

УДК 621.357:541.13

В.И.Прилуцкий, В.М.Бахир

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННАЯ ВОДА:
АНОМАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА,
МЕХАНИЗМ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Москва, 1995

ВВЕДЕНИЕ

Эта книга посвящена проблемам изучения свойств и принципов биологического действия электрохимически активированной воды, именуемой иногда в обиходе “живой” и “мертвой” водой. Биологическая материя в значительной степени состоит из воды. Поэтому анализ феномена электрохимической активации (ЭХА) применительно к физиологии, биохимии, биотехнологии и к смежным областям знаний непосредственно связан с вопросом о роли водных сред в жизни биологических объектов от уровня биологических молекул до многоклеточных.

Внутренняя среда организма представляет собой совокупность воднобелковых растворов или биологических жидкостей (кровь, лимфа, межклеточная тканевая среда), рассматриваемых *относительно* клеток и других структурных объектов внутри него. По выражению Клода Бернара (1865) внутренняя среда характеризуется тем, что именно в ней “живут элементарные части организма”. Поскольку речь идет о среде обитания клеток, для дальнейшего анализа данной проблемы воспользуемся экологическим подходом, предложенным И.В.Давыдовским (1962) (1) при толковании форм взаимодействия внешних и внутренних причинных факторов патологии с макроорганизмом.

Экологическое понимание внешней среды означает смещение акцентов исследования в сферу комплексного воздействия на организм физико-химических, биологических, информационных и даже космических факторов, окружающих организм *непосредственно* и находящихся с ним в динамическом взаимодействии. Аналогичным образом клетки внутри организма непосредственно контактируют со сложными водноминеральными и белковыми растворами, а также с другими клетками. Клетка и ее окологклеточная среда - это и есть внутренняя микроэкологическая система или подсистема.

Граница между макро- или микробиологическим объектом и окружающей его средой определяется факторами сегрегации или материальными структурами, образующими границу, которая разделяет вещества и субстраты на те, которые находятся вне объекта или внутри его. Подобное разделение в большинстве случаев условно, и в наибольшей мере эта условность относится к воде. Животная ткань на 70% состоит из воды, легко проникающей через все биологические барьеры и образующей в организме как бы единый субстанциональный континуум, именуемый водным сектором внутренней среды. Вода в живых тканях является наиболее универсальной общей субстанцией для внутренних экологических подсистем, а в отношении целостного организма вода, при приеме ее внутрь, после всасывания оказывается прямым физическим продолжением внешней среды.

Большая часть биологических молекул в живом организме функционирует, находясь в воде. Этим определяется интерес к взаимодействию воды с различными органическими и неорганическими компонентами. До недавнего времени считалось, что в биохимическом отношении вода сама по себе пассивна и преимущественно играет роль механического растворителя и наполнителя водного сектора, в котором происходят многочисленные активные превращения веществ. При этом биологическая (микроэкологическая) совместимость клеток и окологклеточной среды ставилась в зависимость от всевозможных концентрационных соотношений между клеткой и ее окружением. Простейший одноклеточный организм, например, инфузория, или отдельно культивируемая клетка способны жить в водных средах (естественных или искусственных) только в определенных диапазонах концентраций различных веществ,

элементов, а также в определенных границах рН, окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) и температуры. Сходные экологические ограничения существуют относительно клеток в составе органов и тканей животных и растений. Однако макро- и микроэкологическая роль структуры воды игнорировалась, и даже постановка вопроса о структурированной воде и связанных с ней физиологических эффектах рассматривалась как нечто апокрифическое.

Тем не менее, версия о принципиальной возможности изменения свойств воды безреагентным методом за счет ее структурной перестройки получила довольно широкое распространение около 30 лет назад главным образом в связи с накоплением экспериментальных данных о воде омагниченной, то есть подвергнутой обработке в магнитном поле (2). На сегодня этот вопрос остался открытым. Предположение, что химически чистая вода (вещество H_2O) может как-то менять свои характеристики при воздействиях, не связанных с добавлением в нее вещественных агентов, продолжает вызывать недоверие по крайней мере по двум причинам:

отсутствие до настоящего времени общепризнанной модели, объясняющий механизм безреагентного изменения свойств воды;

сложность или даже невозможность воспроизведения результатов ряда опытов при исследованиях в рамках данного направления.

Постепенно все же накапливались факты в пользу того, что обычная вода, подвергнутая омагничиванию, озвучиванию, взбалтыванию, освещению, нагреванию или охлаждению, замораживанию с последующим оттаиванием, приобретает **новые** качества, влияющие на кинетику происходящих в ней химических реакций, меняющих ее растворяющие, отмывающие свойства, а также биологическую и лечебную активность. Замечено, что при совершенно различных воздействиях из числа перечисленных выше изменения свойств воды проявляют одинаковую качественную направленность, что дало повод именовать такую воду **активированной** (3)

Активированная вода способствует разрыхлению накипи на паровых котлах, ускоряет проращивание семян, увеличивает привесы при поении телят, поросят, бройлеров и т.д. Все это происходит и после магнитной обработки воды, и после воздействия на нее светом, звуком, электрическим полем и даже после предварительного перемешивания. То есть конечный технологический эффект не отражает специфику активирующего фактора. Соответственно природа активации водных сред оказалась труднообъяснимой, граничащей едва ли не с метафизикой. Всевозможные термины типа “живой”, “мертвой”, “зараженной”, “энергизированной” воды сами по себе ясности не добавили. Поэтому обозначим предмет дальнейшего обсуждения более четко. Под активацией воды и других жидкостей далее будет подразумеваться сумма явлений, эффектов или новых свойств вещества, возникающая благодаря применению технических приемов управления реакционной способностью веществ (в том числе воды) без изменения их элементного химического состава.

Активированной можно назвать любую субстанцию, в которой в результате внешних воздействий запас внутренней энергии оказывается **неравновесными** для данных значений температуры и давления. Иными словами, активация - это длительно существующее неравновесное состояние. В основе такого рода состояний лежит, по-видимому, изначальная способность материи к многовариантности структурирования в зависимости от физических и химических условий. Так атомная структура молекулы определяется взаимным расположением ядер атомов, межъядерными расстояниями и валентными углами... Многие молекулы при температуре выше абсолютного нуля обладают бесконечным разнообразием атомных структур, обусловленных колебаниями атомных ядер и свободным вращением отдельных фрагментов молекул вокруг

одинарных σ -связей, которые образуются в результате перекрывания электронных орбиталей по линии, соединяющей ядра атомов. (4) Классический пример бесконечного многообразия молекулярных структур можно продемонстрировать на модели вторичного и более высоких уровней организации нуклеопротеидов. То же самое можно отнести к воде - при внешних воздействиях диполь H_2O меняет форму за счет изменения валентного угла и межъядерных расстояний. Разложение воды - крайний вариант деформации ее дипольной структуры.

Повседневный опыт показывает, что длительно существующие неравновесные состояния в водных растворах - обычное явление. В химических справочниках часто указывают, что заново приготовленный раствор годен к применению только через 2 - 3 суток пассивного стояния. Можно сказать, что в течение указанного времени его свойства стабилизируются, хотя равномерность разведения вещества достигается практически мгновенно при интенсивном перемешивании в момент разведения. Таким образом, структурные преобразования молекул растворенного вещества продолжаются десятки часов и за это время реакционная способность раствора постепенно изменяется вплоть до наступления стабилизации. Рутинными методами обычно не удается зарегистрировать длительно существующую термодинамическую неравновесность раствора или состояние его активации. Поэтому мы вынуждены оценивать степень активации водных и других жидких сред по косвенным данным, в частности, на основании конечного технологического эффекта, полученного при обработке активированной жидкостью какого-либо объекта, в том числе биологического.

При этом открывается широкое поле для догадок и гипотез. Например, активация воды при таянии льда и дальнейшем нагревании талой воды объясняется разрушением структурных ассоциатов типа $(H_2O)_x$, где x - неопределенное число, возрастающее от 3 до нескольких десятков в ассоциатах-кластерах, образующихся в ледяной воде в области точки замерзания. Ассоциация заряженных дипольных молекул воды в кластерах осуществляется за счет сил Ван-дер-Ваальса, энергия которых невелика (8 - 20 кДж/моль) и не препятствует разрушению ассоциатов при относительно слабых воздействиях. После разрушения ассоциатов в водной среде при нагревании появляются в большом количестве молекулы H_2O , более активные в химическом отношении. По этой версии активация обусловлена де структурированием воды. (3)

Впредь до получения более четких данных о природе активации жидких сред *под активацией воды и водных растворов будем понимать появление у них аномальной реакционной способности и аномальных характеристик в результате безреагентных воздействий.*

Понятие "электрохимическая активация" появилось впервые в публикациях ташкентской группы исследователей, работавших над этой проблемой с 1974 г. в системе Мингазпрома СССР. (5,6) Существует предварительная версия о соотношении понятий электролиза и ЭХА. Ее суть заключается в следующем:

разложение воды электричеством представляет собой физико-химическую модификацию состава водной среды с появлением в ней ионов H^+ , OH^- , гидратов окисей металлов, кислот, перекисных соединений и радикалов, свободного хлора, озона, перекиси водорода, аниона гипохлорита и т.д.;

ЭХА в свою очередь означает приобретение модифицированной водной средой таких свойств, которые выходят за рамки чисто химических превращений. Так, если взять продукты электролиза в чистом виде и растворить их в дистиллированной воде, то будет достигнута имитация электролиза, но не ЭХА. Однако и эта имитация электролиза весьма условна.

В случае реального электролиза водно-минеральной среды происходят многочисленные, многообразные, в значительной степени *уникальные* реакции. Чистые продукты этих реакций в полном наборе нельзя приобрести в магазине химреактивов (то есть их нельзя подвергнуть выделению и фасовке), так как многие из них синтезируются исключительно в условиях электрохимического реактора и существуют только в ЭХА-средах в совокупности с другими компонентами электрохимического синтеза (и не существуют без этих компонент). Окислительно-восстановительные характеристики ЭХА-воды или ЭХА-растворов оказываются не только невозпроизводимыми имитационным путем, но и не могут быть предвычислены на основе известных физико-химических предпосылок.

Так значения ОВП обычных (неактивированных) химических растворов определяются соотношением в них концентраций восстановленных (электронодонорных) и окисленных (электроноакцепторных) химических форм. Если в дистиллированной воде в заданных пропорциях растворить восстановленную и окисленную формы какого-либо соединения, то образуется химическая редокс-пара. При погружении в этот раствор системы разнородных электродов (например, платинового и хлор-серебряного) без каких-либо перегородок в межэлектродном пространстве между этими электродами возникнет электрический потенциал. Данный потенциал будет меняться вполне предсказуемым образом при искусственных изменениях отношений компонент редокс-пары путем внесения в среду соответствующих реактивов.

Если же в такую химическую систему внести в избытке сильный восстановитель или окислитель иного молекулярного состава, то буферная емкость ранее существовавшей редокс-пары окажется исчерпанной. Соответственно ОВП полученной смеси будет характеризовать крайние степени восстановления (при избытке восстановителя) или окисления (при избытке окислителя), то есть милливольтметр регистрирует ОВП, типичный для концентрированных сильных восстановителей или окислителей. В этом случае ОВП легко вычислить с помощью несложных расчетов.

При электролизе водно-солевых сред с высоким уровнем минерализации значительные сдвиги рН и ОВП можно объяснить за счет электрохимического синтеза больших масс кислот и щелочей. Однако по мере усовершенствования технических средств электрохимической обработки водных сред сконструированы электролизеры диафрагменного типа, позволяющие производить униполярную (анодную и (или) катодную) обработку воды с низким фоном минерализации 0,01 - 0,2 г/л. При таких условиях высокие концентрации кислых или основных продуктов электролиза не могут быть достигнуты. Тем не менее при анодной и (или) катодной обработке пресной, ультрапресной и даже дистиллированной воды получается анолит и католит, тождественные по характеристикам рН и ОВП исключительно крепким неактивированным растворам кислот и щелочей. При этом в анолите и в католите получаются такие сочетания рН и ОВП, которые вообще не могут быть смоделированы в обычных химических растворах, не подвергавшихся электрохимическим воздействиям. Это и есть одно из наиболее ярких аномальных свойств ЭХА-воды, обнаруженное в исследованиях ташкентской группы.

Термин *активация* представляется в данном случае наиболее подходящим, так как он подразумевает усиление электронодонорных или электроноакцепторных свойств водно-минеральных сред или воды (в том числе образцов предельно деминерализованной воды), выражающихся в обмене энергией между раствором или водой с веществом электрода на основе переноса свободных электронов.

Водные растворы могут считаться активированными только в течение периода существования аномальных свойств или времени релаксации, по завершении которого

признаки аномальности исчезают и в жидкой среде устанавливается классическое термодинамическое равновесие, сопровождающееся переходом к типичной для обычных (неактивированных) химических растворов функциональной зависимости рН и ОВП. Биокаталитическая активность ЭХА-растворов также относится к числу их аномальных характеристик, что создает предпосылки безреагентного, безмедикаментозного управления биологическими (в том числе биотехнологическими) процессами.

В 1985 г. представление об ЭХА, как о новом классе физико-химических явлений, составляющих основу специального научно-технического направления, было сформулировано В.М.Бахиром (7), что способствовало началу широкой серии исследований по данному вопросу. Значимость феномена ЭХА для учения о физиологическом гомеостазе определяется расширением возможности биофизического управления тонкой структурной организацией воды в составе живых тканей и процессами электронного обмена в биологических субстратах.

Глава 1. ПЕРВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФЕНОМЕНА ЭХА.

1.1. Как была открыта “живая” и “мертвая” вода.

В лаборатории электротехнологии Среднеазиатского НИИ природного газа (зав. лаб. В.М.Бахир) было установлено, что буровые растворы, приготовленные на католите технической воды с различной степенью минерализации, обнаруживали ряд полезных свойств, являющихся аномальными относительно буровых растворов на основе необработанной воды: образование мелкодисперсных однородных взвесей, не расслаивающихся при длительном стоянии; направленные изменения вязкости растворов. При контакте ЭХА-растворов с породами увеличивалась их смачиваемость, что способствовало лучшему размягчению пород. Показатели водоотдачи буровых растворов существенно повышались. Расход реактивов, добавляемых обычно в буровые растворы для регулирования рН, уменьшался в 10-100 раз, что давало хороший экономический эффект.

Одновременно обнаружилась повышенная биологическая активность ЭХА-воды. Орошение семян хлопка католитом пресной воды стимулировало всхожесть и последующий рост растений. Обработка же семян анолитом уменьшала коэффициент всхожести практически до нуля. При этом последующий полив католитом делянки, засеянной семенами хлопка, ранее смоченными в анолите, приводил к интенсивному росту хлопчатника.

Рабочими буровых установок в условиях пустыни было замечено, что при купании в емкостях, наполненных католитом, у них улучшалось самочувствие, излечивались экзематозные процессы на коже, ускорялось заживление ссадин. Действие католита на кожу также предотвращало солнечные ожоги. В свою очередь анолит проявлял бактерицидные, вяжущие и коагулирующие свойства.

Данная совокупность случайно обнаруженных свойств ЭХА-воды дала повод называть католит “живой” и, соответственно, анолит - “мертвой” водой. Эти термины применительно к ЭХА-растворам впервые ввел В.М.Латышев. (8) После 1985 г. различные группы исследователей в Ташкенте, Казани и Нижнекамске разработали собственные подходы к развитию ЭХА. В Москве с 1987 г. регулярные исследования ЭХА начали проводиться в учреждениях Минхимпрома, Минвуза РСФСР, Минздрава СССР и в ряде СП.

1.2 Развитие и разработка новых технических средств ЭХА.

Усовершенствование электрохимических устройств шло по линии создания долговечных, экономичных, экологически чистых, токсикологически безопасных, удобных в эксплуатации реакторов стационарного и проточного типа, позволяющих включать их без каких-либо сложных промежуточных согласующих систем в различные современные технологические процессы. Большое внимание уделялось миниатюризации элементов и узлов при одновременном повышении удельной производительности и экономичности изделий за счет использования новых материалов и технологических схем.

В 1988 г. на основе накопленного практического опыта и теоретического анализа была сформулирована концепция рационального конструирования электрохимических реакторов для униполярной электрохимической обработки воды с диапазоном содержания солей от уровня, близкого к дистиллированной воде, до насыщенных солевых растворов. Был создан реактор проточный электрохимический (РПЭ) нескольких типоразмеров.(9) РПЭ сконструирован из параллельно расположенных проточных миниатюрных электрохимических модулей ПЭМ с коаксиальным расположением внешнего трубчатого и внутреннего стержневого электродов с трубчатой керамической диафрагмой между ними, представлен на рис. 1.1. Диафрагма ПЭМ является ультрафильтрационной и имеет протекание в пределах 0,5 - 2.0 мл/м²·ч·Па. Установленная между электродами, она позволяет эффективно реализовывать основные условия электрохимической униполярной обработки воды, протекающей через анодную и катодную камеры. Типоразмер РПЭ определяется количеством модулей ПЭМ в его составе.

При обработке водных сред в модуле ПЭМ все продукты электрохимических реакций, включая высокозаряженные метастабильные частицы, полностью поступают в протекающую водную среду и насыщают ее, равномерно распределяясь по объему. В результате из анодной и катодной камер электролизера выходят отдельно анолит и католит с физико-химическими характеристиками, определяемыми величиной тока, объемной подачей водной среды и ее минеральным составом.

С 1988 г. ВНИИИМТ НПО “Экран” разрабатывает и выпускает проточные электрохимические установки (электролизеры) типа СТЭЛ и “Изумруд” на основе реактора РПЭ. Установки СТЭЛ предназначены для выработки моющих, дезинфицирующих и стерилизующих ЭХА-растворов. Установки “Изумруд” предназначены для доочищения и улучшения свойств питьевой воды.

1.3. Факторы физико-химической активности ЭХА-сред.

На основании экспериментов по ЭХА с помощью электролизеров различного типа сделан ряд обобщений относительно свойств ЭХА-растворов. (10) Выделены группы факторов, обуславливающих физико-химическую активность анолита и католита:

- 1) стабильные продукты электрохимических реакций, стабильные кислоты, основания и т.д. ;
- 2) высокоактивные неустойчивые продукты электрохимических реакций с периодом существования до десятков часов (в том числе свободные радикалы);
- 3) долгоустойчивые квазиустойчивые структуры, сформированные в области объемного заряда у поверхности электродов, как в виде свободных структурных комплексов, так и гидратированных оболочек ионов, молекул, радикалов, атомов.

Факторы первой группы определяют в основном кислотные и щелочные свойства ЭХА-сред, определяющие значения рН. Факторы второй группы усиливают

окислительные (электроноакцепторные) свойства анолита, а также восстановительные (электронодонорные, противоокислительные) свойства католита, обуславливающие аномальные характеристики ОВП. Факторы третьей группы придают ЭХА-средам каталитические (в том числе биокаталитические) свойства.

Факторы 2-й и 3-й групп могут быть получены только в уникальных условиях электрохимического синтеза. Имитация их иным путем невозможна. Долгоживущие квазиустойчивые структуры в ЭХА-средах возникают у поверхности электродов в электрическом поле напряженностью до нескольких миллионов Вольт на сантиметр. Они вызывают модификацию активационных энергетических барьеров между взаимодействующими атомно-молекулярными компонентами, осуществляя, таким образом, активацию электрохимически обработанной воды по показателям каталитической активности.

В упрощенной форме основные процессы, происходящие в электролизере, можно представить следующим образом:

- 1) окисление воды на аноде: $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2$;
- 2) восстановление воды на катоде: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$;
- 3) образование на аноде газообразного хлора в хлоридных растворах: $2\text{Cl}^- - 2\text{e} \rightarrow \text{Cl}_2$;
- 4) образование в анодной камере высокоактивных окислителей:
 $\text{Cl}_2\text{O}, \text{ClO}_2, \text{ClO}^-, \text{HClO}, \text{Cl}^\bullet, \text{O}_2^\bullet, \text{O}_3, \text{HO}_2, \text{OH}^\bullet$;
- 5) образование в катодной камере высокоактивных восстановителей:
 $\text{OH}^-, \text{H}_3\text{O}_2^-, \text{H}_2, \text{HO}_2^\bullet, \text{HO}_2^-, \text{O}_2^-$.

Наличие в анолите достаточного количества сильных окислителей и свободных радикалов превращает его в раствор с сильно выраженными биоцидными свойствами. Католит, насыщенный восстановителями, приобретает высокую адсорбционно-химическую активность, а также сильные моющие свойства.

Образцы анолита и католита водных сред с различными уровнями минерализации характеризуются резкими сдвигами pH и ОВП относительно исходных значений: в анолите - pH снижен, ОВП увеличен до крайних положительных (окислительных) значений, в католите - pH увеличен и ОВП уменьшен до крайних отрицательных (восстановительных) значений.

При проведении pH-метрии и измерении ОВП (редоксметрия) водных растворов обычных химических реактивов и водных сред на основе неактивированной воды названные показатели распределяются в следующих диапазонах значений (с точностью до порядка) : pH = 0 - 12,5 ; ОВП = от (-100) до 700 мВ по показателям платинового электрода при хлор-серебряном электроде (ХСЭ) сравнения.

Как известно значения ОВП, измеренные с помощью указанной электродной пары, систематически превышают приблизительно на 200 мВ данные измерений, полученные с помощью платинового электрода относительно нормального водородного электрода (НВЭ). В лабораторных условиях получены следующие реальные сочетания крайних значений pH и ОВП в растворах химических реактивов: концентрированная серная кислота pH = 0,3 ; ОВП = 680 мВ, ХСЭ ; насыщенный раствор КОН pH = 12,3 ; ОВП = (-60) мВ, ХСЭ ; насыщенный раствор хлорной извести $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ pH = 11,5 ; ОВП = 570 мВ, ХСЭ и так далее. Выше отмечалось, что при разведении водой соединений указанного типа показатели pH постепенно приближаются к значениям pH растворителя (в данном случае - воды). Сдвиги pH сопровождаются регрессией ОВП, коэффициент которой составляет приблизительно (-60) мВ на единицу pH. То есть, если в процессе разбавления кислоты дистиллированной водой значение pH в растворе возросло на 1,0, то ожидаемое

уменьшение ОВП составит 60 мВ. При разбавлении водой щелочи уменьшению рН на 1,0 соответствует увеличению ОВП на 60 мВ.

Сочетанные или сопряженные значения показателей рН и ОВП, полученные при одновременном проведении рН-метрии на одном образце водного раствора какого-либо соединения являются ковариантными. Их пара именуется *ковариантой*. В прямоугольной системе координат любая коварианта рН и ОВП изображается точкой на плоскости.

В ЭХА-растворах на основе водно-минеральных сред с различными уровнями минерализации крайние ковариантные сочетания рН и ОВП следующие:

для анолита - рН= 0 - 1,0 ; ОВП = 1000 - 1150 мВ, ХСЭ ;

для католита - рН= 11,5 - 12,5 ; ОВП = от (-750) до (-850) мВ, ХСЭ .

Таким образом, диапазон колебаний рН ЭХА-сред практически совпадает с размахом колебаний этого параметра у неактивированных растворов. Однако крайние характеристики ОВП ЭХА-растворов существенно выходят за пределы распределения этого параметра в растворах, не подвергавшихся электрохимическому воздействию. В обычных лабораторных условиях достичь таких отклонений от нуля ОВП водных сред с помощью добавок различных реактивов к неактивированной воде невозможно. Соответственно аномальные изменения ОВП водно-солевых сред, полученные в процессе униполярной электрохимической обработки, указывают на перспективу управления значениями аналогичного показателя в жидких лечебных, а также биологических средах.

1.4. Медико-биологические предпосылки электрохимического регулирования окислительного равновесия внутренней среды организма.

Непосредственные измерения ОВП в крови, тканях живого организма, физиологических выделениях не получили особого распространения, так как считалось, что редоксметрия в данном случае не дает принципиально новой информации по сравнению с рН-метрией и измерениями рО₂, показателей кислотно-щелочного статуса (КЩС), перекисного гомеостаза и т.д. Тем не менее, вопрос о физиологических последствиях направленных изменений ОВП в организме не лишен практического смысла. Прежде всего, это связано с проблемой анализа механизмов влияния ЭХА-сред на биологические процессы.

