н. Старков, М.А. Штарберг, В.В. Кодинцев // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2007. № 27. С. 15-17.
23. Чайка В.В. Некоторые биологические свойства католита при действии низких температур // Вестник НГУ. Сер. Биол. и клин. мед. 2009. № 3. С. 30-33.
24. Hanaoka K. Antioxidant effects of reduced water produced by electrolysis of sodium chloride solutions // Journal of Applied Electrochemistry, 2001. № 31. P. 1307–1313.
25. Hanaoka K. The mechanism of the enhanced antioxidant effects against superoxide anion radicals of reduced water produced by electrolysis / K. Hanaoka, D. Sun, R. Lawrence, Y. Kamitani, G. Fernandes // Biophys. Chem., 2004. V. 107(1). P. 71-82.
26. Kim Mi-Ja. Preservative effect of electrolyzed reduced water on pancreatic β -Cell mass in diabetic db/db mice / Mi-Ja Kim, Kyung Hee Jung, Yoon Kyung Uhm, Kang-Hyun Leem, Hye Kyung Kim // Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2007. V. 30(2). P. 234-236.
27. Lee M.Y. Electrolyzed-reduced water protects against oxidative damage to DNA, RNA, and protein / M.Y. Lee, Y.K. Kim, K.K. Ryoo, Y.B. Lee, E.J. Park // Appl. Biochem. Biotechnol., 2006. V. 135(2). P. 133-144.
28. Li Y. Protective mechanism of reduced water against alloxan-induced pancreatic 1-cell damage: Scavenging effect against reactive oxygen species / Y. Li, T. Nishimura, K. Teruya et al. // Cytotechnology, 2002. № 40. P. 139–149.
29. Shirahata S. Electrolyzed-reduced water scavenges active oxygen species and protects DNA from oxidative damage / S. Shirahata, S. Kabayama, M. Nakano, T. Miura, K. Kusumoto, M. Gotoh, H. Hayashi, K. Otsubo, S. Morisawa, Y. Katakura // Biochem. Biophys. Res. Commun. 1997. V. 234(1). P. 269-274.
30. Ye J. Inhibitory effect of electrolyzed reduced water on tumor angiogenesis / J. Ye, Y. Li, T. Hamasaki, N. Nakamichi, T. Komatsu, T. Kashiwagi, K. Teruya, R. Nishikawa, T. Kawahara, K. Osada, K. Toh, M. Abe, H. Tian, S. Kabayama, K. Otsubo, S. Morisawa, Y. Katakura, S. Shirahata // Biological & Pharmaceutical Bulletin. 2008. V. 31(1). P. 19-26.
31. Чубирко Ю.М. Изучение влияния электроактивированных водных растворов на острое воспаление у белых крыс / Ю.М. Чубирко, А.Г. Чубирко, К.М. Резников // Аллергология и иммунология, 2008. Т. 9, № 1. С. 151.
32. Брездынюк А.Д. Влияние электроактивированных водных растворов на репродуктив-



ную функцию: автореф. дисс. кандидата медицинских наук. Курск, 2007. 22 с.

33. Левченко Ю.А. Влияние электроактивированных водных растворов натрия хлорида на водно-солевой обмен организма: автореф. дисс. кандидата медицинских наук. Курск, 2008. 24 с.

34. Аракелян К.К. Физиологическое обоснование лечебно-профилактической эффективности вариантов применения гипохлорита и куликовского цеолита при диспепсии телят: дисс. кандидата биологических наук. Благовещенск, 2004. 146 с.

35. Сабитова Е.Б. Исследование психотропных свойств электроактивированных водных растворов / Е.Б. Сабитова, Е.А. Семёнова, К.М. Резников // Психофармакология и биологическая наркология. 2007. Т. 7. (Спец. вып.). С. 1928.

36. Гомбоев Д.Д. Факторы малой интенсивности в функциональной системе водной среды организма животных (обзор литературы) // Ветеринарная патология, 2007. № 4. С.45-49.

37. Nishikawa R. Electrolyzed reduced water supplemented with platinum nanoparticles suppresses promotion of two-stage cell transformation / R. Nishikawa, K. Teruya, Y. Katakura, K. Osada, T. Hamasaki, T. Kashiwagi, T. Komatsu, Li. Yuping, Y. Jun, A. Ichikawa, K. Otsubo, S. Morisawa, X. Qianghua, S. Shirahata // Cytotechnology, 2005. V. 47, № 1-3. P. 97-105.

38. Oda M. Electrolyzed and natural reduced water exhibit insulin-like activity on glucose uptake into muscle cells and adipocytes / M. Oda, K. Kusumoto, K. Teruya, T. Hara, T. Maki, S. Kabayama, Y. Katakura, K. Otsubo, S. Morisawa, H. Hayashi, Y. Ishii, S. Shirahata // in Animal Cell Technology: Products from Cells, Cells as Products. Proceedings of the 16th ESACT Meeting April 25-29, 1999, Lugano, Switzerland. P. 425-427.

39. Park S.K. Electrolyzed-reduced water inhibits acute ethanol-induced hangovers in

Sprague-Dawley rats / S.K. Park, X.F. Qi, S.B. Song, D.H. Kim, Y.C. Teng, Y.S. Yoon, K.Y. Kim, J.H. Li, D. Jin, K.J. Lee // Biomed. Res. 2009. V. 30(5). P. 263-269.

40. Карпов П.А. Возможности коррекции общей адаптационной реакции электроактивированной водой у женщин с нарушением липидного обмена в процессе предгравидарной подготовки / П.А. Карпов, А.П. Григоренко, А.Ю. Иванова // Материалы IV съезда акушеров-гинекологов России. М., 2008. С. 110-111.

41. Гридин А.А. Применение электроактивированных водных растворов в лечении больных с гнойными ранами: автореф. дисс. кандидата медицинских наук. Воронеж, 2005. 17 с.

42. Аджиджи Ю.А. Эффективность лечения хронического генерализованного пародонтита средней степени на основе применения электроактивированных водных растворов автореф. дисс. кандидата медицинских наук. Воронеж, 2009. 23 с.

43. Латышева Ю.Н. Эффективность электроактивированных водных растворов в комплексной терапии хронического генерализованного пародонтита легкой степени: автореф. дисс. кандидата медицинских наук. Воронеж, 2008. 23 с.

44. Абу Гоуш Мохаммад А.М. Исследования эффективности применения электроактивированных водных растворов в комплексном лечении псориаза: дисс. кандидата медицинских наук. Курск, 2009. 161 с.

45. Резников К.М. Системный анализ безопасности и фармакологических свойств электроактивированных водных растворов / К.М. Резников, Ю.Н. Латышева, Ю.А. Левченко, Е.Б. Сабитова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 2008. Т. 7, № 2. С. 409-413.



K.S.Golokhvast, D.S. Ryzhakov, V.V. Chayka, A.N.Gulkov

APPLICATION POTENTIAL OF SOLUTION ELECTROCHEMICAL ACTIVATION

A brief review of recent publications on the application of electrochemical activation in many

branches of science and industry has been represented.

Key words: electrochemical activation, catholyte, anolyte