Действие ЭХА на биологические объекты может осуществляться прямым и косвенным путем. Известен следующий способ прямой электрохимической обработки жидких биологических сред: электроокисление крови или ее отдельных фракций на платиновом аноде в специальной ячейке малым током (не более 14 мА). (11)

На поверхности анода подвергаются окислению почти все токсические соединения, метаболические шлаки (кроме мочевины и уксусной кислоты) и многие ксенобиотики. Метод прямой электрохимической детоксикации прошел этап испытаний на подопытных животных. Полученные результаты были обнадеживающими. Однако терапевтическая эффективность метода оказалась недостаточной, поскольку для повышения степени детоксикации требовалось увеличить рабочий ток более, чем до 14 мА, что не отвечает требованиям биосовместимости электрохимической ячейки с кровью пациента. Данный метод пока не получил клинического распространения.

В случае косвенного электрохимического воздействия на биологический объект производится первичная электрохимическая обработка какого-либо материального посредника, который затем вступает в контакт с означенным объектом. Прием внутрь анолита или католита обуславливает в организме физико-химические и физиологические

эффекты, косвенно определяющиеся модификациями ЭХА-сред, полученных при электролизе в электрохимических реакторах диафрагменного типа. Использование католита пресной воды для питья официально разрешено медицинскими службами Японии. (12)

В нашей стране в период увлечения “живой” и “мертвой” водой многочисленные энтузиасты употребляли католит и анолит растворов хлорида натрия различной крепости по самым разнообразным поводам. Разумеется, в современных условиях подобный стихийный подход к апробации нового лекарственного средства представляется архаическим и, в конечном итоге, незаконным. И все же опыт, накопленный в процессе самолечения ЭХА-растворами, показывает следующее. Анолит и католит с характеристиками рН, тождественными таковым у крепких кислот и щелочей, не проявляли агрессивности к тканям человека. Очевидно, что кислота с рН = 1 - 2 или щелочь с рН = 11 - 12 при нанесении их на кожу, слизистую оболочку или рану вызвали бы, как минимум раздражение, а как максимум, химический ожог. Однако при обработке кожи, слизистых или раневых поверхностей анолитом с рН = 1 - 2 или католитом с рН = 11 - 12 в том случае, если ЭХА-растворы с такими значениями рН имеют минерализацию не более 3 г/л, ожог не возникал, хотя биологическая активность ЭХА-растворов проявлялась со всей очевидностью.

Из сказанного *не следует*, что ЭХА-среды, полученные на самодельных диафрагменных электролизерах, заведомо пригодны для терапевтических целей. Тем не менее очевидно, что крайние отклонения рН и ОВП в анолите и католите сами по себе практически безопасны. То есть опасность самолечения “живой” и “мертвой” водой обусловлена именно самим фактом *самолечения*, но отнюдь не факторами ЭХА, как таковыми.

В настоящее время клиническую проверку прошел метод косвенного электрохимического окисления токсинов и метаболитических шлаков в организме, основанный на внутривенном введении в сосудистую систему электрохимически синтезированного раствора гипохлорита натрия. (11) Лечебный раствор гипохлорита натрия вырабатывался в аппарате ЭДО-2 (разработка Института электрохимии АН СССР) в процессе анодного окисления изотонического раствора хлорида натрия. В организме в присутствии органических веществ гипохлорит натрия освобождает содержащиеся в его молекуле “активный кислород”, окисляя токсические и балластные (шлаковые) соединения. Гипохлорит хорошо проникает через клеточные мембраны и осуществляет детоксикацию не только объема циркулирующей крови, но и значительной части объема водного сектора. В терапевтических дозах гипохлорит натрия не оказывает заметного токсического последствие.

1.5. Непрямая электрохимическая обработка сыворотки крови крупного рогатого скота в диализаторе аппарата “искусственная почка”. (Стендовые эксперименты).

Диализная обработка сыворотки крови крупного рогатого скота проводилась с помощью физиологического раствора, подвергнутого униполярному катодному воздействию. В качестве перфузата использовалась консервированная бычья сыворотка (рН исходный = 7,8), подкисленная уксусной кислотой до рН = 7,35 - 7,4 с добавлением мочевины до концентрации 1%. То есть производилась имитация метаболитических нарушений при почечной недостаточности. Перфузат в объеме 0,5 л заливался в емкость, оттуда роликовым насосом (насос перфузата) подавался на вход диализатора крови с объемной скоростью 30 - 40 мл/мин. Использовался волоконный диализатор фирмы

“Фрезениус” марки Д1 на основе купрофана, производство ФРГ. Из диализатора перфузат возвращался в исходную емкость. Таким образом, перфузия сыворотки через систему емкость-насос-диализатор осуществлялась по замкнутому контуру.

Диализный раствор готовился на основе физиологического раствора хлористого натрия, доведенного до рН = 7,35 - 7,45 добавкой бикарбонатного концентрата (фирма “Диал Медикал Суппли”, Англия), который в объеме 20 л заливался в отдельную емкость, откуда с помощью дополнительного перфузионного насоса (насос диализного раствора) подавался через раздвоенный патрубок на вход катодной и анодной камер диафрагменного электролизера. В качестве электролизера использовалась установка СТЭЛ, работающая на основе РПЭ. Скорость протекания диализного раствора через электролизер регулировалась производительностью насоса диализного раствора. Распределение подачи диализного раствора в катодную и в анодную камеры регулировалось управляемым зажимом.

Регулировку объемной подачи диализного раствора производили так, чтобы его поступление в катодную камеру составляло 75 мл/мин, в анодную камеру - не более 10 мл/мин.

Из катодной камеры электролизера диализный раствор подавался на вход диализной полости диализатора крови, после чего отработанный раствор удалялся в слив. Таким образом, контур циркуляции диализного раствора работал в проточном режиме. Порция диализного раствора, проходящая через анодную камеру, необходимая для замыкания электрической цепи электролизера, удалялась в слив по отдельному катетеру. Электролизер подсоединялся к источнику питания марки Б-5-47 с шагом 0,01 А регулирования силы тока, подключение источника тока к сети переменного тока 220В, 50 Гц.

Схема рабочего стенда для непрямой электрохимической обработки сыворотки крови крупного рогатого скота в диализаторе аппарата “искусственная почка” представлена на рис. 1.2

Эксперимент начинался одновременным включением насоса перфузата и насоса диализного раствора, объемная подача перфузата 30 - 40 мл/мин, объемная подача диализного раствора 75 мл/мин. В начальной фазе эксперимента проводили перфузию в течение 15 мин. при выключенном источнике тока. Затем включали источник тока и устанавливали ток 0,02 - 0,03 А на фоне ранее заданных значений объемной подачи диализного раствора в катодную и в анодную камеры. Диализ с электрохимической (катодной) обработкой диализного раствора проводили в течение 185 мин. - общая продолжительность опыта (включая начальный 15-минутный отрезок диализа при выключенном источнике тока) составляла 200 мин.

Редокс и рН-метрия проб диализного раствора и перфузата проводилась на 1-й и 14-й минутах опыта при невключенном токе и на 45-й, 75-й и 200-й минутах опыта, после того как включали ток на 15-й минуте диализа. рН измеряли рН-метром “Элвро” (Польша), ОВП измеряли иономером “рН-340”. Результаты измерений представлены в таблице 1.1

Таблица 1.1

Изменения показателей рН и ОВП сыворотки крови крупного рогатого скота при непрямой электрохимической (катодной) обработке в диализаторе аппарата “искусственная почка”.

Время, :		Ток, :		Показатели	
мин.	:	А	:		
:	:			Диализный раствор	: Перфузат

		на входе		на выходе			
		диализатора		диализатора			
		рН	ОВП	рН	ОВП	рН	ОВП
1	0	7,40	190	7,45	40	7,40	50
14	0	7,45	180	7,40	100	7,40	120
45	0,03	7,50	-85	7,35	-110	7,35	-140
75	0,02	7,50	-110	7,35	-130	7,55	-170
200	0,03	7,55	-130	7,70	-150	7,80	-170

Примечание: точность измерения рН $\pm 0,05$; ОВП ± 20 мВ ;
количество экспериментов - 3, рН и ОВП диализного раствора на входе диализатора измерялись на выходе камеры.

Таким образом, при проведении диализа сыворотки крови крупного рогатого скота без электрохимической обработки диализного раствора с рециркуляцией перфузата по замкнутому контуру устанавливается равновесие показателей рН. ОВП перфузата в исходном состоянии ниже, чем у диализного раствора. В процессе 15-минутной перфузии без электрохимической обработки ОВП перфузата увеличивается, приближаясь к значению ОВП диализного раствора. Показатели ОВП диализного раствора на выходе диализатора симметрично уменьшаются относительно входных показателей.

В результате катодной электрохимической обработки диализного раствора слабым постоянным током получался католит с рН = 7,5 - 7.55 и ОВП от (-85) до (-130) мВ, ХСЭ. Показатели рН перфузата в процессе диализа с помощью католита физиологического раствора постепенно увеличиваются до 7,8, а ОВП перфузата становится отрицательным и даже оказывается ниже на 40 - 60 мВ ниже входных отрицательных ОВП диализного раствора. При ОВП < 0 абсолютная величина этого показателя |ОВП| характеризует *восстановительный потенциал* среды. Аналогичным образом ОВП > 0 именуется *окислительным потенциалом* среды.

Из данные таблицы 1.1 видно, что в конце опыта рН и восстановительный потенциал диализного раствора на выходе диализатора становятся *выше*, чем на входе. Восстановительный потенциал перфузата к этому моменту в свою очередь превышает аналогичные показатели диализного раствора, то есть в процессе не прямой катодной обработки сыворотки в контуре рециркуляции происходит самовозрастающее углубление восстановительных свойств этой биологической жидкости. Добавочная регрессия ОВП в обработанной сыворотке действует на ОВП диализного раствора по принципу обратной связи.

Данная гипотеза подтверждена следующими наблюдениями. По окончании опыта перфузат, подвергнутый не прямой катодной обработке, депонировался в исходной емкости на лабораторном столе в контакте с атмосферным воздухом при температуре 24°C. Через 15 ч характеристики перфузата после диализной обработки католитом физиологического раствора стали следующими: рН = $7,8 \pm 0,05$; ОВП = $(-580) \pm (20)$ мВ, ХСЭ. Характеристики обработанного перфузата через 100 ч пребывания в комнатных условиях: рН = $7,8 \pm 0,1$; ОВП = $(-620) \pm (40)$ мВ, ХСЭ.

Результаты эксперимента показали, что продолжительный контакт жидкой биологической среды (сыворотки крови) с католитом солевого раствора, отделенным от биологической среды полупроницаемой мембраной, приводит к ее защелачиванию (сдвиг рН от 7,4 до 7,8) и к глубокому сдвигу ОВП в сторону отрицательных (восстановительных) значений. Препарат сыворотки бычьей крови при таких условиях

сохранял обычный вид, цвет не изменялся, преципитаты не выпадали. Интересно, что рН закисленной сыворотки после трансмембранной обработки католитом восстанавливался именно до тех значений (7.8), которые консервированная сыворотка имела в исходном (свежем) состоянии. То есть буферные свойства данной биологической среды восстанавливались только за счет непрямого ЭХА без внесения в нее щелочных реактивов.

Выводы: 1) с помощью электрохимического воздействия возможно регулирование ОВП биологических сред в широких пределах без изменения химизма и рН рутинными реагентными способами; 2) первичное не прямое ЭХА-воздействие на биологическую жидкость обладает вторичным последствием, в частности, в виде самовозрастания индуцированных восстановительных свойств.

1.6. Вероятный диапазон сдвигов ОВП внутренних сред организма при питье католита.

Обычные суточные дозы ЭХА-растворов (“живой” и “мертвой” воды) при приеме их внутрь составляют 300 - 400 мл. Японская фирма IONIKA Co, Ltd (12) считает, что объем “ионизированной” воды, выпиваемой отдельными лицами в течение дня, может достигать 1 - 2 л. После всасывания в желудке и кишечнике объемы выпитой жидкости внутри организма сначала смешиваются с объемом циркулирующей крови (ОЦК). У взрослого ОЦК составляет до 6 л. Соответственно питьевая порция объемом 300 мл подвергается при смешивании с ОЦК разведению в пропорции 0,3 : 6 или 1 : 21. Затем выпитая жидкость постепенно диффундирует в водный сектор организма (у взрослого около 42 л), при этом степень ее разведения достигает пропорции 1 :100 - 1 : 200 (необходимо учитывать, что за время диффузии выпитой воды в ткани организма, часть ее выводится из крови почками). В Японии некоторые пациенты потребляли католит питьевой воды в больших дозах, так что расчетная пропорция разведения католита в их организме могла достигать 1 : 30. Чтобы оценить возможные сдвиги рН и ОВП в ОЦК и в водном секторе организма после приема внутрь католита питьевой воды был поставлен следующий эксперимент.

С помощью модуля ПЭМ получали католит водопроводной воды с минерализацией 0,2 г/л. Характеристики католита: рН = 10,7 ; ОВП = (-750) мВ, ХСЭ. Брали три образца свежесконсервированной бычьей сыворотки с показателями рН = 7,77 ±0,05 ; ОВП = 60 ±30 мВ, ХСЭ. Создавая в сыворотке различные пропорции разведения католита 1:100; 1 : 50 ; 1 : 20 ; 1 : 10, измеряли рН и ОВП. Результаты измерений представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Показатели рН и ОВП сыворотки крови крупного рогатого скота при добавлении к ней католита в разных пропорциях.

Разведения католита	pH	ОВП, мВ,ХСЭ
(0) Исх. сыворотка	7,77 ±0,05	60±30
1 : 100	7,80 ±0,05	-30±10
1 : 50	7,80 ±0,07	-70±20
1 : 20	7,82 ±0,05	-140±30
1 : 10	7,82 ±0,03	-175±50

Таким образом, даже самое низкое (1:100) разведение крепкого католита в сывороточной среде привело к регрессии ОВП порядка минус 100 мВ, что сопровождалось незначительным защелачиванием.

По мере увеличения дозы католита, добавленного в сыворотку, сдвиги ОВП в сторону отрицательных значений углубляются и достигают величин порядка минус 200 мВ при разведении католита в сыворотке в пропорции 1 : 10. При суточном стоянии сыворотки с добавленным католитом показатели pH не менялись, ОВП оставался в области отрицательных значений или релаксировал до 0. Дальнейшего углубления регрессии ОВП в пробе при этих условиях не отмечалось.

Биологические среды, как правило, гетерогенны по своему составу.

В полости желудка католит взаимодействует с кислым желудочным соком, с пищевыми массами и т.д. В связи с этим проводили проверку способности католита вызывать регрессию ОВП и в этих условиях.

Желудочное содержимое моделировали растворением ацидин-пепсина в питьевой воде в концентрации 5 мг/л (одна таблетка препарата массой 0,25 мг на 50 мл воды). В полученный раствор ацидин-пепсина добавляли католит на основе воды с минерализацией 1 г/л. В исследуемых пробах измеряли pH и ОВП. Полученные результаты показаны в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Показатели pH и ОВП в растворе ацидин-пепсина при добавлении католита слабоминерализованной воды.

Проба	pH	ОВП, мВ,ХСЭ
Исх. раствор ацидин-пепсина	2,15	500
Исх. католит	10,5	-540
Католит+р-р ацидин-пепсина 1:100	2,16	445
Католит+р-р ацидин-пепсина 1:10	2,18	75

Таким образом “живая вода” при питье передает свои восстановительные характеристики раствору ацидин-пепсина, моделирующему желудочное содержимое, что выражается в существенном уменьшении ОВП практически без изменений величины pH.

Вода в полости желудка частично всасывается в кровь, частично перемещается с пищевыми массами в 12-перстную кишку и далее. При этом pH жидких биологических сред на путях транспорта воды будет меняться от кислых значений в желудке до нейтральных значений в крови и до щелочных значений в 12-перстной кишке. Проверка возможности сохранения восстановительных характеристик католита на этапах его транспорта из внешней среды во внутреннюю среду энтеральным путем (полость желудка и далее) проводилась с помощью следующего модельного опыта.

Католит слабоминерализованной воды с pH=10,5 и ОВП=(-400) мВ, ХСЭ добавлялся в пропорции 1 : 10 к исходному раствору ацидин-пепсина концентрацией 5мг/л с pH=2,2 и

ОВП= 470 мВ, ХСЭ. В полученной смеси католита и раствора ацидин-пепсина устанавливались показатели рН=2,25 и ОВП= 100 мВ, ХСЭ. Затем к смеси католита и раствора ацидин-пепсина добавляли КОН из расчета 1 г/л, что провоцировало резкий сдвиг рН в щелочную сторону до 9,0-9,5. Таким образом католит, смешанный с кислым желудочным содержимым, как бы перемещался в среду с щелочными свойствами. Подобный переход сопровождался дальнейшей регрессией ОВП до (-40) мВ, ХСЭ. В растворе КОН той же концентрации на основе питьевой воды рН=11,9 при ОВП =20 мВ, ХСЭ. При добавлении КОН из расчета 1 г/л в исходный (контрольный) раствор ацидин-пепсина без добавки католита рН увеличивался до 9,0-9,8, ОВП снижался до 180-220 мВ, ХСЭ. Графики зависимостей ОВП от рН в растворах ацидин-пепсина без добавки и с добавкой католита до и после защелачивания представлены на рис. 1.3.

Следовательно, в данном случае ЭХА-раствор (католит) в процессе имитации его последовательного транспорта через среды с резкими перепадами рН обуславливает в этих средах (при смешивании с ними) существенные сдвиги ОВП в сторону восстановительного диапазона. Это дает основания предполагать, что прямое проникновение ЭХА-растворов в организм обуславливает направленные сдвиги ОВП тканевых жидкостей. В результате микробиологические условия существования различных клеточных популяций внутри организма будут меняться предсказуемым образом.

1.7. Окислительно-восстановительный ареал среды обитания микроорганизмов.

По данным Т.М. Lotts (13) микроорганизмы разных типов и групп живут и размножаются на питательных средах только в определенных диапазонах величин ОВП, зависящих от кислотно-щелочных характеристик этих сред. Различные коварианты рН и ОВП искусственных питательных сред определялись добавками к ним биметаллического порошка (гранулята) марки KDF Media, содержащего металлические компоненты цинка и меди. За счет разности стандартных электродных потенциалов цинка и меди ($E^{\circ}_{Zn} = (-0,76)V$; $E^{\circ}_{Cu} = 0,34V$) среда, контактирующая с KDF Media, подвергается окислительно-восстановительному воздействию, вследствие чего меняется ее показатель ОВП. На рис. 1.4 показана область сочетанных значений рН и ОВП (область распределения ковариантов рН и ОВП), совместимых с жизнью микробов. За пределами указанной области распределения сочетаний рН и ОВП вегетация бактерий не происходит. В интервале значений рН питательных сред от 3 до 8 диапазон ОВП, совместимый с жизнью микроорганизмов, сравнительно широк и составляет по вертикали 600-800 мВ. На средах с повышенной кислотностью (рН = 2-3) или с повышенной щелочностью (рН = 8-10) интервал величин ОВП, совместимых с вегетацией микроорганизмов, постепенно сужается от 500 до 100 мВ по мере приближения к крайним значениям рН.

Бактерии с повышенной кислотоустойчивостью, выживающие на средах с рН = 2-3, не дают роста при ОВП < 400-550 мВ, ХСЭ и при ОВП > 900-1050 мВ, ХСЭ. Микроорганизмы, адаптированные к умеренно кислым средам (рН = 4-5), выживают в диапазоне ОВП от 100-200 мВ, ХСЭ до 900-950 мВ, ХСЭ. На нейтральных средах (рН = 7-8) микроорганизмы жизнеспособны при ОВП от (-130) - (-30) мВ, ХСЭ до 700 - 820 мВ, ХСЭ. На защелаченных средах (рН = 9-10) диапазон значений ОВП, совместимых с жизнью бактерий, от (-120) мВ, ХСЭ до (-50) мВ, ХСЭ.

Таким образом, на примере микробных клеток (Procariota) видно, что отклонения ОВП в сторону восстановительных (отрицательных) или окислительных (положительных) величин сами по себе не делают среду “живой” или “мертвой”. Очевидно, для различных

биохимических процессов и физиологических функций существует свой оптимум ОВП. Аналогичным образом существуют значения окислительного и восстановительного потенциалов, при которых жизнедеятельность отдельных биологических объектов (молекулярных, внутриклеточных, клеточных, тканевых или макроскопических) становится невозможной. Следовательно, крайние значения ОВП (положительные или отрицательные) в равной степени абиотичны.

Изменения ОВП биологических жидкостей в составе внутренней среды многоклеточных организмов в норме и патологии изучены недостаточно. В отношении крови, лимфы, межклеточной жидкости и цитоплазмы соматических клеток значения ОВП по существу не нормированы. Соответственно, возникает проблема более детального исследования биологического и физиологического значения этого физико-химического параметра.

Глава 2. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ “ЭЛЕКТРОННОГО РАВНОВЕСИЯ” ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СУБСТРАТОВ.

2.1. Толкование понятия “окислительно-восстановительный потенциал”.

Классическое понятие “электрический потенциал” означает работу переноса единичного положительного заряда из одной точки электрического поля в другую. Согласно принципу относительности перенос электрона равносителен удалению от него соответствующего положительного заряженного электронного акцептора. Потенциал ионизации атома водорода (H) означает, что для перенесения его единственного электрона в бесконечность (относительно протона) должна быть затрачена энергия, эквивалентная $21,60 \cdot 10^{-19}$ Дж или 13,5 эВ. Соответственно при возвращении электрона на свою орбиталь или при попадании его на орбиталь другого акцептора выделяется эквивалентное количество энергии, характеризующей “электронное сродство” акцептора. (14).

На шкале ионизационных потенциалов для биологических субстратов относительно бесконечности ионизационный потенциал воды (I_{H_2O}) обладает наибольшим значением 13,2 эВ для реакции $H_2O \rightarrow H_2O^+ + e$ (начальная реакция в процессе радиолиза воды). Работа ионизации газообразного водорода (H_2) составляет 15,4 эВ, газообразного кислорода (O_2) - 12,5 эВ.

Если рассматривать воду как наиболее инертный биохимический субстрат и принять ее энергетические характеристики за начало отсчета, то получим шкалу, на которой биологические субстраты распределяются в порядке убывания ионизационных потенциалов, что означает уменьшение энергии, необходимой для отрыва электронов с орбиталей в составе этих соединений. Суммарная энергия E, освободившаяся или затраченная при электронных переходах, определяется по формуле:

$$E = I_d - E_a + d, \quad (1)$$

где: I_d - энергия ионизации соединения, отдающего электроны (донорного соединения),

E_a - энергия, освобождающаяся при переходе электрона на свободную орбиталь восстанавливаемого акцепторного соединения, эВ,

d - прибавка, связанная с химической модификацией акцептора.

При проведении окислительно-восстановительных реакций между парами веществ, одни из которых являются донорами электронов или восстановителями, а другие их акцепторами или окислителями (именуемыми также редокс-парами или окислительно-восстановительными парами), совершается перенос определенного числа электронов (n-

электронов = ne) и затрачивается E . Соответственно потенциал φ при переносе одного электрона определяется :

$$\varphi = E/n, \text{ В} \quad (2)$$

где: φ - ОВП данной редокс-пары, отнесенной к числу электронных переносов.

Свободная энергия окислительно-восстановительной системы (ΔG) определяется формулой Гиббса:

$$\Delta G = n \cdot F \cdot \Delta \varphi, \quad (3)$$

где: n - количество переносимых электронов,

F - число Фарадея,

$\Delta \varphi$ - разность потенциалов переноса электронов от донорного соединения к акцепторному.

На шкале ионизационных потенциалов молекулярный кислород расположен существенно "правее" молекулярного водорода, а также ионов водорода ($I_H = 13,5 \text{ эВ}$). Термодинамический расчет показывает, что восстановление водорода до воды протекающее со взрывом характеризуется потенциалом $\varphi = 1,227 \text{ В}$, что численно не совпадает с разностью ионизационных потенциалов, хотя определенная близость сравниваемых величин есть: $I_H - I_{O_2} = 1 \text{ эВ}$.

ОВП соответствует работе по переносу электронов от окисляемого элемента или соединения к восстанавливаемому или от восстановителя к окислителю, концентрации которых обозначаются символами

[Red] и [Ox]. Стандартный ОВП (φ_0) для отдельных редокс-пар измеряют следующим образом, (см. рис. 1.2). В качестве стандартного датчика используют нормальный водородный электрод, представляющий собой химическую систему H^+/H_2 при $pH = 0$ (т.е. 1 молярный раствор ионов водорода) при 1 атм. и $t = 25^\circ\text{C}$. Его помещают в камеру 1, а в аналогичную камеру 2 - тестируемую систему восстановителя и окислителя в равновесных одномолярных концентрациях при 1 атм. и 25°C . Камеры 1 и 2 соединяют между собой агаровым мостиком, обеспечивающим электропроводность. В них погружают электроды из инертного металла (обычно из платины) и соединяют шунтом, снабженным высокоомным вольтметром для регистрации напряжения тока, возникающего в замкнутой цепи.

Возможны следующие ситуации:

1) Редокс-система в камере 2 обладает электронодонорными свойствами относительно системы H^+/H_2 в камере 1. В этом случае электрод в камере 2 заряжен отрицательно относительно электрода в камере 1 и движение электронов идет от камеры 2 к камере 1. Возникающий при этом ОВП регистрируется как отрицательный относительно **нормального водородного электрода (НВЭ)** при указанных условиях.

2) Редокс-система в камере 2 является электроноакцепторной относительно НВЭ. Электрод в камере 2 заряжается положительно электрода в камере 1. Движение электронов - от камеры 1 к камере 2. ОВП регистрируется как положительный относительно НВЭ при тех же условиях.

3) Электронные донорно-акцепторные свойства химических систем в камерах 1 и 2 одинаковы, что соответствует ОВП = 0 мВ, НВЭ.

В этом случае система H^+/H_2 в водном растворе при $pH = 7,0$ при 1 атм. и $t = 25^\circ\text{C}$ имеет ОВП = (-0,42) В относительно самой себя при тех же условиях, **но при $pH = 0$** , что обычно обозначается как ОВП водорода по шкале НВЭ.

Стандартные ОВП биохимических редокс-пар распределяются в диапазоне от (-0,67) В до 0,82 В, НВЭ (α -оксоглутарат/сукцинат + $CO_2 \div O_2 + 4H^+ \leftrightarrow 2H_2O$). Последнюю величину называют обычно ОВП кислорода, что по физическому состоянию

соответствует полному насыщению воды кислородом при данном атмосферном давлении и температуре. Таким образом разность ОВП кислорода и водорода по шкале НВЭ равна 0,82 - (-0,42) или 1,24 В. Отличие этой величины от потенциала реакции синтеза воды 1,227 В связано с округлениями (в некоторых источниках эта разность потенциалов округляется до 1,23 В, оценивая ОВП кислорода в 0,81 В).

Следовательно существуют как бы два крайних состояния воды *при нормальных условиях*: предельная оксигенация с ОВП = 0,82 В, НВЭ (или 1,020 В,ХСЭ) и деоксигенация с предельным насыщением газообразным водородом с ОВП = (-0,42)В,НВЭ (или (-0,22) В,ХСЭ).

По определению Г.В.Сумарукова (15) в живых системах (*in vivo*) в тканевых жидкостях существует стационарный ОВП ($\varphi_{ст}$), который отражает *соотношение суммарных концентраций окисленных и восстановленных форм* и “служит мерой тенденции системы становиться окисленной или восстановленной”. Иными словами стационарный ОВП отражает донорные или акцепторные свойства тестируемой живой системы относительно НВЭ. Стационарный ОВП для конкретных окислительно-восстановительных пар определяется по формуле Нернста:

$$\varphi_{ст} = \varphi_0 + \{2,303 \cdot R \cdot T \cdot \lg([Ox] / [Red])\} / n \cdot F ; \text{pH}=7,0-\text{const} \quad (4)$$

где: φ_0 - стандартный ОВП данной редокс-пары при pH=7,0, при 1 атм. и 25°C относительно НВЭ;

R - газовая постоянная Больцмана;

T - абсолютная температура, °K;

n - число переносимых электронов;

F - число Фарадея.

Для практических расчетов формула (4) может быть представлена в упрощенном виде:

$$\varphi_{ст} = \varphi_0 + \{0,06 \cdot \lg([Ox]/[Red])\} / n \quad (5)$$

При $t = 37^\circ\text{C}$ коэффициент перед логарифмом в формуле Нернста имеет значение 0,0626/n. При вычислениях, не требующий особой точности, данной температурной поправкой можно пренебречь. Отклонение $\varphi_{ст}$ от φ_0 при различных окислительно-восстановительных реакциях в диапазоне отношений [Ox]/[Red] от 0,1/99,9 (99,9% восстановителя) до 99,9/0,1 (99,9% окислителя), рассчитанные по формуле (5) приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Расчетные отклонения стационарных ОВП от равновесных значений в зависимости от отношений окисленных и восстановленных форм и количества электронных переносов (ne).

Содержание форм, %		$\varphi_{ст} - \varphi_0, \text{ В}$		
[Ox]	[Red]	ne=1	ne=2	ne=5
0,1	99,9	-0,18	-0,90	-0,035
1	99	-0,12	-0,60	-0,024
10	90	-0,057	-0,029	-0,011
25	75	-0,029	-0,015	-0,006
50	50	0,000	0,000	0,000
75	25	0,029	0,015	0,006
90	10	0,057	0,029	0,011

99	1	0,12	0,60	0,024
99,9	0,1	0,18	0,90	0,035

Как следует из табл. 2.1, по мере восстановления или окисления субстрата расчетные приращения ОВП (положительные и отрицательные) достигают десятков мВ, для одноэлектронных реакций до ± 180 мВ относительно равновесных значений.

В сложных многокомпонентных химических, в том числе биохимических, системах окислительно-восстановительные пары находятся в сложных комбинациях и постоянно меняющихся соотношениях. Значения рН существенно зависят от баланса окисленных и восстановленных форм и в свою очередь влияют на ОВП. Стационарные значения ОВП с учетом фактора рН определяются по

формуле:

$$\varphi_{\text{ст}}^* = \varphi_{\text{н}} + \{0,06 \cdot \lg([\text{Ox}]/[\text{Red}])/n\} - 0,06 \cdot \text{pH}, \quad (6)$$

где: $\varphi_{\text{ст}}^*$ - стационарный ОВП с поправкой на рН;

$\varphi_{\text{н}}$ - ОВП для данной редокс-пары относительно НВЭ при равновесии концентраций окисленных и восстановленных форм, при рН=0 и равно $\varphi_0 + 0,42$ В.

Из этого следует, что при увеличении рН на единицу регрессия ОВП составит 0,06 В или 60 мВ (при $t = 25^\circ\text{C}$) или 62,6 мВ (при 37°C). Этот момент подтверждается эмпирическими показателями редокс-метрии в средах с заранее заданными значениями рН. Значение φ_0 для рН=7,0 отражает энергию (E_0), необходимую для отрыва электрона от донорного соединения, то есть соответствует его способности окисляться при данном рН и определяется:

$$E_0 = E_0 + 3,8 \text{ эВ}, \quad (7)$$

где: E_0 - численно равно стандартному ОВП (НВЭ), выраженному в эВ.

Величина E_0 существенно меньше ионизационного потенциала, так как после схода электрона с орбитали на его перемещение в бесконечность нужна дополнительная энергия.

Энергетическая интерпретация стандартных ОВП в биохимии сводится к оценке свободной энергии метаболических (обменных) реакций. Так ОВП для цепи окислительного фосфорилирования составляет 1,14 В и эта реакция является двуэлектронной ($n=2$). По формуле Гиббса получаем:

$$\Delta G = -2 \cdot 23,062 \cdot 1,14 = -52,6 \text{ ккал/моль},$$

то есть свободная энергия системы убывает в результате фосфорилирования, сопровождающегося переносом двух электронов к водороду по цепи дыхательных ферментов. Перевод ΔG в размерность эВ и ее деления на два электронных переноса при разности ОВП, равной 1,14 В, дает точное значение 1 эВ, что и соответствует определению данной физической единицы (16). Аналогичным образом рассчитывается энергетика любых окислительно-восстановительных процессов. Однако физиологическая значимость ОВП определяется не только энергетическими эквивалентами, но и способностью этого показателя регулировать общий биохимический и биофизический статус внутренней среды организма.

2.2. ОВП как показатель электронного равновесия жидких биологических сред организма.

При физиологических и тем более патологических состояниях насыщение тканей организма кислородом, молекулярным водородом и ионами водорода (показатель рН) варьируют в довольно широких пределах. Другими словами, в биологических средах постоянно поддерживается электронный статус, определяющий электронодонорные или электроноакцепторные свойства биологических жидкостей относительно НВЭ в диапазоне значений рН=6,0 (при некробиозе) до 7,8 (кровь при метаболическом алкалозе). Этого достаточно, чтобы при прочих равных условиях вызвать изменения ОВП порядка 100 мВ в тканях и органах. Перепад рН на мембране митохондрий, имеющих толщину 6-8 нм, составляет 1,4 ед (с внутренней стороны мембраны рН ниже). То есть расчетный вклад рН в формирование разности ОВП на мембране митохондрий составляет величину порядка 80 мВ. Соответственно напряженность электрического поля на мембране митохондрии может достигать порядка 10^4 В/см, что неизбежно сопровождается мощными электроосмотическими процессами с перетоком воды против градиента ОВП.

Как известно транспорт ионов H^+ и электронов через мембраны митохондрий подчиняется следующим закономерностям. Протоны накапливаются на внешней стороне мембраны и в пространстве между наружным и внешним контуром мембраны. Электроны переносятся на внутреннюю поверхность мембраны и при взаимодействии с молекулярным кислородом образуют ион-радикал кислорода по реакции: $O_2 + e^- \rightarrow (O_2)^{\bullet-}$. В результате внутренняя поверхность мембраны митохондрии заряжена отрицательно и является *электронодонорной* относительно внутренней среды митохондрии с ее низким рН, а также относительно положительно заряженной *электроноакцепторной* наружной поверхности митохондриальной мембраны. При этом внешняя цитоплазматическая среда, непосредственно контактирующая с митохондрией, имеет сравнительно высокий рН и является *электронодонорной* относительно наружной поверхности мембраны митохондрии. Следовательно, система митохондриальной мембраны и окружающих ее жидких сред характеризуется электронной неравновесностью и в этом смысле *активирована*. За счет различия знаков зарядов (поляризации) на поверхностях мембраны митохондрии возникает разность потенциалов, провоцирующая транспорт протонов с внутренней поверхности мембраны на ее внутреннюю поверхность. Мембрана митохондрии оказывает сопротивление переносу протонов. Для преодоления этого сопротивления необходим трансмембранный градиент ОВП не менее 200 мВ. Если трансмембранный градиент ОВП > 200 мВ, то ионы H^+ переносятся с внешней поверхности митохондриальной мембраны внутрь митохондрии по ионным каналам фермента АТФ-синтетазы, встроенного в митохондриальную мембрану. На внутренней поверхности мембраны протоны взаимодействуют с кислородом, образуя воду: $1/2 O_2 + 2H^+ \rightarrow H_2O$. Энергия транспорта протонов через мембрану митохондрии расходуется для фосфорилирования молекулы АДФ до АТФ: $АДФ + \Phi \rightarrow АТФ$, где Φ -фосфорный остаток. Таким образом, усиление электронодонорного фона вокруг митохондрии должно сдерживать окислительное фосфорилирование, напротив, усиление электроноакцепторных свойств среды вокруг митохондрии должно стимулировать накопление энергии в митохондрией, что является предпосылкой усиления тканевого дыхания.

Учитывая фазный характер протекания биохимических процессов нельзя дать однозначный ответ о действии анолита или католита на общий метаболизм. Предполагаемое торможение энергогенеза в митохондриях при действии католита в сочетании с вероятным подавлением биологического окисления должно сопровождаться экономией биохимических внутриклеточных энергоносителей (глюкозы и продуктов

гликолиза). Но при этом транспорт электронов через митохондриальную мембрану может возрастать за счет прямого внешнего действия на митохондрию электронодонорных факторов катодной активированной воды. В конечном итоге после релаксации метастабильного электронодонорного фона вне митохондрии, обусловленного действием католита, и накопления ион-радикалов кислорода на внутренней поверхности оболочки митохондрии трансмембранный градиент ОВП резко возрастает. Это сопровождается ресинтезом АТФ, увеличением энергетического ресурса клетки и активацией общего метаболизма.

Сильные восстановители в биохимических цепочках способны отдавать электроны нескольким окислителям с более высокими ОВП. В свою очередь акцепторы, получившие электроны, восстанавливают другие окислители с еще более высокими потенциалами. Избыток восстановителя, принадлежащего редокс-паре с относительно высоким стандартным потенциалом, ведет к восстановлению окислителя другой редокс-пары с относительно низким стандартным потенциалом, если общий суммарный ОВП системы в результате накопления восстановителя окажется ниже стандартного ОВП второй окислительно-восстановительной пары. (17) Таким образом, если в сложной окислительно-восстановительной системе преобладает один восстановитель или окислитель (или их группа), то меняются электронодонорные или электроноакцепторные свойства всей системы относительно любой из входящих в ее состав окислительно-восстановительных подсистем. Возникает эффект установления или навязывания химическим системам различных суммарных (фоновых) уровней ОВП, (φ_s) что создает предпосылки для управления соотношением восстановленных и окисленных форм.

При помещении гомогенатов живых тканей в среды с различными заранее заданными значениями ОВП происходило уравнивание концентраций восстановителя и окислителя именно в тех редокс-парах, для которых стандартные ОВП совпадали с навязанными. Поскольку исходные концентрации восстановленных и окисленных форм этих редокс-пар в составе гомогенатов не были сбалансированы, то очевидно, что действовало следующее правило:

$$\varphi_{ст} \rightarrow \varphi_0 \text{ при } \varphi_0 = \varphi_s, \text{ где } \varphi_s - \text{ суммарный, навязанный ОВП.}$$

Поскольку φ_0 является частным случаем $\varphi_{ст}$, то при любом значении φ_s , отличающимся от $\varphi_{ст}$, будет действовать более общее правило:

$$\varphi_{ст} \rightarrow \varphi_s.$$

При φ_s неравно φ_0 отношение окисленной и восстановленной форм для каждой отдельной редокс-пар будет подгоняться под величину $\varphi_{ст}$ (чтобы соблюдалось равенство (6)).

Среды, обладающие как определенными, так и электронодонорными свойствами, способны соответственно восстанавливать соединения с большими ОВП или окислять соединения с меньшими ОВП. Так как восстановители являются мишенями для окислителей, то по мере увеличения суммарного ОВП концентрации восстановительных компонент редокс-пар со стандартным потенциалом ниже навязанного подвергнутся депрессии. При уменьшении суммарного ОВП восстановленные формы редокс-пар с более высокими стандартными потенциалами получают преимущество. Если ОВП среды находится приблизительно в середине биологической шкалы этого показателя (то есть в области 10-100 мВ,НВЭ или 210-300 мВ,ХСЭ), это означает, что созданы условия для преимущественного окисления молочной кислоты, пирувиата, трикарбоновых кислот цикла Кребса, то есть для аэробного расщепления промежуточных продуктов углеводного обмена.

Добавление к биологическим средам сильных окислителей с превышением суммарного ОВП (φ_s) 200 мВ, НВЭ (или больше 400 мВ, ХСЭ) вызовет окисление гемоглобина до метгемоглобина или до оксигемоглобина при действии O_2 , отберет электроны от аскорбиновой кислоты с превращением ее в дегидроформу, окислит желтые дыхательные ферменты и тем самым нарушит их функцию. Однако химическая регуляция ОВП в живых системах далеко не всегда приводит к однозначным результатам. В организме теплокровных максимальные значения $pO_2 = 100-105$ мм.рт.ст. существуют в артериальной крови при оксигенации в ней гемоглобина на 99%. Показатель рН артериальной крови слегка сдвинут в щелочную сторону до значения 7,4 (в норме). При таких условиях теоретически ожидаемое расчетное значение ОВП, вычисленное по формуле (6), равно $\approx 0,2$ В, НВЭ. Приведем этот расчет:

$$1) \varphi_o (\text{гемоглобин- ферро/ферри}) = 0,16 \text{ В} ;$$

2) после подстановки ОВП редокс-пары “оксигемоглобин-гемоглобин” (0,16 + 0,42) В в формулу (6) при $n=2$ получим:

$$(0,16 + 0,42) + \{0,06 \cdot \lg(99/1)\} / 2 - 0,06 \cdot \text{pH} \approx 0,2 \text{ В} .$$

В венозной крови при $pO_2 = 45-50$ мм.рт.ст. доля оксигемоглобина составляет около 60%. Расчет по формуле (6) для этих условий дает ОВП $\approx 0,15$ В, НВЭ. Так как рН венозной крови лишь немного ниже, чем в артериальной, то фактор не будет в этом случае существенно влиять на ОВП. Здесь необходимо учитывать, что расчетные показатели ОВП, вычисленные относительно редокс-пары “гемоглобин-оксигемоглобин”, характеризуют локальный физико-химический статус внутриклеточной среды эритроцита. Но цельная кровь является многофазной (гетерогенной) средой, содержащей большое количество окисленных и восстановленных химических соединений. Поэтому электронравновесные свойства мембран клеток крови, макромолекулярных компонент плазмы крови, сывороточной фракции и водно-минеральных сред в составе крови могут иметь свои локальные характеристики, существенно отличающиеся друг от друга.

При движении “вниз” по кислородному каскаду ожидаемые значения ОВП должны уменьшаться по мере регрессии pO_2 . При углублении в тканевой массив (при переходе через гистогематический барьер) рН убывает на 1-1,5 ед., создавая тенденцию к увеличению ОВП на 0,06-0,09 В, то есть вклад в снижение ОВП за счет снижения pO_2 частично нейтрализуется за счет фактора уменьшения рН. В этих условиях реальный ОВП тканевых и клеточных систем в организме будет определяться совокупностью концентраций всех окислителей и восстановителей, присутствующих в тканевых и внутриклеточных жидкостях.

Если биологическая среда обладает большим или меньшим редокс-потенциалом, это не означает, что она автоматически окисляет или восстанавливает вещество, соответственно имеющее меньший или больший редокс-потенциал относительно φ_s . Реакция не произойдет, если энергия активации недостаточна велика и нет катализатора. Однако в тех случаях, когда энергия активации превышает критический порог, то в присутствии катализатора (фермента) отношение $[Ox]/[Red]$ для конкретной редокс-пары при расчете по формуле (6) становится *функцией*, в то время как $\varphi^*_{ст}$, тождественный φ_s , играет роль *аргумента*.

В тканях организма в процессе биологического окисления энергетических субстратов устанавливаются определенные соотношения концентраций окисленных и восстановленных компонент конкретных редокс-пар. Например, лактат - восстановленная форма пировиноградной кислоты - накапливается в тканях в

концентрации 0,0020 моль/л, пирувиат - окисленная форма молочной кислоты - присутствует в тканях в концентрации 0,0001 моль/л. (18) Таким образом для нормальных тканей характерно отношение [пирувиат]/[лактат] = 1:20. В результате расчета по формуле (6) при $n=2$; $pH=7,0$; $\Phi_{0[\text{пирувиат/лактат}]} = (-0,18) \text{ В,НВЭ}$; $[\text{Ox}]/[\text{Red}] = [\text{пирувиат}]/[\text{лактат}] = 1:20$ имеем:

$$\Phi_{\text{ст}}^* = -0,18 + 0,42 + \{(0,06/2) \cdot \lg(1/20)\} - 0,06 \cdot 7 = -0,22 \text{ В,НВЭ}.$$

Таким образом, теоретически ожидаемый ОВП в области превращений “лактат \leftrightarrow пирувиат” $+2\text{H} + 2\text{e}^-$ составляет (-220) мВ,НВЭ или (-20) мВ,ХСЭ.

Теоретически рассчитанный каскад ОВП от артериальной крови до места непосредственного преобразования продуктов гликолиза в тканевом массиве составляет, таким образом, 200 мВ,НВЭ \rightarrow (-220) мВ,НВЭ (400 мВ,ХСЭ \rightarrow (-20) мВ,ХСЭ). То есть модуль регрессии ОВП в направлении от артериальной крови к тканям превышает 400 мВ. Расчет дает основания предполагать, что ОВП тканевых сред находится в области восстановительных (отрицательных) значений по шкале НВЭ и ХСЭ.

2.3. Окислительно-восстановительный потенциал внутренних сред организма: физиологический и патофизиологический смысл, проблемы измерения и регулирования.

Значения стандартного ОВП для химических компонент, присутствующих в живых системах, в норме очевидно не превышают 0,82 В,НВЭ (кислород). При радиоллизе воды образуются перекисные радикалы (HO^{\bullet}_2 , OH^{\bullet}), имеющие потенциал выше 1,5 В,НВЭ. (19)

Минимальный стандартный ОВП у пары α -оксоглутарат/сукцинат + CO_2 равен (-0,67) В,НВЭ. Таким образом, весь диапазон ОВП, представляющий интерес для физиологии и патофизиологии, или полная биологическая шкала ОВП составляет ряд от (-67) В,НВЭ до 1,5 В,НВЭ. Прямые измерения ОВП в тканях мышц дают разброс результатов от (-0,15) до 0,17 В,НВЭ. (20) Наименьшие ОВП зарегистрированы в тканях с низким кровообращением, находящихся в состоянии глубокой дезоксигенации и метаболического ацидоза (накопление лактата), что имеет место в частности в опухолях. В опытах на животных при введении в организм различных химических препаратов (типа восстановителей) перепады ОВП в тканях и органах достигали (-0,19) В относительно исходного уровня. (21) С учетом возможности фармакологически индуцированных отклонений ОВП в тканях в отрицательную сторону можно считать типичными колебания этого показателя от (-0,3) до 0,2 В,НВЭ. Отмечается мозаичность тканевого ОВП, что побуждает исследователей ориентироваться главным образом на относительные изменения этого параметра в различных экспериментально созданных ситуациях.

ОВП среды, в которой находятся редокс-пары, определяют направление или возможность окислительно-восстановительной реакции, но не является ее пусковым механизмом, так как протекание реакции зависит от энергии активации взаимодействующих молекул, в том числе, от наличия соответствующих катализаторов. Нижняя граница ОВП в глубине тканевых сред (предположительно на митохондриях) может быть косвенно подтверждена дополнительным расчетом. При интенсивной физической работе в анаэробных условиях выработка молочной кислоты возрастает в 10 и более раз, что приводит к уменьшению отношения “пирувиат/лактат”. Для формирования такого соотношения указанных окисленной и восстановленной форм требуется ОВП порядка от (-0,25) до (-0,3) В,НВЭ, если pH тканевой среды не менее 7,0. Если же аноксия приводит к уменьшению pH до зоны риска некробиоза, что

соответствует $pH=6,0$ и ниже, то при допущении $[Ox]/[Red] = 1:1000$ расчетная величина ОВП для такой тканевой системы составит:

$$\varphi_{ст}^* = (-0,18 + 0,42) + \{0,03 \cdot \lg(1/1000)\} - 0,06 \cdot 6 = -0,21 \text{ мВ.НВЭ.}$$

Этот результат практически совпадает с данными измерений, проведенных Г.В.Сумаруковым (20) в массивах аноксических опухолевых тканей, в которых идет тканевой распад, но при этом на определенных стадиях некробиоза происходит накопление биохимических восстановителей, например, лактата.

Чрезмерно низкие и высокие ОВП в живом организме достигаются при введении в ткани мощных восстановителей и окислителей, что сопряжено с риском прямых химических повреждений из-за денатурации белковых структур. В очагах некробиоза тканевое дыхание по существу прекращается и приостанавливается синтез промежуточных продуктов гликолиза. Остаточные концентрации восстановленных и окисленных метаболитов могут сохраняться в тканях, находящихся на различных этапах парабиоза, и вносить свой вклад в формирование φ_s . Но в данном случае сформированное значение φ_s не может само по себе изменить соотношение $[Ox]/[Red]$ окислительно-восстановительных систем, находящихся в пассивном состоянии.

По мере того, как некротизирующаяся ткань расходует ресурс лактата, ОВП некротической зоны должен увеличиваться.

Однозначное толкование “полезности” или “вредности” сдвигов ОВП внутренней среды организма едва ли целесообразно на современном этапе. Достоверны лишь следующие моменты. Если тем или иным способом клеточному или тканевому массиву навязано определенное значение φ_s или ОВП, то недоокисленные формы тех или иных окислительно-восстановительных пар, которые имеют меньшие стандартные ОВП, будут стремиться к концентрациям, удовлетворяющим равенству:

$$\varphi_s = \varphi_o + (0,06/n) \cdot \lg X, \quad (8)$$

где: n - число переносимых электронов,

$$X = [Ox]/[Red]$$

Для двуэлектронной реакции после преобразований имеем:

$$\lg X = (\varphi_s - \varphi_o) / 0,03 \quad (9)$$

В соответствии с формулой (9) практически полное окисление субстрата происходит, когда $X > 1000$ и $\lg X > 3$, $\varphi_s - \varphi_o > 0,09$ В. Так как $\varphi_s - \varphi_o$ и $\varphi_{ст} - \varphi_o$ равны-тождественны, то в соответствии с данными табл. 2.1 можно показать, что навязывание биологическому субстрату ОВП, отличающихся от стандартных на $(+90) - (+120)$ мВ, приводит соответственно редокс-пары с $\varphi_o < \varphi_s - 90$ мВ в состояние практически полного преобладания восстановленных форм и редокс-пары

с $\varphi_o > \varphi_s + 90$ мВ в состояние практически полного преобладания окисленных форм. Например, если для лактата $\varphi_o = (-180)$ мВ,НВЭ, то навязывание ОВП от (-270) до (-300) мВ,НВЭ (или $(-70) - (-100)$ мВ,ХСЭ) и менее способствует созданию в тканях депо молочной кислоты, хотя из этого отнюдь не следует, будто аэробное окисление продуктов распада глюкозы приостановится. По-видимому пирувиат в этих условиях будет образовываться в прежних или близких к ним количествах после того, как закончится накопление лактата на новом уровне.

В противоположной ситуации при насыщении организма сильным окислителем - кислородом при гипероксигенации в барокамере, возникает сдвиг ОВП внутренней среды в положительную сторону. Но такое изменение ОВП не влияет существенно на утилизацию O_2 тканями, так как суммарная масса субстратов, подвергающихся биологическому сжиганию, не зависит от содержания избыточного кислорода в тканях.

Вещества, снижающие ОВП во внутренней среде организма, действуют или опосредованно через фактор кислорода, т.е. за счет уменьшения pO_2 , или оказывают аналогичное действие независимо от изменений pO_2 (к числу последних относятся цистеин, глутатион, витамин Е). (22) Низкие значения ОВП в злокачественных опухолях коррелируют с плохим кровоснабжением и общим анаэробным характером обмена веществ в этих новообразованиях. Но искусственная оксигенация опухолевых тканей не приводит к возникновению пастеровского эффекта, то есть к переключению метаболизма на аэробный путь ввиду отсутствия в опухолях необходимых ферментных систем. Преобладание в раковых клетках анаэробного гликолиза является причиной низких ОВП, но не следствием того, что низкие ОВП навязаны опухолевой системе первично.

По крайней мере для одной области терапевтических воздействий показана достоверная лечебная эффективность направленного снижения ОВП внутренней среды обширной группы живых существ от насекомых до млекопитающих. Еще в 1970 г. Г.В.Сумаруков систематизировал литературные данные и показал в эксперименте, что уменьшение ОВП тканей и органов, а также жидких биологических сред, сопровождается радиопротекторным действием *независимо от того, каким именно методом вызвано снижение ОВП* (гипоксия, введение антиоксидантов или выработка эндогенных радиопротекторов). При этом в организме происходит нейтрализация окисленных продуктов за счет создания условий их взаимодействия с избытком восстановленных молекул. В результате снижается риск необратимых перекисных повреждений биосубстрата. Необходимо отметить, что введение в организм восстановителей само по себе не гарантирует значительных отрицательных сдвигов ОВП в тканях. Во всяком случае это не удастся сделать с помощью параэнтерального введения глюкозы, пирувиата, янтарной кислоты, валина, аланина, метиленового синего.

Цистеин, цистамин, цистеамин, диэтилпропанол, гистамин, глутатион, тиомочевина, нитрит натрия, фруктоза, эфир (при ингаляционном наркозе), цитрат натрия, цианистый натрий, метионин при введении их в организм уменьшают локальные значения ОВП мышечной ткани на 140-170 мВ, соответственно с уменьшением модуля регрессии в порядке перечисления. Этиловый спирт уменьшает ОВП мышцы на 13 мВ, что подтверждает хорошо известное в быту слабое противолучевое действие этого вещества. Но в целом проблема управления ОВП внутренней среды организма разработана слабо в связи с рядом методических трудностей.

Значения стандартных ОВП фармакологических препаратов не являются достоверным ориентиром при их применении с целью снижения ОВП живых тканей. Стандартные ОВП различных веществ и степень уменьшения ОВП мышцы бедра экспериментальных животных (мышей) при параэнтеральном введении этих веществ указаны в табл.2.2 (21)

Таблица 2.2. Стандартные ОВП (ϕ_0) некоторых веществ и сдвиг ОВП ($\Delta\phi_s$) в мышце бедра при их параэнтеральном введении.

Вещество	Доза, мг/кг	Способ введения	ϕ_0 мВ,НВЭ	$\Delta\phi_s$ мВ
Глюкоза 5%	5500	в.б.	-450	0
Пирувиат	250	в.б.	-180	0
Цистеин	950	в.б.	-140	-140
Тиогликолевая кислота	150	в.б.	-140	-15
Валин	223	в.б.	-115	0
Аланин	180	в.б.	-48	0

Глутатион-SH	1600	п.к.	-23	-6
Этанол	625	в.а.	-20	-13
Метиленовый синий	25	в.б.	-11	-10
Янтарная кислота	250	в.б.	0	0
Адреналин	2	в.б.	380	-10

Примечание:

в.б. -внутрибрюшинно, п.к. -подкожно,

в.а. -внутриартериально.

Таким образом, корреляция стандартных ОВП фармакологических агентов и их способность изменять ОВП в ткани оказалась в данном случае довольно слабой. Из одиннадцати веществ, представленных в таблице, только цистеин вызвал в мышце сдвиг ОВП, адекватный его электронодонорной активности. Но, чтобы получить подобный эффект у взрослого человека, необходимо около 70 г. цистеина, что на практике нереально не только по медицинским, но и по коммерческим соображениям.

Необходимо также учитывать, что стандартные ОВП веществ, указанных в табл. 2.2, и ОВП в растворах этих веществ в составе фармакологических композиций нетождественны. Поэтому в случаях применения традиционных химиотерапевтических методов конкретные значения ОВП во внутренних биологических средах организма труднопредсказуемы.

Технические возможности измерения ОВП в живом организме крайне ограничены. При внесении жидких биологических сред в камеру измерительной системы (рис. 1.2) неизбежны модификации ОВП в результате контакта биологических сред с чужеродными материалами и с газами атмосферы (особенно с кислородом). Введение игольчатых электродов в организм осуществима только инвазивным способом. Область введения электродов должна быть изолирована от воздуха, а сам биологический объект во время инвазивной редокс-метрии должен быть электроизолирован. Травматичность и громоздкость подобной методики ограничивает ее клиническое применение. К тому же измерения ОВП тканей указанным способом всегда производятся в зоне раневого дефекта, связанного с внедрением электродов в живой организм, вследствие чего неизбежно искажение показателей ОВП. Поэтому в области биологической редокс-метрии существенна роль косвенных измерений и расчетных методов.

Качественные тенденции динамики ОВП в органах, тканях и биологических средах при ряде воздействий на организм могут классифицироваться следующим образом.

К воздействиям, направленным на **снижение ОВП** следует отнести:

- введение экзогенных восстановителей и препаратов с антиоксидантной и противолучевой активностью;
- стимуляция выработки эндогенных восстановителей фармакологическими методами;
- создание условий гипоксии во всем организме или в отдельных его частях.

К воздействиям, направленным на **повышение ОВП** относятся:

- введение в организм сильных экзогенных окислителей;
- стимуляция окислительных процессов в организме методами фармакологии, и направленных воздействий на вегетативно-эндокринную систему;
- гипероксигенация (в том числе средства гипербарической терапии);
- ионизирующее облучение.

Как ни парадоксально, общий набор медико-биологических методов воздействия на электронное равновесие организма в подавляющем большинстве случаев обходится без учета ОВП, что создает в данной области информационный вакуум. Как показывают расчеты колебания ОВП во внутренних средах организма всего лишь на десятки мВ

физиологически существенны. Следовательно, параметр ОВП должен занять свое место в ряду актуальных гомеостатических характеристик .

2.4. Окислительно-восстановительный потенциал как мера электронного давления.

Термин ОВП по смыслу соответствует понятию “электрохимический потенциал”, обозначающему **“уровень свободной энергии системы относительно числа молей вещества в системе”**. (23) По определению “электрохимический потенциал” эквивалентен мере свободной энергии биохимических реакций, исчисляемой по формуле Гиббса, необходимой для отрыва электронов от донорных соединений с последующим присоединением их к химическому акцептору. Следовательно, величина ϕ_s является мерой электронного давления (положительного или отрицательного), оказываемого жидкой средой на вещество измерительного электрода (например, платинового). В водных растворах, содержащих компоненты системы [Ox]/[Red], электронное давление создается смесью окисленных и восстановленных компонент отдельных редокс-пар, субстанцией растворителя (водой), неизбежными примесями газов и микрозагрязнениями. Электронное давление определяется наличием в жидкости свободных электронов и энергией электронных переносов.

Свободные электроны присутствуют в любой среде независимо от того, происходят ли в ней экзотермические или эндотермические реакции метаболического типа. Процессы электролитической диссоциации воды и электролитов, преобразования сложных органических соединений сопровождаются электронными переходами. То есть в растворах существует “электронное облако” или разреженный электронный газ, по отношению к которому вещество электрода из инертного металла может выступать в качестве акцептора или донора. Соответственно, жидкость будет электронодонорной или электроноакцепторной относительно данного электрода.

При внесении в раствор электролита или в химически чистую воду какого-либо вещества в смеси его восстановленной и окисленной форм фактор электронного давления или ОВП растворителя будут модулировать отношение [Ox]/[Red], если химическая добавка к растворителю взята в низкой концентрации (то есть растворитель “в избытке”). Если же химическая добавка присутствует в растворителе в значительной концентрации, то соотношение [Ox]/[Red] добавки модулирует ОВП раствора.

Появление в растворе новых ионов в любом случае меняет структуру воды, меняет строение ее молекул в составе раствора.(24) В результате в сложном растворе возникает измененный электронный статус или ОВП многофакторного происхождения (ϕ_s), отражающий также фактор структурной перестройки растворителя. То есть добавленные химические компоненты модифицируют растворитель (воду).

По традиционным представлениям структурные модификации молекул воды и изменения их электронно-энергетического статуса мгновенно релаксируют к исходному состоянию при устранении химического реагента (добавки), вызвавшего данную модификацию. Между тем существует версия, согласно которой водная среда (именно “субстанция H₂O”) сохраняет “память” о бывшем энергетическом воздействии в течение продолжительного времени. (3) Материальный носитель этой “субстанциональной памяти” не идентифицирован, хотя о его природе высказывались различные догадки и гипотезы.

Глава 3. АНОМАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ЭХА-ВОДНЫХ СРЕД И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕЙ

СРЕДЫ ОРГАНИЗМА.

3.1. Дискуссия по поводу феномена “электрохимическая активация”.

Внедрение электрохимических методов в сферу медико-биологического эксперимента и лечебную практику происходило по следующим направлениям:

- получение материалов, веществ, используемых в медицине, придание новых свойств материалам и веществам различного назначения;

- создание электрохимических систем, выполняющих функцию детоксикации организма;

- применение ЭХА водных сред для стимуляции жизненных функций (в основном - прием внутрь “живой воды”). (В настоящее время, когда пишется эта глава, мы располагаем сведениями об официальном разрешении питья католита питьевой воды или водно-солевых растворов по крайней мере в двух странах - в Узбекистане и в Японии.) Взгляды специалистов на теорию ЭХА претерпели за последние годы некоторую эволюцию. Первоначальные самостоятельные попытки использования “живой” и “мертвой” воды для самых разнообразных целей по понятным (а иногда и непонятым) причинам вызвали негативные реакции у научной общественности. К сожалению, при этом брались под сомнение не только знахарские приемы (сопровождающие, увы, многие научные новшества), но и вся концепция об аномальных физико-химических и биологических свойствах активированных сред. В 1988 г. один из критиков теории ЭХА писал:

“...сейчас уже практически никто не говорит об электрохимической активации воды, речь идет о растворах KCl и NaCl. Все меньше голосов в защиту стимулирующего действия “живой воды”, основное внимание обращено на бактерицидный эффект, который очевиден.” (25)

Уже через 3 года в тезисах конференции по применению электрохимических методов в биологии и медицине (Дагомыс) появилось иное высказывание:

“Работы в этом направлении (то есть по медицинской электрохимии) привели к созданию теории “активирования” воды и различных растворов...” (26) (Выделено нами, - авт.)

Оба высказывания, столь противоречивые по смыслу, принадлежат одному автору. Что же в таком случае является предметом спора?

Правомерность понятия “ЭХА-воды” поставлена под сомнение на основании следующих соображений. В процессе электролиза структура молекул H_2O не претерпевает особых модификаций, и вся сумма эффектов электрохимической обработки связана не с водой, а только с количеством растворенных в воде веществ, претерпевших электрохимическое превращение. Допускалось, что под влиянием постоянного тока структура молекул воды (или их ассоциатов) изменяется, но после прекращения действия тока структурно измененные молекулы мгновенно возвращаются к исходному состоянию, как и при иных модифицирующих энергетических воздействиях. (27)

В пользу такой версии приводилось следующее соображение: напряженность тока в межэлектродном пространстве электролизера сравнительно мала - всего около 1000 В/м. Однако теория ЭХА предполагает, что во время электролиза главные структурные преобразования молекул воды происходят не в толще электролита, а на поверхности электрода - в двойном электрическом слое толщиной 10^{-8} , где напряженность тока *на несколько порядков выше*. Так, прямое электрохимическое окисление органических соединений (метанол, этанол, барбитураты) происходит непосредственно на аноде. Анод из губчатой платины с развитой поверхностью подходит для этого наилучшим образом.

(11)

По мнению критиков теории ЭХА воды, ОВП водных растворов, прошедших электрохимическую обработку, зависит исключительно от соотношения окисленных и восстановленных форм в строгом соответствии с формулой Нернста. Считается также, что электрохимической обработке не может быть подвергнута дистиллированная вода и что активация водных сред косвенным бесконтактным или безреагентным путем заведомо невозможна. Необычные свойства “живой воды” объяснялись эффектом растворения в щелочном католите диоксида углерода из воздуха с последующим образованием в растворе карбонатов и бикарбонатов натрия и калия, в результате чего образуется аналог обычной карбонатно-бикарбонатной лечебной воды типа “Боржоми”. (28)

Одновременно в статьях, как бы посвященных разоблачению мистификации с очередной панацеей, встречались высказывания совершенно иного толка:

“Щелочная (катодная, “живая”) вода способствует заживлению ран, снимает боль при воспалениях и ожогах. Она определенно стимулирует процессы регенерации, развития клеток. Ни того ни другого эффекта не удастся достичь просто подкисляя или подщелачивая исходную воду: значит, это свойство активированной системы”.(29)

В сущности тоже самое утверждали так называемые “дилетанты” пропагандировавшие особые свойства анолита и католита.

3.2. Распределение сопряженных значений рН и ОВП водных сред, подвергнутых электрохимической обработке, по сравнению с аналогичным распределением этих показателей в водных растворах, не подвергавшихся электрохимическому воздействию.

Аномальные свойства “живой” и “мертвой” воды являются *новыми* в том смысле, что в целом они несводимы к известным электрохимическим превращениям растворенных в воде компонентов. Так, используя чистые окисленные или восстановленные формы химических реактивов, можно создать в пробирке любые соотношения их концентраций. При этом в соответствии с формулой (6) значение $\varphi^*_{ст}$ будет находиться в функциональной зависимости от отношения $[Ox]/[Red]$ и рН. Считается, что водные среды сколь угодно сложного химического состава характеризуются параметром φ_s , зависящем от совокупности нескольких или многих редокс-пар. То есть в растворе величина ОВП оказывается функцией от ряда независимых или условно зависимых (коррелирующих) переменных.

Любому образцу водного раствора, независимо от его химической чистоты и способа получения может быть поставлено в соответствие ковариантное сочетание рН и ОВП (коварианта рН÷ φ_s). Распределение коварианта рН÷ φ_s для растворов и водных сред следующих классов (рис. 3.1):

- растворы неорганических соединений марки ЧДА на дистиллированной воде без электрохимической обработки (обозначены *);
- растворы химически чистых органических веществ и многокомпонентные биоорганические среды (обозначены ●);
- ЭХА-растворы и водные среды на основе хлоридов щелочных металлов от ультрапресной воды до физиологического раствора, полученные с помощью униполярной электрохимической обработки (анодной или катодной) (обозначены ◦).

На рис.3.1 штриховыми параллельными линиями 1÷1 ограничен корреляционный коридор преимущественного распределения коварианта рН÷ φ_s в растворах

неорганических веществ. Зона, ограниченная контурной линией 2, соответствует области распределения сопряженных значений $pH \div \varphi_s$ растворов органических соединений и органических сред. Область, ограниченная контуром 3, соответствует распределению ковариант $pH \div \varphi_s$ в ЭХА-растворах.

Образцы неорганических водных растворов характеризуются ковариантами $pH \div \varphi_s$, которые принадлежат своему корреляционному коридору 1÷1 с вероятностью 0,95. Исключение составляют концентрированные (более 10%) растворы сильных окислителей ($FeCl_3$, HNO_3 , $KMnO_4$, $NaClO$, $Ca(ClO)_2$) и раствор сильного восстановителя ($Na_2S_2O_3$). Сочетания pH и φ_s указанных неорганических соединений выходят за пределы коридора 1÷1.

Вероятность принадлежности ковариант $pH \div \varphi_s$ органических растворов к зоне распределения, ограниченной контуром 2, составляет 0,99. Это относится к растворам органических соединений с pH 2,4-8,5. Выход pH за указанные пределы в органических растворах требует добавления крепких кислот и щелочей, оказывающих заведомо денатурирующее действие на биологические субстраты. Соотношения pH и ОВП в подобных смесях в данном случае не исследовались.

Практически все коварианты $pH \div \varphi_s$ органических сред находятся на уровне нижней границы коридора находятся на уровне нижней границы корреляционного коридора ковариант $pH \div \varphi_s$ неорганических растворов или выходят за нижний предел данного коридора. Следовательно, **при равных значениях pH в диапазоне значений pH 2,4 - 8,5 растворы органических соединений характеризуются более высокой электронодонорной активностью по сравнению с растворами неорганических соединений.**

Область, ограниченная контуром 3, включает коварианты $pH \div \varphi_s$ ЭХА-растворов с уровнем минерализации до 3 г/л с вероятностью 0,997. При электрохимической обработке растворов хлорида натрия большей концентрации отдельные сочетания pH и ОВП выходят за пределы контура 3.

Для подавляющего большинства неорганических соединений регрессия показателей ОВП и pH описывается уравнением:

$$\varphi_s = (770 - 60 \cdot pH) \pm 110 \text{ мВ. ХСЭ} \quad (10)$$

С помощью этой формулы для каждого образца не активированного раствора неорганического соединения с pH и ОВП, соответствующим корреляционному коридору 1÷1, может быть вычислено ожидаемое минимальное значение ОВП (φ_s^{\min}), соответствующее показателю pH данного образца. Для растворов органических веществ с определенными показателями pH можно вычислить математическое ожидание φ_s^{\min} , которое было бы в группе растворов неорганических соединений с такими же pH . Например, образец 5% раствора ферментного препарата ацидин-пепсина имеет $pH=2,42$. Раствор неорганического соединения с таким же pH имел бы с вероятностью 0,95 значение φ_s^{\min} не менее расчетного: $\varphi_s^{\min(\text{расч})} = 770 - 60 \cdot 2,42 - 110 = 515 \text{ мВ, ХСЭ}$. Однако реальное значение ОВП в исследуемом образце раствора ацидин-пепсина соответствовало 500 мВ, ХСЭ, что на 15 мВ ниже минимального расчетного для неорганических растворов с таким же pH . Следовательно, в среде растворенного органического ферментного препарата с $pH = 2,42$ регрессия ОВП относительно группы неорганических растворов с такими же pH составила 15 мВ. В общем случае регрессия ОВП в органических средах относительно неорганических при pH - *const* есть **мера относительной электронодонорной активности органических субстратов по сравнению с неорганическими**. Величины регрессии ОВП органических растворов и сред относительно неорганических растворов при равных pH представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1.
Показатели регрессии ОВП в растворах органических соединений.

Наименование раствора	pH	ОВП, мВ,ХСЭ	$\varphi_s^{\min(\text{расч})}$ мВ,ХСЭ	Регрессия ОВП, мВ
Ацидин-пепсин 5%	2,42	500	515	15
Ацидин-пепсин 1%	2,44	365	514	149
Лимонная кислота 1%	2,80	470	492	22
Уксусная кислота 10%	2,90	300	486	186
Щавелевая кислота 0,01Н	2,90	410	486	76
Кока-Кола	2,90	400	486	86
Глюкоза 5%, аптечная	3,12	270	473	243
Вино "Гурджани"	3,15	140	471	331
Напиток Sprite	3,36	270	458	188
Сок виноградный	3,40	160	456	296
Квас хлебный	3,70	140	438	298
Формальдегид 40%	3,71	0	437	437
Вино "Унгень" скисшее	4,07	-30	416	436
Пиво Bavaria	4,3	80	402	322
Пероксидаза хрена 1%	4,59	290	385	75
Пиво Naake Beck	4,60	170	384	214
Аргинин-хлорид 1%	4,83	300	370	70
Сок томатный	4,90	70	366	296
Раствор "Декамевит" 2%	5,00	-70	360	430
Сахароза 5% ХЧ	5,42	260	355	76
Глюкоза 5% ХЧ	5,64	300	322	22
Моча человека	6,00	100	300	200
Крахмал 0,5%	6,38	50	277	227
Кровь из локтевой вены	7,40	-30	216	246
Спирт этиловый 50%	7,75	-10	195	205
Мочевина 0,25 мг/л	7,80	60	192	132
Сыворотка крови быка	7,80	0	192	192
Мочевина 1%	8,15	100	171	71
Глюкозо-цитратный раствор изотонический	8,30	160	165	5

Во всех исследованных случаях при равных pH реальные показатели ОВП органических растворов и сред меньше расчетных минимальных показателей ОВП неорганических растворов, вычисленных по формуле (10). Средняя регрессия ОВП растворов органических соединений относительно ОВП растворов неорганических веществ составила по данным табл. 3.1 величину 191 ± 24 мВ.

ОВП крови из локтевой вены человека находится в зоне отрицательных значений, то есть ниже теоретически ожидаемых значений для редокс-пары "гемоглобин-оксигемоглобин", и, по-видимому, отражает электронодонорные свойства иных биохимических агентов, непосредственно соприкасающихся с измерительным электродом.

Область распределения ковариант $pH \div \varphi_s$ ЭХА-сред по площади в 3,2 раза больше суммы распределения сочетаний $pH \div \varphi_s$ в неактивированных средах - неорганических и органических. (Измерения площадей зон распределения сочетаний значений pH и ОВП на рис. 3.1 производились с помощью аппроксимации методом трапеций). При фиксированных pH разброс ОВП в ЭХА-растворах существенно выше, чем в неактивированных. Разности максимальных и минимальных значений ОВП в неактивированных водных средах и в ЭХА-растворах при равных pH приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Показатели разности максимальных и минимальных эмпирических значений ОВП в неактивированных средах и в ЭХА-растворах при фиксированных pH.

Тип раствора	Разность (мВ) максимальных и минимальных ОВП при фиксированных pH:		
	pH = 3,5	pH = 7,0	pH = 10,5
Неактивированные	600	750*)	500*)
ЭХА-растворы	1050	1750*)	1350*)

*) разность вычислена с учетом максимума ОВП, зарегистрированного при данных pH в растворах хлорной извести разных концентраций.

В целом водные среды (см. рис. 3.1) не подвергавшиеся электрохимической обработке, в подавляющем большинстве случаев обладают электроноакцепторными свойствами относительно платинового электрода (ОВП >0 мВ,ХСЭ). Исключение составляют (см. табл. 3.1) лишь некоторые субстраты: 40% раствор формальдегида, бычья сыворотка (ОВП = 0 мВ,ХСЭ), перекисшее виноградное вино, 50% раствор этилового спирта на питьевой воде, 2% раствор декамевида, цельная человеческая кровь из локтевой вены (ОВП = от (-10) до (-70) мВ,ХСЭ). Электронодонорной активностью относительно платины обладают также растворы крепких неорганических щелочей с pH $> 10,5$. Но в любом случае водные среды, не подвергавшиеся электрохимическому воздействию, характеризуются асимметрией ОВП в сторону окислительных значений.

ЭХА-растворы, а также растворы веществ, полученных путем электрохимического синтеза, в отличие от неактивированных сред, имеют широкий диапазон разброса ковариант $pH \div \varphi_s$ (табл. 3.2), что дает практически неограниченную возможность комбинирования pH и ОВП *независимо от знака ОВП*. То есть в растворах, прошедших униполярную (анодную и (или) катодную) на установках с реакторами РПЭ, в зависимости от режима ЭХА, достигаются все варианты сочетаний значений pH (кислый, нейтральных и щелочных) и ОВП (положительных, равных 0 и отрицательных по шкале ХСЭ). В типичном случае с помощью диафрагменных электролизеров возможно получение кислого анолита (А) с кислым pH и положительным ОВП или щелочного католита (К) с щелочным pH и отрицательным ОВП. Водные среды, обработанные у анода всегда приобретают электроноакцепторные свойства, но они не обязательно становятся кислыми. С помощью специальных технологических приемов можно получить анолит с высокими значениями ОВП, но с нейтральными и даже с щелочными характеристиками. Такие растворы именуется, соответственно, анолитом нейтральным (АН) и анолитом щелочным (АЩ). Аналогичным образом могут быть синтезированы образцы католита нейтрального (КН) и католита кислого (КК), обладающие электронодонорными свойствами, полученными при катодной обработке. Растворы типа АН с сочетаниями нейтральных $pH = 7 \pm 1$ и окислительного потенциала выше 550

мВ,ХСЭ или КН с сочетаниями $pH = 7 \pm 1$ и восстановительного потенциала, соответствующему ОВП ниже (-150) мВ,ХСЭ, не имеют аналогов в классе известных неактивированных растворов неорганических или органических соединений. Тем более уникальны ЭХА-среды с резко парадоксальными комбинациями типа АЦ и КК.

Показатели ОВП в неактивированных средах устойчивы, так как зависят от присутствия стабильных химических компонент. В ЭХА-растворах значения ОВП могут быть аномально высокими или аномально низкими относительно ОВП неактивированных растворов при равных pH, но при этом ОВП активированных растворов отличаются неустойчивостью и релаксируют в течение 1-1,5 суток до стабильных значений. После релаксации ЭХА-растворов их коварианты pH и ОВП соответствуют корреляционному коридору 1÷1 (рис. 3.1).

При быстром перемешивании свежеприготовленного католита с атмосферным воздухом или разбавлении его неактивированной водой в соотношении 1:1 pH католита или его смеси существенно не меняется, в то время как его ОВП мгновенно увеличивается до значений, близких к 0 мВ,ХСЭ при $pH \approx 10$. Данное увеличение ОВП (от минус 600-800 мВ,ХСЭ до 0 мВ,ХСЭ) совершенно неадекватно сдвигу pH, который не выходит за пределы 1,0 ед. pH.

При хранении свежеприготовленного католита в герметически закрытом сосуде без перемешивания при комнатной температуре динамика его ОВП зависит от минерализации водной среды.

3.3. Динамика показателей pH и ОВП католита на основе воды с различным уровнем минерализации в процессе его хранения.

Католит растворов хлорида натрия концентрацией (С) от 0,5 до 22 г/л синтезировали на электрохимической установке СТЭЛ-1-35-01 с электрохимическим реактором типа РПЭ на основе модуля ПЭМ. В процессе униполярной катодной обработки солевых растворов удельный расход электричества составил 120-1400 Кл/л, соответственно величине С. В исходных (свежеполученных) образцах католита регистрировали следующие показатели: pH иономером “Элвро”, Польша; ОВП (ϕ_s) иономером “pH-340” с электродом сравнения ХСЭ ;

электропроводность (χ) кондуктометром ОК 102/1, Польша. Исследования проводились в 1994 г. в лаборатории электрохимических и мембранных технологий ВНИИИМТ НПО “Экран”, Москва. (30)

Полученные образцы католита помещались в герметически закрытые стеклянные колбы с притертыми пробками и экспонировались до 20 сут. при комнатной температуре 17-21°C. В процессе экспонирования образцов проводили периодические замеры pH, ϕ_s , χ . Показатели электропроводности в процессе выстаивания католита соответствовали исходным в пределах точности измерений, следовательно уровень минерализации образцов не менялся. Показатели pH католита исходные и конечные - после 20 сут. экспонирования, показаны в таблице 3.3.

Таблица 3.3.

Показатели pH католита растворов хлорида натрия различной минерализации до и после хранения в закрытом сосуде.

С, г/л	pH исходный	pH конечный
0,5	$9,9 \pm 0,2$	$9,6 \pm 0,1$

1,5	11,6 ± 0,2	11,2 ± 0,2
2,5	12,0 ± 0,3	11,6 ± 0,3
3,5	11,9 ± 0,2	11,7 ± 0,3
7,0	11,9 ± 0,2	11,8 ± 0,2
22	12,1 ± 0,5	11,9 ± 0,5

Таким образом, в процессе длительного экспонирования католита в закрытой емкости рН катодно активированного раствора уменьшается на 0,1-0,4 ед., то есть этот показатель практически стабилен.

Динамика ОВП католита в процессе хранения в указанных условиях показана на графике на рис. 3.2. Из графика следует, что при минерализации растворов менее 3,5 г/л релаксация φ_s католита происходит в течение нескольких суток во всех исследованных образцах. При этом темпы релаксации приблизительно одинаковы и в интервале 1-4 суток наблюдений составляют в среднем 68 ± 4 мВ/сут. В течение первых суток экспозиции в большинстве образцов отмечалась самопроизвольная отрицательная динамика ОВП порядка от (-80) до (-140) мВ/сут.

При минерализации католита 7 г/л и более показатели φ_s в большинстве случаев стабильны в течение периода наблюдения и составляли величину порядка (-800) мВ,ХСЭ.

Таким образом, метастабильность факторов, определяющих ОВП католита, проявляется при минерализации растворов до 3,5 г/л. В концентрированных растворах хлорида натрия после униполярной катодной обработки значения ОВП достигают аномально низкого уровня и остаются стабильными продолжительное время.

Как показывают результаты данного исследования униполярная катодная обработка водно-солевых сред с минерализацией менее 3,5 г/л индуцирует появление в растворе медленно релаксирующих (метастабильных) электрононеравновесных характеристик. Этот феномен относится к категории важнейших признаков ЭХА. При минерализации растворов, превышающей 5-6 г/л, подобный эффект отсутствует.

3.4. Определение терминов “вода” и “раствор” применительно к технологии ЭХА.

В первых научных публикациях по поводу ЭХА воды предпринимались попытки найти достаточно корректные термины для описания новых, неизвестных ранее свойств воды, подвергнутой униполярной (анодной или катодной) электрохимической обработке.

Так вода была названа водно-газо-солевым раствором, что должно было подчеркнуть зависимость наблюдаемых эффектов *только* от растворенных веществ. Такой подход не противоречил традиционным представлениям об электрохимическом синтезе веществ, но не объяснял исчезновение активационных эффектов при увеличении минерализации исходной воды сверх 5-6 г/л.

При внимательном изучении свойств и условий образования анолита и католита, полученных из пресной питьевой и дистиллированной воды, выяснилось, что термин “раствор” также некорректен. Обычно под раствором понимается однофазная (гомогенная) система переменного состава, образованная не менее, чем двумя независимыми компонентами. Гомогенная система характеризуется отсутствием поверхности раздела между ее частями раствора, одинаковым составом и свойствами по всему объему раствора.

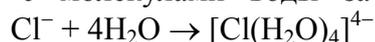
Компонентами раствора являются индивидуальные химические вещества, которые можно выделить из системы и *которые могут существовать в изолированном виде*. Так

в водном растворе хлорида калия компонентами являются вода и хлорид калия. Компоненты раствора называют либо растворенным веществом, либо растворителем. Растворенным считается тот из компонентов, который при обычных условиях находится в агрегатном состоянии, отличном от агрегатного состояния раствора. Остальные компоненты считаются растворителями. В жидких растворах в качестве растворенных выступают вещества при обычных условиях (вне раствора) твердые или газообразные, а в качестве растворителя - жидкости.

При электролитическом разложении пресной воды образуются сверхактивные частицы и соединения, которые *не могут существовать вне воды*, т.е. в ином агрегатном состоянии: O_2^- , HO_2 , HO_2^- , HO_2^\bullet , OH^- , $H_2O_2^-$, OH^\bullet . Именно эти частицы и соединения ответственные за каталитические свойства ЭХА-сред.

Электролиты, обычно растворенные в пресной воде также образуют при электролизе побочные продукты (ClO^\bullet ; ClO_2^\bullet ; $S_2O_3^{2-}$; SO_3^{2-} и другие).

При растворении в воде электролита происходит гетеролитический разрыв связи, т.е. ионизация. Степень ионизации определяется электронодонорными и электроноакцепторными свойствами растворенного вещества и воды. Например, при растворении HCl в воде молекула воды выступает в качестве донора электронов, а молекула HCl , точнее атом водорода - в роли акцептора. В результате наряду с ионизацией HCl происходит образование комплекса OH_3^+ . Свободный анион хлора также вступает в комплексообразование с молекулами воды за счет водородной связи (ближайшая гидратация):



Образующиеся комплексные катионы и анионы в свою очередь гидратируются, т.е. вокруг них координируются молекулы воды за счет водородных связей (явление дальней гидратации). Таким образом процесс ионизации ковалентного вещества $KatAn$ при растворении в воде сопровождается образованием гидратированных ионов - аквакомплексов.

Общие закономерности образования аквакомплексов, в том числе на основе ионов, образующихся при электролизе, состоят в следующем. Чем электроположительнее катион Kat^+ , тем сильнее его электроноакцепторное взаимодействие с молекулами воды и тем прочнее катионный аквакомплекс, который, однако, менее электроположителен, чем катион Kat^+ .

Аналогично можно утверждать, что чем электроотрицательнее анион An^- , тем активнее вступает он в водородную связь с молекулами воды и образует тем более устойчивый анионный аквакомплекс, роль величины заряда которого, однако, значительно слабее, чем у аниона An^- .

Повышение устойчивости аквакомплексов и снижение плотности центрального заряда тем заметнее, чем больше разбавлен раствор. В концентрированных растворах, напротив, устойчивость аквакомплексов падает соответственно увеличению плотности центрального заряда. (31) Электрононеравновесные свойства воды в составе электрохимически обработанных сред с высоким уровнем минерализации определяются по преимуществу стабильными ионизированными продуктами электролиза. По-видимому, с этим связана высокая стабильность ОВП католита растворов хлорида натрия концентрацией 7 г/л и более. Аквакомплексы в составе концентрированных электрохимически обработанных растворах в силу их малой устойчивости не оказывают существенного влияния на электронный статус. В разбавленных растворах концентрация стабильных ионов ниже, чем в минерализованных. В связи с этим электронное равновесие в электрохимически обработанных разбавленных растворах преимущественно определяется аквакомплексами, образовавшимися вследствие

гидратации высокоактивных метастабильных заряженных частиц, активность которых выходит на первый план.

Суперактивные частицы, возникающие при электрохимическом синтезе, в силу их метастабильности подвержены самопроизвольному распаду в процессе релаксации растворов. Соответственно значения ОВП электрохимически обработанных разбавленных водно-минеральных сред также релаксируют.

Природа аномальной реакционной способности и каталитической активности анолита и католита из воды с низкой минерализацией связана с уникальной совокупностью образующихся при электролизе высокоактивных метастабильных частиц, и с особыми физическими условиями, возникающими в электрохимическом реакторе.

В растворах с высокой минерализацией и электропроводностью электролиз идет при низком напряжении тока у поверхности электродов, поэтому структурная перестройка растворителя (воды) происходит с меньшей вероятностью или не происходит вообще.

Униполярная катодная или анодная обработка разбавленных водно-минеральных сред с малой электропроводностью осуществляется при высоком напряжении тока в околоэлектродном пространстве. В результате за счет разрыва водородных связей у катода формируется электронодонорная структура воды, а у анода - электроноакцепторная. Вода с модифицированной структурой легко образует аквакомплексы, усиливающие реакционную и каталитическую активность водно-минеральной среды. Это и есть одно из наиболее существенных проявлений ЭХА. Аномальные отклонения ОВП, если рассматривать их в статике, сами по себе не являются исчерпывающим признаком ЭХА. Факт релаксации ОВП водных сред после электрохимической обработки означает присутствие в анолите или в католите метастабильных факторов. Следовательно ЭХА существует только в период релаксации. Отсутствие релаксации означает отсутствие феномена ЭХА независимо от величины параметра ЭХА.

В технологии ЭХА термин *раствор* используется преимущественно для выделения роли растворенных веществ в химических реакциях или при анализе их влияния на физико-химическую активность жидкости. Термин *вода* (природная, питьевая, водопроводная, дистиллированная и т.д.) применяется для общей характеристики среды, которая подвергается электрохимической обработке, или как обозначение растворителя в составе водного раствора.

Если необходимо подчеркнуть закономерности униполярной электрохимической обработки, общие для воды и органических жидкостей (чистых или растворов), а также газов, используются термины *среда*, *вещество* или *жидкость*.

Таким образом, термины *вода* и *раствор* при описании процессов ЭХА имеют более технологический, чем строго научный смысл.

На основе вышеизложенного представляется рациональным использовать следующую терминологию.

Термин	Значение
Электрохимически активированная вода (ЭХА-вода)	Вода, как чистое химическое вещество или как растворитель водно-минеральных сред с минерализацией не более ≈ 5 г/л, подвергнутая униполярной электрохимической

обработке, характеризующаяся метастабильностью, аномальной реакционной и каталитической активностью и релаксирующими электрононеравновесными (электронодонорными или электроноакцепторными) свойствами.

Электрохимически активированный раствор

Водный раствор электролитов, концентрацией не более ≈ 5 г/л, подвергнутый ЭХА или раствор электролитов любой концентрации, добавленных к предварительно активированной воде.

Неактивированный (стабильный) электрохимически обработанный раствор

Раствор, подвергнутый обработке в электрохимическом реакторе любой конструкции, характеризующийся преобладанием стабильных продуктов электролиза, не проявляющий метастабильных аномальных свойств.

Электрохимически активированный анолит (католит)

То же, что 1 или 2, соответственно, после анодной (катодной) электрохимической обработки.

Анолит, католит

Любая жидкость после униполярной электрохимической обработки, соответственно, анодной или катодной, не обязательно активированная.

В данном случае термин “активированная” (“активированный”) используется для обозначения термодинамически, в том числе химически неравновесного состояния воды (раствора) и действуют *только в период релаксации жидкости*.

ЭХА-растворы после релаксации могут рассматриваться как неактивированные (стабильные) электрохимически обработанные растворы.

3.5. Способность ЭХА-растворов “запоминать” состояние электроактивации при навязанных изменениях или при фиксации рН в буферных смесях.

Несмотря на неустойчивость ОВП католита к быстрому перемешиванию с воздухом и к добавлению к католисту больших порций неактивированной воды, при внесении в среду сильных неорганических кислот и оснований полученная смесь сохраняет аномально низкие (относительно расчетных для данных рН) значения ОВП при быстрых перепадах рН в диапазоне 1,0 - 11,5. То есть “память” об электронодонорных свойствах исходного катодно активированного раствора сохраняется в подобных условиях.

Для проверки данного положения был поставлен следующий опыт.

С помощью электролизера на основе реактора РПЭ получили католит водопроводной воды с рН=10,0 ; ОВП = (-600) мВ, ХСЭ.К католисту добавили в пропорции 1:5 10%

раствор серной кислоты. Показатели в достигнутой смеси: рН = 2,4 ; ОВП = 0 мВ,ХСЭ. К ней добавили в пропорции 1:10 насыщенный раствор гидрата окиси натрия. Полученная смесь имела рН = 12,0 ; ОВП = (-400) мВ,ХСЭ. В эту смесь, разделенную на две порции, добавили в одном случае концентрированную азотную кислоту в пропорции 2:50, в другом - 1:5. В результате были получены две смеси с рН = 1,0 ; ОВП = (-400)мВ,ХСЭ и с рН = 1,0 ; ОВП = 200 мВ,ХСЭ.

Перемещение ковариант рН-φ_s при последовательных добавках к католиту кислоты, щелочи и еще раз кислоты показано на рис. 3.2. Видно, что во всех ситуациях при навязывании водной среде на основе католита значений рН с перепадом на 10-11,5 ед. полученные смеси сохраняют электронодонорный фон. Коварианты рН-ОВП в процессе сильного закисления и защелачивания католита находятся существенно ниже корреляционного коридора рН-ОВП для растворов неорганических соединений, приготовленных на неактивированной воде.

При добавлении католита водопроводной воды с рН = 10,5 ; ОВП = (-650) мВ,ХСЭ в пропорции 1:100 - 1:10 к буферным растворам фирмы “Раделкис” (Венгрия) с фиксированными значениями рН = 2,40 ; 7,05 ; 9,20 показатели рН оставались строго константными, но показатели ОВП в полученных смесях уменьшались на 100-200мВ от исходного уровня. Следовательно, вода, активированная методом униполярной катодной обработки, способна менять ОВП независимо от рН. Электронодонорные свойства вносятся в жидкие среды с порцией католита и равномерно распределяются по всему объему смеси.

3.6. Косвенное биохимическое следствие приема католита внутрь.(Показатели рН и ОВП в моче после питья разовой порции католита питьевой воды).

Девять здоровых добровольцев пили в одно и то же время суток (10 ч) в контрольных опытах по 400 мл обычной кипяченой водопроводной воды, а в основных опытах - по 400 мл католита водопроводной воды (рН =10,5 - 11,0;ОВП= от (-700) до (-800)мВ,ХСЭ. Интервал между контрольными и основными опытами у одних и тех же лиц составил не менее 3-х дней. После приема внутрь обычной воды или католита исследовались показатели рН и ОВП в порции мочи, выделенной испытуемыми через 4-5 ч от начала опыта. С момента питья воды или католита до сдачи анализа мочи испытуемые не принимали пищи или какого-либо дополнительного питья. Результаты наблюдений представлены в табл. 3.4.

Таблица 3.4.

Показатели рН и ОВП мочи после питья обычной воды и католита питьевой воды.

Питьевая среда	Показатели	Исходные значения	Через 4-5 ч после питья	Критерий значимости
Вода обычная	рН	5,8 ± 0,2	6,2 ± 0,2	P > 0,05
	ОВП,мВ,ХСЭ	104 ± 14	92 ± 16	P > 0,05
Католит	рН	5,7 ± 0,1	6,7 ± 0,2	P < 0,001
	ОВП,мВ,ХСЭ	123 ± 12	58 ± 18	P < 0,01

Водная нагрузка обычной (неактивированной) питьевой водой не привела у испытуемых к достоверным изменениям рН и ОВП мочи в течение 4-5 ч. После приема

внутри эквивалентного объема католита рН мочи возрастал на 1,0, в то время как ОВП уменьшился на 65 мВ в соответствии с классической регрессией данного показателя при изменениях рН. Сдвиги рН и ОВП в моче испытуемых в основных опытах статистически достоверны.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что после питья “живой воды” у здоровых людей в моче отмечается сдвиг рН в сторону защелачивания. Сопутствующий сдвиг ОВП адекватен изменениям рН, то есть в конце цикла обмена разовой дозы католита в организме его электронодонорные характеристики полностью релаксируют. При этом в моче увеличивается концентрация щелочных продуктов, что, по-видимому, отражает тенденцию к накоплению восстановленных химических соединений во внутренних физиологических средах организма.

3.7. Теоретическое сравнение предполагаемого электронодонорного воздействия католита на внутреннюю среду организма с действием антиоксидантных препаратов и радиопротекторов.

Интегральные (фоновые) приращения ОВП ($\Delta\phi_s$) тканевых систем и жидких биологических сред варьирует в пределах от (-0,3) до 0,2 В,НВЭ (от (-100) до 400 мВ,ХСЭ) (21; 22). Из данных табл. 2.1 следует, что приращения ОВП в тканевых средах порядка $\pm 0,01$ В соответствуют дву-трехкратным изменениям отношений $[Ox]/[Red]$ для разных окислительно-восстановительных пар, что незначительно для физиологических процессов. Отклонения ОВП в тканевых средах от исходных значений более чем на $\pm 0,02$ В накладывают значительные термодинамические ограничения на реакции окисления, если ОВП уменьшается, или на восстановительные реакции, если ОВП увеличивается. Крайние отклонения ОВП могут налагать полный термодинамический запрет на существование в субстрате определенных окисленных или восстановленных форм.

Фармакологическое регулирование изменений ОВП в тканевых средах сопряжено с рядом затруднений. Например, при однократном введении внутрь организма биологических восстановителей (антиоксидантов) типа цистамина, цистеина, гистамина, глутатиона, тиомочевины и т.д. тканевые значения ОВП могут снижаться на 0,1-0,19 В. Но для этого необходимы дозы препаратов порядка 25-150 г в пересчете на вес взрослого человека. Это невыгодно в экономическом отношении, сопряжено с фармакологическими перегрузками и побочными токсическими эффектами.

Как показал модельный эксперимент с разведением католита в сыворотке крови крупного рогатого скота (табл. 1.2) доза католита, эквивалентная 1 мл католита на 100 мл жидкой биологической среды (соответственно 60 мл католита на 6 л объема циркулирующей крови (ОЦК) или 400 мл католита на 40 л объема водного сектора взрослого человека) способна вызвать во внутренних жидких средах организма сдвиг $\Delta\phi_s$ порядка (-100) мВ и более, имитируя, таким образом, регрессию ОВП при введении в организм очень большого количества противокислителей, но без каких-либо токсикологических последствий.

По существу “живая вода” оказывается единственным антиоксидантом, который может быть введен в организм человека в дозах порядка нескольких сотен миллилитров. Есть основания ожидать, что питье католита создаст в ОЦК и в водном секторе организма общий электронодонорный фон, обусловленный физическим разведением электронодонорного носителя. Аналогичный эффект достигнут прямым или косвенным введением антиоксидантов в тканевые среды членистоногих (в гемолимфу сверчков) или в тканевые массивы мелких млекопитающих. (32) При этом ОВП тканевых сред

заметно снижается, а радиорезистентность их повышается. Установлено также, что уменьшение ОВП всегда обуславливает повышение радиорезистентности тканей живого организма *независимо от способа, с помощью которого достигнута регрессия ф.* Экзо- и эндогенные антиоксиданты обладают сходной противолучевой эффективностью. Таким образом, есть основания рассматривать электрохимические технологии как доступное, безопасное и безреагентное средство управления системами противooksидлительной и противолучевой защиты организма.

3.8. Явление сверхсуммации электронодонорных свойств ЭХА-воды и веществ с антиоксидантной активностью.

СП “Эмеральд” (Москва) разработало на основе модуля ПЭМустановку для электрохимического очищения питьевой воды “Изумруд-К”. Вода, получаемая на установке, обладает нейтральной реакцией и усиленным электронодонорным фоном, характеризуемым ОВП = от (-200) до 150 мВ,ХСЭ в зависимости от значений ОВП воды, поступающей в установку. Показатели ОВП электрохимически очищенной воды релаксируют в течение 2 - 6 ч. На основе электрохимически очищенной воды составлена следующая смесь:

- вода электрохимически очищенная 1,8 л ;
- раствор поливитаминного препарата “Декамевит” 2% на обычной прокипяченной водопроводной воде 0,1 л ;
- раствор сахарозы ХЧ 10% 0,1 л.

На основе электрохимически очищенной воды также приготовлен 1% раствор поливитаминного препарата “Пангексавит”.

В контрольных опытах при составлении витаминной смеси и раствора воду электрохимически очищенную заменяли обычной прокипяченной водопроводной водой.

Значения рН и ОВП в смешиваемых субстратах, в полученной смеси, содержащей “Декамевит” и в растворах “Пангексавита” через 30 мин. выстаивания приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Показатели рН и ОВП витаминсодержащих сред и некоторых их составляющих компонент при разведении на электрохимически очищенной и обычной водопроводной воде.

№ п/п.	Исследуемые среды	рН	ОВП, мВ,ХСЭ
1	Вода водопроводная обычная (проба 1)	7,0	285
2	Вода пробы 1 электрохимически очищенная очищенная	7,0	-160
3	2% раствор “Декамевита” на воде пробы 1	5,0	-70
4	10% раствор сахарозы на воде пробы 1	5,5	250
5	Смесь 1 + 3 + 4	6,9	200
6	Смесь 2 + 3 + 4	6,7	-230
7	Вода водопроводная обычная (проба 2)	7,2	405
8	Вода пробы 2 электрохимически очищенная	7,35	140
9	1% раствор “Пангексавита” на воде пробы 2	7,1	280
10	1% раствор “Пангексавита” на воде пробы 2,		

Водопроводная вода, подвергнутая электрохимической обработке на установке “Изумруд-К”, имеет признаки катодной активации. При смешивании такой катодно активированной воды с растворами витаминов, относящихся к классу антиоксидантов (витамины группы В, аскорбиновая кислота, витамин Е и другие), в полученных смесях и растворах показатели рН находятся в области нейтральных значений (6,7-7,3). ОВП витаминных сред на исходной водопроводной воде 200-280 мВ,ХСЭ. Показатели ОВП витаминных сред на электрохимически очищенной водопроводной воде (-230) - 70 мВ,ХСЭ или на 210-430 мВ ниже, чем в предыдущем случае. Таким образом, в данном опыте в растворах антиоксидантов в воде с катодно индуцированными электронодонорными свойствами показатели ОВП испытывают избыточную, дополнительную регрессию в сторону восстановительных значений. Это можно объяснить снятием термодинамических ограничений с биологических противooksидителей (витаминов) в составе препаратов “Декамевит” и “Пангексовит”. В результате в полученной смеси и в растворе возник пул восстановленных соединений, что стало причиной уменьшения ОВП ниже значений в каждом отдельном субстрате, то есть в смешиваемых компонентах и в растворителе.

Электронный статус витаминных сред на электрохимически очищенной воде характеризовался метастабильностью и релаксировал до устойчивых значений в течение 1 - 3 сут.

3.9. Возможность получения ЭХА-сред на основе дистиллированной воды.

Электрохимическая обработка дистиллированной воды удаётся при ее протекании по очень узкому межэлектродному пространству в реакторах специальных конструкций (в частности РПЭ) и высокой напряженности электрического поля. Прохождение через дистиллированную воду заряда 30 Кл/л между анодом и катодом из платины при плотности тока на электродах 10000 А/м² показатели рН и ОВП дистиллированной воды после электрохимической обработки составили:

в анолите - рН = 6,49 ; ОВП = 311 мВ,ХСЭ ;

в католите - рН = 7,43 ; ОВП = (-110) мВ,ХСЭ.

Исходные характеристики дистиллированной воды были: рН=6,83 ;ОВП = 260 мВ,ХСЭ. Таким образом, *электрохимическая активация электронодонорных и электроноакцепторных свойств воды с крайне низким уровнем минерализации (электропроводностью порядка 5 мкСМ·см⁻¹) принципиально достижима, если в реакторе обеспечен определенный режим электрохимической обработки.* Теоретически эти условия можно экстраполировать на образцы воды со сколь угодно низким уровнем содержания минеральных компонент.

На лабораторной модели диафрагменного электрохимического реактора из дистиллированной воды с начальными значениями рН=5,6 и ОВП = 360 мВ,ХСЭ синтезирован католит с рН = 5,95 и ОВП =(-535) мВ,ХСЭ.

На основе модульных элементов ПЭМ во ВНИИИМТ НПО “Экран” (Москва) создан промышленный образец 10-модульного проточного электролизера “Базекс” для униполярной катодной обработки деминерализованной воды, очищенной для гемодиализа и приближающейся по качествам к дистиллированной. Исходная деминерализованная вода производилась на установке фирмы “Фрезениус” (ФРГ).

В электролизере “Базекс” с объемной подачей деминерализованной воды) 0,5 л/мин производилась униполярная катодная обработка деминерализованной воды током 0,5 А при напряжении до 70 В. Анодная камера электролизера заполнялась фильтратом из катодной камеры, проникающим через полупроницаемую мембрану. Образующийся при этом в малых количествах анолит играл роль компенсирующего электролита, необходимого для замыкания электрической цепи. Исходная деминерализованная вода, поступающая в электролизер, имела рН = 6,4 - 7,1 ; ОВП = 180 - 350 мВ,ХСЭ. На выходе катодной камеры показатели католита деминерализованной были следующими: рН = 6,95 - 7,75 ; ОВП = от (-50) до (-230) мВ,ХСЭ.

Аномальные сдвиги ОВП в образцах ЭХА-воды с низкой и сверхнизкой минерализацией релаксируют в течение 3 - 12 часов при хранении в закрытой посуде при комнатной температуре.

3.10. Способность солевых растворов, приготовленных на ЭХА-воде, сохранять электроно-неравновесные свойства исходного растворителя.

Электронодонорные свойства ЭХА-воды с низким уровнем минерализации сохраняются после внесения в нее различных солевых добавок и буферных композиций. На основе католита дистиллированной воды и воды, очищенной для гемодиализа, с характеристиками рН = 6,0-6,9 ; ОВП = от (-120) до (-250) мВ,ХСЭ готовили физиологический (0,85%) раствор хлорида натрия, диализной раствор с добавкой солевого концентрата фирмы “Фрезениус” и глюкозо-цитратный буферный изотонический раствор. В полученных разновидностях водно-солевых сред на основе ЭХА дистиллированной воды или деминерализованной воды показатели рН колебались от 7,35 до 7,8 при показателях ОВП = от (-120) до (-210) мВ,ХСЭ. То есть восстановительный потенциал в процессе приготовления физиологических растворов на активированной воде сохранялся во время проведения опыта.

К католиту водопроводной воды с рН = 11,0-11,3 ; ОВП = от (-600) до (-860) мВ,ХСЭ добавляли хлорид натрия из расчета 8,5 г/л. В полученном физиологическом растворе на основе католита водопроводной воды рН = 11,0 ; ОВП = от (-580) до (-820) мВ,ХСЭ. Следовательно, активированный растворитель сохраняет приобретенные метастабильные электронодонорные свойства на солевом растворе. Во всех случаях солевые компоненты, добавленные к образцам ЭХА-воды, влияют только на величину рН.

3.11. Бесконтактная ЭХА - прямое доказательство активации воды, не зависящей от появления в ней продуктов электрохимического синтеза.

Известен контраргумент, оспаривающий возможность электроактивации воды при электрохимической обработке водно-солевых растворов:

“...чтобы создать в растворе электрическое поле, совсем необязательно помещать электроды прямо в раствор, их можно установить снаружи электролизера..., тогда бы отпали все технические проблемы: коррозия электродов, газовыделение, изменения рН и т.д.”(27) .

Данное замечание вполне резонно. Поэтому для проверки возможности бесконтактного электрохимического регулирования свойств воды и водно-солевых сред были поставлены опыты, содержание которых изложено ниже. Феномен бесконтактной ЭХА теоретически предсказан в 1892 г. И.Л.Герловиным (33) на основе разработанной им физической теории фундаментального поля. Экспериментальные данные по бесконтактной ЭХА впервые опубликованы В.М.Бахиром в 1992 г. (34).

Тонкостенные запаянные ампулы из стекла или герметически закрытые капсулы из лавсана или фторопласта объемом 5 или 10 мл, заполненные физиологическим раствором хлорида натрия, помещались в рабочие камеры (анодную и катодную) электрохимического активатора ЭЛХА-046, вырабатывающего анолит и католит на основе 10% раствора хлорида натрия, заполняющего рабочие камеры активатора.

В основной серии наблюдений запаянные ампулы или капсулы погружали непосредственно в среду анолита и католита, синтезируемых в рабочих камерах электрохимического активатора при токе 1,8 А.

Характеристики ЭХА-растворов в рабочих камерах ЭЛХА-046:

анолита:

рН 1,1
ОВП, мВ,ХСЭ 1120 - 1150 ;

католит:

рН 11,5
ОВП, мВ,ХСЭ от (-840) до (-850) .

Температура ЭХА-растворов, °С 42 - 47.

Измерения проводили иономером ЭВ-74 с электродами марок ЭВЛ-1МЗ, ЭСЛ-63-07, ЭВП-1 с термокомпенсатором ТКА-5.

Герметически закрытые емкости (ампулы или капсулы) с физиологическим раствором выдерживали в анолите или в католите 30 мин. при включенном токе или при токе, выключенном непосредственно перед погружением емкостей с физиологическим раствором в ЭХА-среды. После 30 мин. экспозиции в ЭХА-растворах герметизированные емкости извлекались и последовательно через 5, 65 и 125 мин. отдельные их группы вскрывались. Измеряли рН и ОВП физиологического раствора, находившегося в закрытых емкостях, после пребывания их в ЭХА-средах.

В контрольных сериях наблюдений рабочие камеры электрохимического активатора заполняли растворами крепких кислот или щелочей на неактивированной (обычной) воде. Таким образом, в электродных камерах установки имитировалась среда анолита или католита. Ток был выключен, температурные условия в рабочих камерах те же, что и в основной серии опытов. Герметизированные емкости из тех же материалов, заполненные физиологическим раствором хлорида натрия погружались на 30 мин. в анодную или в катодную камеры неработающего электролизера, заполненные соответственно неактивированными растворами кислот и щелочей.

После извлечения герметизированных емкостей из неактивированных растворов кислот или щелочей их вскрывали через 5, 65 и 125 мин. и измеряли рН и ОВП содержавшегося в них физиологического раствора. Помимо этого, определяли рН и ОВП физиологического раствора хлорида натрия, находившегося в герметизированных емкостях из тех же материалов, которые не погружались ни в какие жидкие среды (интактные образцы). рН и ОВП физиологического раствора из интактных образцов герметизированных емкостей считались исходными.

При бесконтактной обработке физиологического раствора хлорида натрия ЭХА-растворами *через стенки герметизированных емкостей* были получены следующие результаты.

Исходные показатели физиологического раствора в интактных герметизированных емкостях: рН = $6,7 \pm 0,2$; ОВП = 260 ± 5 мВ,ХСЭ. Показатели физиологического раствора в герметизированных емкостях непосредственно (через 5 мин.) после получасовой их экспозиции в неактивированных растворах сильных кислот и щелочей: рН = $6,7 \pm 0,15$; ОВП = 262 ± 6 мВ,ХСЭ ($P > 0,5$). В последующие сроки наблюдений рН и ОВП физиологического раствора в герметизированных емкостях, подвергнутых экспозиции в неактивированных крепких кислотах и щелочах, оставались стабильными и практически не отличались от исходных ($P > 0,5$). После 30 мин. экспозиции герметизированных емкостей с физиологическим раствором в среде *анолита* в электродной камере *работающего* электролизера показатели физиологического раствора непосредственно (через 5 мин.) после извлечения емкостей из рабочих камер в различных категориях емкостей были следующими:

- в капсулах из лавсана рН = $5,4 \pm 0,1$; ($P < 0,01$) ;
ОВП = 410 ± 7 ; ($P < 0,01$) ;
- в ампулах из стекла рН = $6,2 \pm 0,1$; ($P < 0,05$) ;
ОВП = 290 ± 5 ; ($P < 0,01$) ;
- в капсулах из фторопласта рН = $6,9 \pm 0,15$; ($P > 0,05$) ;
ОВП = 130 ± 4 ; ($P < 0,01$).

Через 5 мин. после экспозиции герметизированных емкостей с физиологическим раствором в среде *католита* в электродной камере *работающего* электролизера показатели физиологического раствора соответствовали следующим величинам:

- в капсулах из лавсана рН = $7,5 \pm 0,2$; ($P < 0,01$) ;
ОВП = $(-300) \pm 10$; ($P < 0,01$) ;
- в ампулах из стекла рН = $7,1 \pm 0,2$; ($P > 0,05$) ;
ОВП = $(-100) \pm 6$; ($P < 0,01$) ;
- в капсулах из фторопласта рН = $6,3 \pm 0,1$; ($P > 0,05$) ;
ОВП = 290 ± 10 ; ($P < 0,05$).

Через 5 мин. после 30-минутной экспозиции герметизированных емкостей с физиологическим раствором в электродной камере *неработающего* электролизера в среде предварительно синтезированного *анолита* были зарегистрированы следующие характеристики физиологического раствора:

- в капсулах из лавсана рН = $5,9 \pm 0,1$; ($P < 0,01$) ;
ОВП = 370 ± 10 ; ($P < 0,01$) ;
- в ампулах из стекла рН = $6,5 \pm 0,1$; ($P > 0,05$) ;
ОВП = 291 ± 8 ; ($P < 0,01$) ;
- в капсулах из фторопласта рН = $6,8 \pm 0,2$; ($P > 0,05$) ;
ОВП = 180 ± 5 ; ($P < 0,01$).

Через 5 мин. после 30-минутной экспозиции герметизированных емкостей с физиологическим раствором в электродной камере *неработающего* электролизера в среде предварительно синтезированного *католита* характеристики физиологического раствора достигли следующего уровня:

- в капсулах из лавсана рН = $7,3 \pm 0,2$; ($P < 0,05$) ;
ОВП = $(-230) \pm 7$; ($P < 0,01$) ;
- в ампулах из стекла рН = $6,9 \pm 0,15$; ($P > 0,05$) ;
ОВП = $(-20) \pm 5$; ($P < 0,01$) ;
- в капсулах из фторопласта рН = $6,5 \pm 0,1$; ($P > 0,05$) ;

$$\text{ОВП} = 283 \pm 7 ; \quad (P < 0,01) .$$

P - критерий значимости Фишера-Стьюдента, рассчитанный относительно показателей контроля.

Как показали результаты эксперимента бесконтактная обработка физиологического раствора растворами крепких кислот и щелочей, имитирующих действие ЭХА-растворов, не оказывала заметного действия на pH и ОВП водно-солевой среды, находящейся внутри герметизированных емкостей из указанных аморфных материалов (лавсан, стекло, фторопласт). При экспонировании этих же герметизированных емкостей с физиологическим раствором в ЭХА-средах показатели pH достоверно изменялись в половине случаев: наиболее существенные изменения pH отмечались в капсулах из лавсана, в стеклянных ампулах изменения этого показателя были выражены в меньшей степени, а в капсулах из фторопласта pH в этих условиях не менялся.

Показатели ОВП физиологического раствора в герметизированных емкостях после погружения их в ЭХА-среды достоверно менялся во всех случаях. В емкостях из лавсана и стекла изменения ОВП физиологического раствора при бесконтактной электрохимической обработке соответствовали знаку активации, а в капсулах из фторопласта были противоположны знаку активации. То есть при взаимодействии с фторопластом происходила инверсия электрононеравновесных свойств ЭХА-растворов.

Через 2 ч после бесконтактной ЭХА измененные pH и ОВП физиологического раствора испытывали отчетливую тенденцию к релаксации.

Лавсан, стекло и фторопласт относятся к категории аморфных, диэлектрических, нефилтрующих и недиаализирующих материалов. Поэтому изменения pH и ОВП водно-минеральной среды внутри герметизированных емкостей из лавсана, стекла и фторопласта, при погружении их в ЭХА-растворы нельзя объяснить за счет проникновения внутрь этих емкостей продуктов электролиза или за счет прохождения электрического тока через содержимое герметизированных капсул или ампул.

Вывод: неактивированные растворы крепких кислот и щелочей не передают свои окислительно-восстановительные характеристики через аморфные вещества-посредники, в то время как ЭХА-растворы передают свои электроноакцепторные и электронодонорные характеристики через вещества указанного класса.

Опыты по бесконтактной ЭХА водных сред проводились также на макетном образце электрохимического активатора РСЭ-1 во ВНИИИМТ НПО "Экран" в 1992-93 гг. Электродные камеры заполняли раствором хлорида натрия концентрацией 1 г/л или насыщенным раствором гидрата окиси натрия. В катодную камеру электролизера, заполненную указанными рабочими растворами, погружали свернутый сегмент трубки из полихлорвинила (ПХВ) внутренним диаметром 3 мм, толщиной стенки 1 мм, длиной 1,7 м. Концы сегмента трубки выводились за пределы камеры. Внутренний объем трубки оставался свободным от рабочих растворов, заполняющих катодную камеру.

Контрольная серия наблюдений проводилась на неработающем электролизере, то есть при выключенном токе. Через сегмент ПХВ-трубки, погруженной в электродную камеру, заполненную растворами хлорида натрия ($\text{pH} = 6,5 \pm 0,1$; $\text{ОВП} = 270 \pm 25$ мВ,ХСЭ) или гидрата окиси натрия ($12,8 \pm 0,1$; $\text{ОВП} = (-50) \pm 20$ мВ,ХСЭ), перфузировали со скоростью 1 мл/мин следующие водные среды:

- бидистиллированную воду с $\text{pH} = 5,1 \pm 0,05$; $\text{ОВП} = 430 \pm 15$ мВ,ХСЭ; - дистиллированную воду с $\text{pH} = 5,3 \pm 0,1$; $\text{ОВП} = 390 \pm 20$ мВ,ХСЭ; - физиологический раствор 0,9% хлорида натрия с $\text{pH} = 5,9 \pm 0,15$; $\text{ОВП} = 300 \pm 30$ мВ,ХСЭ.

После протекания тестируемых водных сред по ПХВ-трубке, погруженной в рабочие растворы в камере электролизера, показатели рН и ОВП этих сред оставались неизменными в пределах погрешности измерений.

В образцах бидистиллированной и дистиллированной воды с помощью кондуктометра ОК-102/1 (Венгрия) измеряли электропроводность образцов воды до протекания ее через ПХВ-трубку, погруженную в электродную камеру. Показатели электропроводности воды на выходе ПХВ-сегмента составили:

- в образцах бидистиллированной воды - $2,5 \text{ мкС} \cdot \text{см}^{-1}$;
- в образцах дистиллированной воды - $8,5 \text{ мкС} \cdot \text{см}^{-1}$.

(Возможны микрозагрязнения образцов в измерительной ячейке). После протекания бидистиллированной и дистиллированной воды по отрезку ПХВ-трубки, погруженному в рабочую камеру неработающего электролизера, показатели электропроводности возрастали не более чем на $1 \text{ мкС} \cdot \text{см}^{-1}$, что несущественно. Следовательно, ПХВ толщиной 1 мм непроницаем для минеральных компонентов, ионов H^+ и OH^- , находящихся в растворах, заполняющих электродную камеру электролизера, поскольку этот материал также не обладает фильтрующими и диализирующими характеристиками.

Электропроводность физиологического раствора, протекающего через ПХВ-сегмент, погруженный в рабочие среды в электродной камере электролизера, не меняется в пределах точности измерений.

Следовательно, как показали контрольные наблюдения, неактивированные растворы, в том числе концентрированная щелочь, не оказывают влияния на рН и ОВП тестируемых водных сред через ПХВ.

Перед проведением основной серии наблюдений включали электролизер, устанавливали ток 1,5 А и нарабатывали в катодной камере катодит на основе 0,1% раствора хлорида натрия или насыщенного раствора гидрата окиси натрия с рН = 11,5 - 13,0 и ОВП = от (-800) до (-900) мВ,ХСЭ. После этого выключали электролизер и погружали в катодную камеру с наработанным катодитом сегмент трубки из ПХВ тех же размеров. Через сегмент трубки ПХВ, погруженный в катодную камеру, заполненную катодитом, перфузировали как и контрольной серии бидистиллированную, дистиллированную воду и физиологический раствор хлорида натрия. Скорость перфузии 1 мл/мин. Регистрировали рН и ОВП жидких сред на входе и выходе сегмента ПХВ-трубки, погруженной в катодит. Результаты основной серии наблюдений по изучению бесконтактной ЭХА воды и физиологического раствора через ПХВ представлены в табл. 3.6.

Таблица 3.6.

Эффект непрямой катодной ЭХА водных сред через материал ПХВ.

Тестируемая среда	Значения рН		Значения ОВП, мВ,ХСЭ	
	Вход	Выход	Вход	Выход
Бидистиллированная вода	$5,0 \pm 0,1$	$5,3 \pm 0,1$	420 ± 15	-250 ± 20
Дистиллированная вода	$5,4 \pm 0,1$	$5,5 \pm 0,15$	395 ± 25	-300 ± 25
0,9% раствор хлорида натрия	$5,9 \pm 0,1$	$6,3 \pm 0,2$	310 ± 25	-320 ± 40

В данном случае различия входных и выходных рН статистически недостоверны, различия входных и выходных ОВП достоверны ($P < 0,01$). Релаксация ОВП тестируемых водных сред после бесконтактной ЭХА в трубке ПХВ осуществлялась за 3-5 ч. Электропроводность воды бидистиллированной, дистиллированной и физиологического раствора в процессе бесконтактной ЭХА и в период релаксации оставалась стабильной и не отличалась от исходных величин.

3.12. Особенности рН-метрии в ЭХА-растворах.

С помощью электролизера “Базекс” осуществлялась униполярная катодная обработка воды, очищенной для гемодиализа, в условиях стендового эксперимента. Опыты проводились в отделении гемодиализа ДГКБ №13 им. Н.Ф.Филатова (Москва). Электролизер подключали к напорному источнику воды, очищенной для гемодиализа, соответствующей стандарту ААМІ (Вирджиния). Подача воды через катодную камеру электролизера - 0,5 л/мин. Избыток фильтрата из анодной камеры удалялся по катетеру со скоростью 1,0-1,5 л/час. Исследуемые пробы воды брались на выходе из катодной камеры электролизера. Контрольными считались пробы, полученные при отключенном электролизере. После этого электролизер включали и брали пробы для каждого значения тока 0,2 ; 0,4 ; 0,6 А. Далее на основе контрольных и активированных образцов воды готовили стандартный диализный раствор при отношении диализного концентрата и воды 1 : 34 (использовался ацетатный солевой концентрат).

Измеряли рН и ОВП в контрольных пробах воды, в образцах ЭХА-воды, а также показатели рН и ОВП диализного раствора, приготовленного на обычной и электроактивированной воде. Использовалась следующая измерительная аппаратура:

- иономеры с электродами открытого типа: рН-метр “Элвро” (Польша) и “рН-150” (СССР) ;

- рН-метры с электродами закрытого типа “Радиометр” (Дания), “Корнинг” (Англия).

Перед началом работы показания отечественных и зарубежных приборов в отношении рН были тестированы с помощью стандартных буферов фирмы “Раделкис” (Венгрия). Результаты тестирования приведены в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Результаты тестирования рН-метров различных конструкций.

Тестируемая среда	рН		ОВП, мВ, ХСЭ
	1	2	
Буферные (рН=7,09)	7,09	7,06	360
растворы (рН=9,17)	9,17	9,24	180
Диализный раствор	6,92	6,85	340

Примечания: результаты, полученные при измерениях иономерами с электродами открытого типа - (1), - закрытого типа - (2); при измерении рН буферных растворов первоначально проводилась калибровка иономеров типа (1), затем рН тех же буферных растворов измерялись рН-метрами типа (2).

Из таблицы видно, что результаты рН-метрии приборами разных классов в данном случае хорошо совпадают. Данные рН-метрии и редокс-метрии воды, очищенной для гемодиализа, и полученного на ее основе диализного раствора в контроле и при униполярной катодной обработке исходной воды в электролизере “Базекс” током различной силы представлены в таблице 3.8. При этом измерения также проводились

иономерами с открытыми электродами (1) и рН-метрами с электродами закрытого типа (2). ОВП измеряли иономером “рН-150”.

Таблица 3.8

Ток, А	В о д а		рН Диализный раствор		ОВП, мВ,ХСЭ
	1	2	1	2	
0	6,4 ± 0,1	6,5 ± 0,1	6,8 ± 0,1	6,9 ± 0,05	350 ± 25
0,2	6,8 ± 0,1	6,2 ± 0,2	7,1 ± 0,2	6,7 ± 0,05	-16 ± 10
0,4	6,9 ± 0,2	6,2 ± 0,2	7,3 ± 0,2	6,9 ± 0,1	-67 ± 20
0,6	7,0 ± 0,2	6,2 ± 0,1	7,4 ± 0,2	6,9 ± 0,1	-110 ± 20

Из табл. 3.8 видно, что данные измерений рН системами электродов разных типов в контрольных пробах практически совпадают. В пробах воды, подвергнутой катодной обработке, и в образцах диализного раствора, приготовленного на активированной воде, **рН, измеренные электродами разных систем, существенно расходятся**. Иономеры “Элвро” и “рН-150” со стеклянными хлор-серебряными электродами сравнения (открытые электроды) регистрируют в катодной обработанных средах теоретически ожидаемый сдвиг рН в щелочную сторону. (Р по критерию Вилкоксона <0,05). рН-метры с закрытыми электродами (“Радиометр” и “Корнинг”), рассчитанные на работу с микрообъемами белковых жидкостей типа крови, не реагируют на изменения рН, полученные водой при катодной активации.

Вывод. Аномальные свойства ЭХА-растворов проявляются при их взаимодействии с электродами разного типа. Иономеры с электродами открытого типа регистрируют рН катодной обработанной деминерализованной воды, адекватные сдвигам ОВП в сторону электронодонорных значений. Электроды закрытого типа нечувствительны к изменениям рН, связанным с катодной активацией. Эти данные свидетельствуют о существенных различиях природы сдвигов рН и ОВП в ЭХА-средах и аналогичных сдвигов этих показателей в неактивированных водно-солевых растворах.

3.13. Общие принципы технологии синтеза ЭХА-растворов в электрохимических установках на основе модуля ПЭМ.

На начальных этапах изучения свойств “живой” и “мертвой” воды были известны только две разновидности ЭХА-растворов: А и К (то есть анолит кислый и католит щелочной). Электрохимические установки типа СТЭЛ на основе модуля ПЭМ универсализированы в части возможности синтеза ЭХА-растворов типа А, К, АН и КН на одной установке за счет управляемой модификации ее гидравлической схемы.

Для получения ЭХА-растворов А и К вода или водно-солевой раствор подается одновременно в анодную и катодную камеру РПЭ. В обычных условиях объемная подача водной среды в РПЭ соответствует 20-40 л/мин на один модуль ПЭМ в составе РПЭ. При этом гидравлическое сопротивление анодной и катодной камер ПЭМ обеспечивается приблизительно *равным*. Минерализация ЭХА-растворов, получаемых на установках СТЭЛ, зависит от содержания солей в исходной воде и скорости подачи в них солевого концентрата хлорида натрия или калия с помощью специального дозатора. В подобных условиях процессы электрохимической обработки водно-солевых растворов у анода и у катода относительно независимы по показателям накопления в анолите и в католите

стабильных продуктов электролиза, кислых и щелочных соответственно знаку электрода. Но если на выходе из анодной или из катодной камеры РПЭ имеется регулируемое гидравлическое сопротивление, то гидродинамическое давление в дросселированной электродной камере будет *повышено*. В результате усилится переток жидкости и перенос стабильных продуктов электролиза через межкамерную полупроницаемую мембрану из электродной камеры с большим давлением в камеру с меньшим давлением.

В случае дросселирования выхода из катодной камеры РПЭ установки СТЭЛ щелочные продукты, синтезированные у катода, проникнут в анодную камеру и произойдет защелачивание анолита, который, тем не менее, сохранит свои электроноакцепторные свойства. В результате синтезируется раствор типа АН. При дросселировании выхода из анодной камеры кислые продукты, образовавшиеся у анода, проникнут в католит, который становится раствором класса КН без потери электронодонорных свойств. Здесь проявляется уже известное нам свойство ЭХА-сред сохранять аномальные отклонения ОВП независимо от сдвига рН.

ЭХА-растворы типа АЩ или КК были получены на макетных образцах электролизеров на основе модуля ПЭМ в лабораторных условиях. В настоящее время свойства этих растворов мало исследованы.

Глава 4. МОДЕЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИСТЕМНОГО ДЕЙСТВИЯ ЭХА-РАСТВОРОВ НА ВНУТРЕНнюю СРЕДУ ОРГАНИЗМА.

4.1. Возможные пределы изменений ОВП в органах и тканях.

Для биологических субстратов актуален приблизительный диапазон φ_s от (-250) до 1000 мВ, ХСЭ. Разброс рН в биологических средах обычно не выходит за пределы 6,0 - 8,0. Внутриклеточный ацидоз со смещением рН до величин ниже 6,0 (например, при острой ишемии миокарда) связан с развитием некробиоза. (35) Уменьшение рН клеток печени ниже 7,0 приводит к существенным нарушениям ее функции. Значения крови выше 7,6 представляют непосредственную опасность для жизни. (36) Таким образом рН-зависимые изменения ОВП в биологических средах в соответствии с регрессией $\varphi_{ст}/рН$ (см. формулу (6)) могут достигать величин порядка 100 мВ. (Без учета сопутствующих изменений отношения $[Ox]/[Red]$).

Допустимые колебания ОВП во внутренних средах организма мало изучены. По данным Г.В.Сумарукова (37) мелкие лабораторные животные (мыши, крысы) остаются живы после внутрибрюшинного введения радиопротекторов, сопровождающегося регрессией ОВП в тканях головного мозга, печени, почек, мышц, костного мозга приблизительно на 100-200 мВ.

ОВП ткани головного мозга млекопитающих при острой ишемии повышается на 60-80 мВ. (38, 39) В целом по сумме приведенных данных можно предположить, что микроэкологические условия во внутренней среде организма, характеризующиеся $рН < 6,0$ и при $ОВП > 400$ мВ, ХСЭ, несовместимы с нормальной жизнедеятельностью клеток. Формальный верхний физиологический предел ОВП тканей в диапазоне $рН = 6,0 - 8,0$ не установлен. Нижние допустимые физиологические пределы ОВП в организме также неизвестны. В белково-клеточных средах млекопитающих при $рН < 6,0$ и при $рН > 8,0$ нарастают грубые функциональные нарушения. В диапазоне $рН = 3,0 - 4,0$ большинство растворенных белков подвергаются необратимой коагуляции. При сдвигах рН белковых сред в диапазон 9,0-10,0 происходит агрегация белковых молекул, которая по большей части имеет обратимый характер. (40) Указанные моменты достоверно относятся только к тем ситуациям, когда закисление или защелачивание растворов белков осуществляется

без применения методов ЭХА, то есть обычными растворами кислот и оснований. Однако есть все основания считать, что анолит и католит со смещением рН (и, следовательно, ОВП) в области крайних значений обладают абиотическими свойствами.

4.2. Совместимость ЭХА-растворов с жизнью клеточных тест-объектов.

Границы подвижности одноклеточной водоросли эвглена зеленая (*Euglena viridis*) в ЭХА-средах.

Эвглена - одноклеточная зеленая водоросль, обитающая в открытых водоемах в водной среде с рН, близким к нейтральным значениям, при ОВП \approx 200-400 мВ, ХСЭ. В лабораторных условиях эвглена культивируется в многокомпонентной водно-минеральной среде с микродобавками витаминов с рН = 6,90 - 6,95 ; ОВП = 350 - 370 мВ, ХСЭ. Клетки эвглен передвигаются с помощью жгутика, при возникновении экологически неблагоприятных условий сбрасывают жгутик, теряют подвижность и округляются (сферулизируются). Сферулизованные эвглены некоторое время сохраняют жизнеспособность. Погибшие клетки эвглен, облучаемые ультрафиолетовым светом в системе люминисцентного микроскопа, характеризуются красной флюоресценцией.

Эвглены сохраняют хорошую подвижность в образцах обычной питьевой воды, не содержащей соединений активного хлора и других абиотических примесей. В московской водопроводной воде, полученной непосредственно из-под крана, при рН = 6,8 - 7,5 и ОВП = 200 - 450 мВ, ХСЭ с концентрацией активного хлора (C_{ax}) порядка 0,5-1,0 мг/л клетки эвглен, взятые из нормальной культуральной среды, в подавляющем большинстве сферулизируются в течение нескольких секунд и в дальнейшем их подвижность не восстанавливается. Единичные эвглены сохраняют подвижность и в этих условиях. По мере элиминации из воды активного хлора выжившие эвглены размножаются и продолжают активно двигаться в течение 9 - 11 дней до исчерпания питательного ресурса среды.

В процессе электрохимической обработки водно-солевых растворов образуются стабильные и метастабильные активные химические соединения, в том числе соединения активного хлора, обладающие цитотоксичностью. Суммарная концентрация сильных окислителей (C_{ox}), образующихся у анода, определяется с помощью следующего расчета:

1) удельный расход электричества (q Кл/л) рассчитывается по формуле: $q = I/Q$, (11)

где I - сила тока, А ; Q - объемная подача водно-солевого раствора в анодную камеру, л/с ;

2) величина C_{ox} (моль/л) вычисляется с помощью выражения:

$$C_{ox} = q/F, \quad (12)$$

где F - число Фарадея (96500 Кл/моль).

Между характеристиками C_{ox} и C_{ax} существует определенная связь, смысл которой в том, что соединения активного хлора (например, гипохлорит натрия, $NaClO$) являются частным случаем сильных окислителей, совокупность которых в ЭХА-растворах включает стабильные и метастабильные молекулы, не содержащие хлор. Так как один ммоль гипохлорита натрия соответствует 74 мг этого вещества, то C_{ax} по гипохлориту, равная 74 мг/л, эквивалентна $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Если величина C_{ox} , рассчитанная по формулам (11,12) или определенная другим методом, равна $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л, то для гипохлорита это равнозначно 74 мг/л, но для других сильных окислителей весовое выражение их концентраций в данном случае будет иным. Сравнение биологической или

абиотической активности сильных окислителей различной природы удобнее проводить по показателям молярных концентраций. Однако на практике в отношении хлорсодержащих антисептиков и ЭХА-растворов закрепились оценки их биоцидной активности по показателям активного хлора, то есть по C_{ax} . Поэтому в дальнейшем мы будем переводить молярные концентрации C_{ox} (моль/л) в условный эквивалент C_{ax} (мг/л) для случая, в котором сильные окислители в растворе были бы представлены только одним гипохлоритом. Например, C_{ox} ЭХА-раствора сложного состава = 0,0108 моль/л, раствор гипохлорита натрия концентрацией $C_{ax} = 800$ мг/л также характеризуется $C_{ox} = 0,0108$ моль/л. Эти растворы, *разные* по химическому составу, *эквивалентны* по молярным концентрациям сильных окислителей, биоцидность которых в одном растворе может проявляться иначе, чем в другом.

Влияние C_{ox} продуктов, синтезированных у анода, на подвижность эвглен изучали в следующем эксперименте. С помощью установки СТЭЛ получали ЭХА-раствор типа АН с $pH=6,5$; ОВП = 600-650 мВ,ХСЭ; $C_{ox} = 0,004$ моль/л, что для неактивированного раствора гипохлорита эквивалентно $C_{ax} = 300$ мг/л. Полученный АН добавляли в культуру эвглен в разведениях 1:1000; 2:1000; 3,5:1000; 6:1000 и получали таким образом в культуральной среде значения $C_{ox} = 4 \cdot 10^{-6}$; $8 \cdot 10^{-6}$; $1,4 \cdot 10^{-5}$; $2,4 \cdot 10^{-5}$ моль/л. Подобные молярные концентрации были бы достигнуты в растворах гипохлорита с $C_{ax} = 0,3$; $0,6$; $1,0$ и $1,8$ мг/л, соответственно.

Подвижность эвглен зависела от интенсивности заправки культуральной среды следующим образом. При $C_{ox} = 4 \cdot 10^{-6}$ моль/л подвижность клеток существенно не менялась или менялась незначительно. При C_{ox} среды = $8 \cdot 10^{-6}$ моль/л подвижность эвглен существенно уменьшалась, часть клеток подвергалась сферулизации. Дальнейшее увеличение C_{ox} в культуральной среде до $1,4 \cdot 10^{-5}$ - $2,4 \cdot 10^{-5}$ моль/л приводило к полному обездвижению и сферулизации эвглен. Эти данные хорошо совпадают с результатами наблюдений изменения подвижности клеток эвглен в хлорированной водопроводной воде - подвижность клеток полностью прекращалась при $C_{ax} \geq 1,0$ мг/л, что эквивалентно $1,35 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

При добавке АН к культуральной среде для эвглен в пропорциях 1:1000 - 6:1000 pH и ОВП среды не изменялись и находились до и после добавки ЭХА-раствора в пределах $6,95 \pm 0,1$ и 360 ± 10 мВ,ХСЭ, соответственно. Следовательно, в этой ситуации изменения подвижности клеток микроскопических водорослей не были pH -зависимыми или ОВП-зависимыми и определялись только степенью загрязненности искусственной среды обитания эвглен.

В свежем католите, приготовленном на установке СТЭЛ на основе заведомо экологически чистой питьевой воды при q до 80 Кл/л ($pH = 8-9$; ОВП = от (-100) до (-350) мВ,ХСЭ), подвижность клеток *Euglena viridis* сохраняется в течение продолжительного времени (до 10 сут.).

Для изучения действия на эвглен факторов pH и ОВП в ЭХА-растворах вне зависимости от присутствия побочных цитотоксических продуктов полученные образцы анолита и католита минерализацией не более 1 г/л подвергали дополнительной обработке с помощью угольных сорбентов марки СКН (Киев) или цеолитов синтетических. ЭХА-растворы смешивались с сорбентами в весовом отношении 1 г сорбента на 10 мл раствора. Экспозиция ЭХА-растворов с сорбентами продолжалась в течение 45 мин в емкостях из лабораторного стекла при комнатной температуре. В этих условиях ЭХА-растворы сохраняли аномальные сочетания pH и ОВП. После экспозиции ЭХА-растворов с сорбентами они подвергались тестированию по показателю подвижности эвглен. Клетки водорослей захватывались пипеткой и вносились в обработанные сорбентами

растворы анолита или католита. Подвижность клеток оценивалась с помощью обычной светооптической микроскопии методом “давленной капли”.

На рис. 4.1 область распределения ковариант рН÷ОВП, ограниченная контуром Э, соответствует хорошим показателям подвижности эвглен в ЭХА-растворах, обработанных сорбентами, характеризующихся данными сочетаниями рН и ОВП. На том же рисунке контуром В обозначена область сочетаний рН÷ОВП, благоприятная для роста бактерий на питательных средах (13). Совпадение контуров Э и В лишь частичное. В диапазоне рН от 3,5 до 9 подвижность эвглен ограничена сверху значениями ОВП = 400-500 мВ, ХСЭ. При рН = 7-10 эвглены остаются подвижными в ЭХА-средах с показателями ОВП от (-500) до (-800) мВ, ХСЭ. При рН = 5-7 подвижность эвглен сохраняется в ЭХА-средах с ОВП = до (-450) мВ, ХСЭ.

В диапазонах рН < 3,5 и рН > 10,5 эвглены полностью обездвиживаются. В отличие от эвглен бактерии-ацидофилы способны расти на средах с рН = 2 - 3,5 при ОВП = 800 - 1100 мВ, ХСЭ. Показатели рН от 3,5 до 10,5 совместимы с жизнедеятельностью большинства исследованных микроорганизмов и микроскопической водоросли *Euglena viridis*. Особенностью эвглен является их способность сохранять подвижность в католите с рН = 9 - 10,5 при ОВП = (-500) - (-800) мВ, ХСЭ, очищенном с помощью сорбентов от побочных примесей. Таким образом, по тесту подвижности эвглен и по показателям выживания микроорганизмов абиотические условия в среде католита возникают при рН выше 10-10,5. Аномальные электронодонорные характеристики ОВП до (-800) мВ, ХСЭ сами по себе не являются признаком цитотоксичности.

Влияние факторов электрохимической обработки водных сред на подвижность сперматозоидов быка.

Для оценки цитотоксического действия ЭХА-сред на изолированные клетки организма млекопитающего проводилось определение подвижности в этих средах сперматозоидов быка по методике А.П.Еськова и Р.И.Каюмова. (41) Гранулированная сперма быка, замороженная в парах азота, подвергается размораживанию в физиологическом растворе. Полученная взвесь подвижных клеток инкубируется в тестируемых водных средах, доведенных до изотонии добавками хлорида натрия. Инкубация осуществляется в оптической кювете в нормотермических условиях. С помощью специальной измерительно-регистрающей системы проводится автоматический подсчет количества актов прохождения сперматозоидов через инфракрасный лазерный зонд. Характеристики лазерного излучения подобраны таким образом, что они индифферентны относительно жизнедеятельности клеточного объекта.

Индекс подвижности сперматозоидов вычисляется как отношение среднего времени подвижности в испытуемом растворе к среднему времени подвижности в контрольном растворе: среднее время подвижности в контрольном растворе принимается за 100%. Таким раствором обычно является ампульная дистиллированная вода для инъекций, также доведенная до изотонии.

Определяется также интеграл показателей подвижности сперматозоидов (интегральный индекс подвижности I_s) также в процентах к контролю. Отклонения I_s за пределы диапазона 60-120% относительно эталона рассматриваются как признак токсикологического риска.

Поскольку действие растворов, подвергнутых электролизу, на клеточный объект является многофакторным, целесообразен последовательный анализ отдельно взятых

факторов электрохимического воздействия на биологические объекты. Соответственно были поставлены следующие задачи:

1) выявить зависимость подвижности сперматозоидов в изотоническом растворе на основе католита от удельного количества электричества (q , Кл/л), затраченного при униполярной катодной обработке заведомо чистой ультрапресной воды с исходной минерализацией до 0,1 г/л ;

2) выявить зависимость подвижности сперматозоидов от концентрации электрохимически синтезированного гипохлорита натрия (C_{NaClO} , моль/л) в физиологическом растворе хлорида натрия; как известно гипохлорита является типичным продуктом анодного окисления.

Указанные модели выбраны по следующим признакам: исследуемые водные среды сопоставимы по показателям рН в области значений 8 - 9 ; значения q , необходимы по расчету по формуле (11) для получения исследованных концентраций гипохлорита при анодном синтезе, эквивалентны в данном случае величинам q при униполярной катодной обработке ультрапресной воды.

Католит ультрапресной воды получали в катодной камере модуля ПЭМ при постоянном токе силой 0,01 ; 0,03 ; 0,09 А от стабилизированного источника тока Б5-47 при расходе воды 0,00067 л/с. Соответственно $q = 15 - 134$ Кл/л. Исходный раствор гипохлорита, полученный на бездиафрагменном электролизере ЭДО, концентрацией 10^{-2} моль/л разводили физиологическим раствором до концентраций 10^{-5} ; $5 \cdot 10^{-5}$; 10^{-4} ; $5 \cdot 10^{-4}$; 10^{-3} моль/л. Теоретические значения q , потребные для получения таких концентраций гипохлорита, рассчитывались по формуле (12), при этом C_{NaClO} рассматривался как частный случай C_{ox} . Соответственно, условные расчетные значения q для заданных концентраций гипохлорита: 1,0 ; 4,8 ; 9,6 ; 48 и 96 Кл/л.

Определение показателя I_s для сперматозоидов, инкубируемых в католите ультрапресной воды и в физиологическом растворе с добавками гипохлорита проводилось в лаборатории отд. 23 ВНИИИМТ НПО "Экран". (42) Зависимость I_s от величин q , реальных при получении католита и расчетных для заданных концентраций гипохлорита, представлены в табл. 4.1. В той же таблице указаны значения ОВП тестируемых сред перед началом инкубации.

Табл. 4.1

I_s сперматозоидов быка в тестируемых электрохимически обработанных средах в зависимости от параметров q и ОВП.

q Кл/л	Тестируемое католита ультрапресной воды		Тестируемое растворов гипохлорита	
	I_s , %	ОВП, мВ, ХСЭ	I_s , %	ОВП, мВ, ХСЭ
0 (Контроль)	100	240 - 260	100	250 - 300
(1)*	-	-	80 - 102	260 - 280
(4,8)	-	-	0 - 20	310 - 350
(9,6) - 15 **	102	(-150) - (-160)	20 - 92	500 - 600
45 - (48)	95-110	(-160) - (-180)	0	650 - 700
90 - (96)	0 - 55	(-190) - (-210)	0	700 - 750
134	0	(-700)	-	-

Примечания: * в скобках - расчетные значения q для исследованных разведений гипохлорита, **близкие значения реальных и расчетных значений q объединены в общий диапазон.

По данным таблицы 4.1 катодная обработка чистой ультрапресной воды при q до 45 Кл/л практически не влияет на подвижность клеточного тест-объекта. При $q = 90$ Кл/л показатель I_s сперматозоидов во взвеси на катоде снижается и при $q = 134$ Кл/л подвижность сперматозоидов во взвеси на катоде подвергается полной депрессии, что соответствует стойкому переходу ОВП в область значений ниже (-200) мВ, ХСЭ.

Инкубируемые сперматозоиды нечувствительны по показателю подвижности к гипохлориту в концентрации порядка 10^{-5} моль/л, что соответствует расчетному q порядка 1 Кл/л. При $C_{NaClO} = 5 \cdot 10^{-5}$ моль/л (расчетное $q = 4,8$ Кл/л) во взвеси сперматозоидов наблюдается существенное снижение I_s , но при увеличении концентрации гипохлорита до 10^{-4} моль/л (расчетное $q = 9,6$ Кл/л) **отмечается достоверный пик активации жгутиковых клеток, совпадающий с переходом ОВП через диапазон 500-600 мВ, ХСЭ.**

При концентрациях гипохлорита $5 \cdot 10^{-4} - 10^{-3}$ моль/л (расчетные $q = 48 - 96$ Кл/л) значения I_s взвеси сперматозоидов снижаются до 0, что соответствует ОВП > 650 мВ, ХСЭ.

Таким образом, устойчивое подавление подвижности клеточного тест-объекта в электрохимически обработанных средах в данном случае достигается при выходе ОВП за нижний или верхний предел диапазона значений (-200) - 600 мВ, ХСЭ. Эти данные хорошо совпадают с диапазоном ОВП, экологически совместимым с жизнедеятельностью бактерий на редокс-средах с заданными показателями ОВП при pH = 8,0 - 8,5. (13)

Изолированные клетки млекопитающих (эритроциты крови) чувствительны к гипохлориту в концентрациях порядка 10^{-7} моль/л, но при наличии в инкубационной среде фактора белковой защиты (молекулы альбумина) могут сохранять относительную устойчивость к гипохлориту в концентрациях до 10^{-2} моль/л. (43) Очевидно, что гипохлорит в низких концентрациях порядка $5 \cdot 10^{-5}$ моль/л вызывает обратимые нарушения подвижности изолированной жгутиковой клетки (сперматозоида) в присутствии факторов белковой защиты (белковые компоненты размороженного эякулята). По-видимому, существенное увеличение ОВП при переходе к концентрации гипохлорита 10^{-4} моль/л до 500-600 мВ, ХСЭ активировать в клетках окислительные процессы, в том числе окислительное фосфорилирование. В результате происходит мобилизация внутриклеточных энергетических ресурсов, и подвижность клеточного тест-объекта усиливается, несмотря на токсический фон инкубационной среды, связанный с действием гипохлорита. Дальнейшее повышение токсического фона в инкубате при концентрации гипохлорита $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л и более усугубляет физиологические нарушения инкубируемых сперматозоидов - механизмы движения жгутиков теряют способность к активации за счет увеличения электроноакцепторных свойств среды, поскольку ее окислительный потенциал становится запредельным.

ВЫВОДЫ. В инкубационной среде на катоде показатели подвижности сперматозоидов устойчивы при ОВП до (-180) мВ, ХСЭ. Более интенсивный режим катодной обработки ($q > 45$ Кл/л) обуславливает быструю регрессию подвижности клеточного тест-объекта. Продукт анодного окисления - гипохлорит в концентрации $5 \cdot 10^{-5} - 10^{-4}$ моль/л вызывает обратимые нарушения функции подвижности изолированных сперматозоидов. Более высокие концентрации гипохлорита в

инкубационной среде обуславливают полную и устойчивую депрессию подвижности клеточного тест-объекта.

Размороженные сперматозоиды быка теряют подвижность в инкубационных средах с $pH < 5$ и сохраняют подвижность при pH инкубационных сред до 9 - 9,5. (41) С учетом этих данных ориентировочный ареал жизнеспособности спермы в средах с различными показателями pH и ОВП представлен на рис. 4.2.

Устойчивость эритроцитов крови человека при инкубации в ЭХА-средах.

Эритроциты свежей донорской крови человека инкубировались в изотонических растворах хлорида натрия (9 г/л), приготовленных на основе ЭХА-сред, полученных на установках типа СТЭЛ и “Изумруд”. Концентрация эритроцитов в тестируемых взвесах 1:500 - 1:1000. В контрольных опытах использовались пробы, приготовленные на дистиллированной или водопроводной воде. Продолжительность инкубации до 24 ч при температуре 20°C.

Исследовалась устойчивость эритроцитов в инкубационных средах к действию следующих гемолитических факторов:

- осмотический шок методом мгновенного разведения изотонической эритроцитарной взвеси до уровня минерализации 4,5 г/л;
- кислотный эритролиз методом добавления в изотоническую эритроцитарную взвесь соляной кислоты до концентрации 0,002 моль/л.

Состояние эритроцитарных взвесей исследовалось с помощью фотометрии на спектрофотометре КФК-2 (кюв. 10,070 ; $\lambda = 315$ нм) с микроскопическим контролем.

В изотоническом растворе хлорида натрия на дистиллированной воде резистентность эритроцитов к факторам гемолиза быстро уменьшалась до минимума, то есть до полного разрушения эритроцитов в среде при $pH \approx 5$. Время кислого эритролиза в физиологическом растворе на основе дистиллированной воды в присутствии 0,002 Н HCl около 5 мин., что совпадает с литературными данными. (44) При инкубации эритроцитов в изотоническом растворе на основе водопроводной воды ($pH \approx 7$) осморезистентность и кислотная резистентность эритроцитов постепенно снижается: к концу периода инкубации осморезистентность не менее 50%, время полного кислотного гемолиза 9 мин.

В изотонической среде на католисте водопроводной воды при малой интенсивности электрохимической обработки ($q = 35$ Кл/л ; $pH = 7,5 - 8,0$; ОВП = 0 - 100 мВ,ХСЭ) ***осморезистентность эритроцитов в течение первых 3 ч инкубации превышала показатели контроля, но отмечалась заметная модификация гемоглобина с усилением розового окрашивания.***

Суточная инкубация эритроцитов при изотонии на католисте указанных характеристик вызывала следующие изменения:

- значительная модификация гемоглобина;
- снижение показателя времени кислотного гемолиза до 2 мин ;
- устойчивость оболочек эритроцитов к осмотическому шоку не менее 60% (в контроле 50%).

В изотонических растворах на основе ЭХА-сред типа А и АН, полученных при удельном расходе электричества 35 - 70 Кл/л, а также на основе питьевой воды, очищенной на установке “Изумруд”, происходила быстрая модификация гемоглобина с усилением серого окрашивания. ***При этом осморезистентность эритроцитов снижалась, но устойчивость эритроцитарных оболочек к действию кислоты в указанных средах повышалась.*** Гемолитическая активность воды, очищенной на установке “Изумруд”, сохранялась только в течение 2-3 ч после ее получения и при

дальнейшем выстаивании воды показатели ее действия на изолированные эритроциты не отличались от контрольных.

Кислый эритролиз в условиях изотонии на воде, очищенной на установке “Изумруд”, зависел от буферных свойств тестируемой среды. Когда очищенная вода обогащается гидрокарбонатами за счет CO_2 атмосферы при добавлении концентрированной HCl 0,17 мл/л до 0,002 моль/л рН раствора остается выше 5,0. В этих условиях кислый эритролиз не происходит.

Суточная инкубация свежих эритроцитов при изотонии на ЭХА-средах типа К, А и АН, полученных при $q = 90 - 720$ Кл/л (ток 1 - 8 А на установке СТЭЛ при расходе воды 40 л/ч) дала следующие результаты.

В ЭХА-средах, синтезированных при токе 1 А, остаточная резистентность эритроцитов к инкубации (то есть доля сохранившихся клеток) была во всех средах приблизительно одинаковой и составляла 25% с незначительной модификацией гемоглобина. В католите при рН более 11,0 (ток 3 А и выше) быстро происходил полный гемолиз с модификацией свободного гемоглобина. В кислом анолите при рН ниже 4,0 (ток выше 3 А, $C_{\text{ок}} = 1 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-3}$ моль/л) в условиях изотонии эритроциты полностью разрушались в течение 30 мин. и во взвеси появлялись макроскопические хлопья коагуляции, которые затем подвергались лизису.

В АН, синтезированном при токе 1-3 А, в условиях изотонии ($\text{pH} = 6,2 \pm 0,2$; $C_{\text{ок}} = 3 \cdot 10^{-4}$ моль/л) после получасовой инкубации происходил частичный лизис эритроцитов с модификацией гемоглобина, но без выпадения коагуляционных хлопьев. В более “жестком” АН (ток 5-8 А; $C_{\text{ок}} = 1,5 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-3}$ моль/л) в изотонических условиях отмечалась быстрая модификация гемоглобина **без разрушения клеточных оболочек и без образования хлопьев коагуляции**. Эритроциты во взвесьях сохранялись в виде “теней”, приблизительно 1/3 модифицированного гемоглобина выходила за пределы клеточных оболочек при суточной экспозиции. Таким образом, действие АН на биологический субстрат, представленный эритроцитарной взвесью, было более щадящим по сравнению с действием анолита кислого. В электронодонорной среде (католит) отмечается тенденция к повышению осморезистентности эритроцитов и уменьшение их кислотной резистентности за исключением случаев, когда сдвиг рН в кислую сторону компенсируется буферным щелочным резервом среды. В нейтральных электроноакцепторных средах типа АН отмечается снижение осмотической резистентности эритроцитов и усиление их кислотной резистентности (точнее, повышение кислотной резистентности клеточных мембран). В кислых электроноакцепторных средах (в кислом анолите с концентрацией сильных окислителей 0,001 - 0,003 моль/л) происходит кислый эритролиз по аналогии с лизисом эритроцитов в 0,002 Н растворе HCl . Показатели концентраций стабильных окислителей, действующих на эритроциты в данном случае совпадают, но лизис эритроцитов в кислом анолите идет медленнее: в течение 30 мин. против 5 мин. в эквимольном растворе соляной кислоты.

4.3. Комплексное описание физиологических гомеостазированных систем как объектов электрохимического регулирования с учетом возможных точек приложения действия ЭХА-растворов.

В 1945 г. J.S.Grey (45), изучавший потребность в кислороде у пилотов высотной авиации, сформулировал теорию гомеостазирования системы дыхания. У физически крепких тренированных людей в стационарном режиме интенсивность альвеолярной вентиляции (Q_a , л/мин) выражалась следующей формулой:

$$Q_a = 1,1 \cdot [\text{H}^+] + 1,31 \cdot \text{pCO}_2 - 90 + 1,06 \cdot 10^{-7} \cdot (104 - \text{pO}_2)^{4,9}, \quad (13)$$

где $[\text{H}^+]$ - концентрация ионов водорода в артериальной крови в нмоль/л ;

pO_2 и pCO_2 - напряжение (парциальное давление) кислорода и углекислого газа в артериальной крови, мм.рт.ст.

Расчеты по формуле (13) показывают, что небольшие изменения pO_2 в артериальной крови в сторону уменьшения мало влияют на величину альвеолярной вентиляции, то есть параболический член формулы (13) растет сначала медленно. При углублении артериальной гипоксемии с уменьшением pO_2 до 65 мм.рт.ст. и ниже расчетное напряжение функции легких возрастает по очень крутой параболе и при этом теоретические значения Q_a превышают физические возможности человека. Следовательно в стационарном физиологическом режиме существования организма человека реальные отрицательные смещения напряжения кислорода в артериальной крови не могут превышать по абсолютной величине (-40) - (-45) мм.рт.ст. в течение сколь-нибудь длительного времени. Аналогичные расчеты по формуле (13) показывают, что сдвиг pH в сторону ацидоза в артериальной крови и, по-видимому, в тканевых средах не превышает по абсолютной величине (-0,2) - (-0,3) ед. pH. Разумеется, эти расчеты характеризуют физиологический статус испытуемых пилотов американской высотной авиации теперь уже в полувековой ретроспективе. С тех пор биологическая природа человека мало изменилась, но изменился характер экстремальных физиологических ситуаций, в которых может оказаться человек в современных условиях (например, при сверхнагрузках в спорте, в космическом полете, при интенсивной терапии и т.д.). Однако мы будем исходить из оценок системных связей в человеческом организме, приближающихся к хорошо изученным рутинным вариантам, рассматривая формулу (13) как принципиальное описание многофакторной корреляции, указанных в ней показателей.

Регрессия ОВП при уменьшении напряжения кислорода в тканях теплокровных составляет 1,0 - 1,5 мВ/мм.рт.ст. (22) Следовательно, уменьшение pO_2 в биологической жидкости на 40 мм.рт.ст. создает вклад в электронодонорную активность, эквивалентный уменьшению ОВП приблизительно на 40-60 мВ. Однако сопутствующее гипоксии смещение pH в сторону ацидоза создает вклад в электроноакцепторную активность, эквивалентный 15-20 мВ. В итоге суммарный сдвиг ОВП внутренней среды в сторону восстановительных значений при гипоксии не превысит по абсолютной величине регрессию этого показателя ($\Delta OVP < 0$) на 40-45 мВ.

Как известно, изменения pH в организме могут быть навязаны введением во внутреннюю среду кислых продуктов, ощелачивающих соединений, изменением режима дыхания и газового состава вдыхаемой смеси, а также фармакологическими и иными экспериментальными воздействиями на общий и регионарный кровоток. Так в остром эксперименте на наркотизированных собаках в условиях торакотомии удалось показать основные типы зависимости pH и показателей газов крови (pO_2 и pCO_2) от навязанных организму острых нарушений кислотно-щелочного равновесия (КЩР), газообмена и общего кровообращения. (46)

Моделировались следующие патологические состояния:

- 1) метаболический ацидоз (внутривенное введение 0,2 Н лимонной кислоты 1,5 мг/кг);
- 2) метаболический алкалоз (внутривенное введение 5% раствора бикарбоната натрия 10 мг/кг);
- 3) артериальная гипоксемия (принудительное дыхание гипоксической газовой смесью - 10% O_2 , в режиме нормовентиляции);
- 4) комбинированный (газово-метаболический) ацидоз (принудительная гиповентиляция легких обычным атмосферным воздухом);
- 5) газовый ацидоз без метаболической компоненты (принудительная гиповентиляция легких при дыхании чистым медицинским кислородом);

- 6) газовый алкалоз (принудительная гипервентиляция легких атмосферным воздухом);
 7) общая гипоперфузия организма в режиме искусственного кровообращения (ИК) - (общая скорость кровотока - ОСК 50% от нормы).

Подопытные животные контрольной группы наркотизировались и находились в состоянии операционной травмы, связанной с интраторакальным введением датчиков физиологической информации.

Исходные показатели в этой группе соответствовали физиологической норме. Но в течение 15-30 мин. у травмированных животных развивался ацидоз смешанного типа на фоне нормальных показателей оксигенации артериальной крови, вентиляции легких и общего кровообращения.

Полученные физиологические сдвиги в организме были ранжированы по показателям рН артериальной крови (pH_a) от минимальных при декомпенсированном метаболическом ацидозе до максимальных при декомпенсированном метаболическом алкалозе. Соответствующая гамма физиологических показателей в организме подопытных животных представлена в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Физиологические показатели в организме наркотизированных собак при сдвигах pH_a , связанных с различными типами нарушений КЩР.

Вид экспериментального воздействия	pH_a	Типы изменений физиологических показателей
1	2	3
Внутривенное введение лимонной кислоты	$7,15 \pm 0,04$	Декомпенсированный метаболический ацидоз, дефицит буферных оснований $BE = (-15,5)$ ммоль/л, гемодинамический коллапс, ОСК 30% от нормы, утилизация O_2 28% от нормы, газы крови в норме.
Общая гипоперфузия при ИК	$7,20 \pm 0,05$	Ацидоз смешанного типа, артериальная гиперкапния, $BE = (-12,2)$, заданная ОСК 50% от нормы, утилизация O_2 82% от нормы, оксигенация артериальной крови в норме.

Продолжение табл. 4.2

1	2	3
---	---	---

Гиповентиляция легких чистым O ₂	7,22 ± 0,04	Артериальная гиперкапния, BE = 0,5, “чистый” газовый ацидоз, ОСК 174% от нормы, утилизация O ₂ 82% от нормы, оксигенация артериальной крови в норме.
Гиповентиляция легких атмосферным воздухом	7,26 ± 0,03	Комбинированный ацидоз, артериальная гиперкапния, BE = (-4,6), ОСК 146% от нормы, утилизация O ₂ 107% от нормы, оксигенация артериальной крови в норме .
Операционная травма в контрольной группе	7,28 ± 0,01	Комбинированный ацидоз, небольшая артериальная гиперкапния, BE = (-8,0), ОСК и утилизация O ₂ 100% нормы, оксигенация артериальной крови в норме.
Дыхание гипоксической смесью, нормовентиляция	7,35 ± 0,04	Артериальная гипоксемия, показатели КЩР близки к норме, BE = (-3,0), ОСК 124% от нормы, утилизация O ₂ 60% от нормы.
Состояние физиологической нормы	7,37 - 7,42	КЩР без нарушений, BE = 0, ОСК, утилизация O ₂ , газы крови в норме.
Гипервентиляция легких атмосферным воздухом	7,47 ± 0,02	Артериальная гипокапния, газовый алкалоз, BE=(-3,5), ОСК 93% от нормы, утилизация O ₂ 109% от нормы, оксигенация артериальной крови в норме.

Продолжение табл. 4.2

1	2	3
Внутривенное введение бикарбоната натрия	7,55 ± 0,01	Метаболический алкалоз, BE = 13,5, ОСК 165% от нормы при относительном уменьшении сосудистого тонуса, утилизация O ₂ 180% от нормы,

Толкование данных табл. 4.2 основано на следующих предпосылках. Ионы водорода фармакологически активны и проявляют себя как симпатолитические агенты, поскольку они блокируют мембранные поверхности адренорецепторов. Соответственно резко выраженный декомпенсированный метаболический ацидоз вызывает сосудистый коллапс, нарушает тканевую микроциркуляцию и снижает утилизацию кислорода организмом в основном за счет нарушения его доставки к тканям и органам. Первичное уменьшение ОСК при ИК первоначально не влияет на рН и газовые характеристики артериальной крови. В этом случае уменьшение транспорта кислорода в тканевой массив связано с чисто механическими причинами (снижение производительности перфузионного насоса аппарата ИК). В дальнейшем искусственная гипоперфузия сопровождается развитием метаболического ацидоза в связи с накоплением в тканях недоокисленных продуктов, что усугубляет нарушения микроциркуляции и способствует нарастанию тканевой гипоксии.

При дыхании гипоксической смесью возникает артериальная гипоксемия и увеличение ОСК в качестве компенсаторной реакции. В результате утилизация O_2 составляет 60% от нормы, что достаточно для сохранения стабильности системы КЩР (возникает незначительный метаболический ацидоз и в этих условиях снижение утилизации кислорода связано по преимуществу не с нарушениями микроциркуляции, а с недостаточной оксигенацией крови).

Присутствие в тканях недоокисленных энергетических продуктов (по преимуществу молочной кислоты) создает предпосылки для повышенного кислородного запроса. Для проверки этого обстоятельства у подопытных собак, находившихся в течение 30 мин. в режиме ИК при ОСК 50% от нормы, форсированным увеличением производительности перфузионного насоса осуществлялось возвращение ОСК к 100% (то есть к исходному уровню, соответствующему физиологической норме). Состояние смешанного ацидоза при переходе от гипоперфузии к нормоперфузии практически не корректировалось, но при этом показатели утилизации кислорода организмом в течение нескольких минут увеличивались от 82% при гипоперфузии до 142%. (приблизительно в 1,7 раза). Следовательно грубые нарушения КЩР указанного типа сами по себе не препятствуют удовлетворению кислородного запроса, если доставка кислорода с кровью к тканям осуществляется в достаточном объеме.

Гиперкапния (увеличение pCO_2) крови вызывает симпатомиметический эффект, улучшает микроциркуляцию, что способствует повышению утилизации кислорода в организме *несмотря на снижение рН при газовом ацидозе*. Метаболический алкалоз, приводящий к значительному уменьшению концентрации ионов водорода в жидких биологических средах, резко ограничивает их симпатолитическое действие и создает преимущество для симпатомиметического действия CO_2 . В этом случае происходит активация микроциркуляции и утилизации O_2 .

Как известно, физиологический гомеостаз в целом обеспечивается адекватностью притока энергии к функционирующим органам и тканям и величины энергетического запроса. Сигнал о величине энергетического запроса организма является комбинированным и несет информацию о соотношении ОСК и сосудистого сопротивления по показателям артериального и венозного давления, о насыщенности крови кислородом (рецепторы *glomus carotis*), о содержании в крови глюкозы (“сахарный контур” нейроэндокринных регуляций), о действии на организм факторов

физиологического напряжения (гипофизарно-адреналовая система), а также информацию об эффективности использования энергетических субстратов. Прямое следствие биологического окисления в организме проявляется выделением из тканей в кровь углекислого газа, образованием метаболической воды, метаболических шлаков и накоплением продуктов неполного биологического окисления в виде органических кислот преимущественно в форме молочной кислоты. Если бы кровь не обладала буферными свойствами, то появляющиеся во внутренней среде кислый или щелочные продукты в избыточных концентрациях порядка 10^{-7} - 10^{-8} моль/л сопровождалась бы дрейфом рН в диапазоне 7,0 - 8,0 ед. рН, то есть колебаниями параметра $[H^+]$ в формуле (13) на один порядок. В подобных условиях гомеостазирование функции легочного дыхания было бы физически невозможным из-за очень больших перепадов величин альвеолярной вентиляции. Емкость бикарбонатной буферной системы крови характеризуется порядком величин 10^{-2} моль/л, что достаточно для относительной стабилизации рН при значительных нарушениях энергетического баланса. При этом возникает дефицит или эксцесс буферных оснований крови (ВЕ). Потребность организма в щелочных соединениях при ацидозе определяется по формуле Миллелемгаарда-Аструпа:

$$D_{bc} = 0,5 \cdot |BE| \cdot W \quad (14)$$

где D_{bc} - доза 5% (0,6 моль/л) раствора бикарбоната ($NaHCO_3$), необходимая для компенсации дефицита ВЕ, мл ;

$|BE|$ - модуль величины ВЕ, ммоль/л ;

W - масса тела пациента, кг.

В соответствии с известной номограммой Сиггаарда-Андерсена труднокомпенсируемые нарушения КЩР возникают при сдвигах ВЕ крови за пределы (-5) - 5 ммоль/л. Поэтому для здорового человека весом 70 кг физиологически допустимая доза бикарбоната не должна превышать $0,5 \cdot 70 = 175$ мл 5% раствора или 0,105 моль на объем циркулирующей крови (ОЦК). Если рассматривать католит, как обычное щелочное питье, то при рН = 10 он содержит концентрацию гидроксидов 10^{-4} моль/л, а при рН = 9 концентрация гидроксидов в католите 10^{-5} моль/л. Поскольку допустимая доза щелочного продукта для взрослого человека составляет в соответствии с формулой (14) приблизительно 10^{-1} моль на ОЦК, то очевидно, что щелочная нагрузка при питье католита с рН = 9-10 в объеме одного литра, соответственно, в 10000 - в 1000 раз ниже критической, поскольку буферная емкость этого ЭХА-раствора ничтожна. В сущности этот расчет подтверждается известным положением ГОСТ на питьевую воду, который допускает питье воды с рН = 9 без ограничений в соответствии с физиологическими потребностями. Но в отношении бикарбонатных минерализованных вод дозы и продолжительность курса питья существенно ограничены клиническими показаниями.

Аналогичные расчеты относительно анолита кислого показывают, что риск метаболического ацидоза при питье подобного ЭХА-раствора также ничтожен.

Следовательно, прямое действие ЭХА-растворов на рН биологических жидкостей внутри организма маловероятно. Более вероятно косвенное влияние ЭХА-растворов на КЩР посредством изменения ОВП внутренней среды с последующим изменением отношения $[Red]/[Ox]$. То есть предположительно действие ЭХА-растворов на биохимический и энергетический гомеостаз в организме осуществляется через действие на соотношение лактат/пируват, на величину ВЕ и далее фармакологически активные факторы КЩР (рН и pCO_2) и на микроциркуляцию.

Тканевая гипоксия различного происхождения, коррелирующая с регрессией ОВП в сторону восстановительных значений, сопровождается накоплением молочной кислоты,

уменьшением ВЕ, тенденцией к метаболическому ацидозу и повышением кислородного запроса тканей, очевидно подобные явления сопряжены с физиологическим действием католита, который, возможно, *имитирует повышение электронодонорного фона при гипоксии без нарушения кислородного снабжения организма, поскольку реальный транспорт кислорода с кровью к тканевым структурам при питье католита не претерпевает первичных изменений.* В подобных условиях метаболический ацидоз легко компенсируется за счет гипокапнии, связанной с усилением альвеолярной вентиляции, *а повышение кислородного запроса в сочетании с возможностью его удовлетворения приведет в конечном итоге к усилению тканевого дыхания.* Соответственно, физиологическое действие анолита на организм будет характеризоваться *иной* физиологической направленностью, отражающей его электроноакцепторные свойства.

4.4. Возможные патофизиологические следствия действия ЭХА-растворов на биохимическом и клеточном уровне.

В 1975 г. Ю.П.Козлов (47) привел многочисленные данные о характере действия биоокислителей, в частности, свободных радикалов в тканях организма и в биологических жидкостях. Усиление процессов свободнорадикального окисления на тканевом уровне сопровождается накоплением липоперекисей или продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в клеточных мембранах, органоидах, в частности митохондриях, что приводит к увеличению скорости утилизации кислорода и разобщению окислительного фосфорилирования. Ускоренное потребление кислорода тканями также интенсифицирует образование продуктов ПОЛ, что сопряжено с определенными патофизиологическими последствиями. При этом усиленная утилизация кислорода может стать неадекватной доставке кислорода тканям с кровью.

Энергетическая эффективность использования кислорода в организме на фоне активации перекисного окисления снижается в связи с тем, что часть кислорода затрачивается на прямое (неферментное) взаимодействие с субстратами малой энергетической значимости. Липоперекиси обладают высокой цитоплазматической токсичностью, необратимо денатурируют ферментные белки, легко вызывают полимеризацию ферментов, оказывают разрушительное действие на узловы ферменты гликолиза, трикарбонового цикла, а также на основное макроэргическое соединение организма - АТФ. Резкое угнетение тканевого дыхания в подобной токсикологической ситуации неизбежно.

По своей природе свободные радикалы и липоперекиси являются агентами электроноакцепторного действия. Анолит представляет собой электроноакцепторную среду с аномально усиленными электроноакцепторными свойствами. Но из этого не следует автоматически, что анолит нарушает тканевое дыхание во всех случаях. Обычный кислород, как известно, - один из сильнейших биоокислителей, но его токсическое действие проявляется только при передозировках. Аналогичным образом действие анолита на биологический субстрат должно быть двояким. Анолит с относительно слабыми или умеренными электронодонорными характеристиками может усиливать биологическое окисление, в частности окислительное фосфорилирование, повышая, таким образом, интенсивность тканевого дыхания. Анолит с повышенной концентрацией сильных окислителей, в том числе перекисных соединений, и с аномально высоким ОВП должен вызывать цитотоксический и антиметаболический эффект. В этом случае действие анолита будет сопровождаться подавлением тканевого дыхания, нарастанием анаэробного энергогенеза, накоплением недоокисленных шлаков,

уменьшением ВЕ, сдвигом КЩР в сторону метаболического ацидоза, нарушением тканевой микроциркуляции, напряжением функции легочного дыхания.

Циркуляторная тканевая гипоксия при метаболическом ацидозе, в том числе при вероятных метаболических нарушениях, создает тенденцию к усилению электронодонорного фона внутренней среды организма и тем самым *компенсирует тенденцию к усилению электрооакцепторного фона, связанного с уменьшением рН, а также действует как один из естественных механизмов противоокислительной (антиоксидантной) защиты*. Католит, повышающий электронодонорный фон жидких биологических сред, аналогичным образом проявляет себя как фактор противоокислительной защиты. Однако при определенных условиях электрохимической обработки католит может содержать свободные радикалы, обладающие цитотоксическим и антиметаболическим действием. Чрезмерная депрессия ОВП биологических сред при передозировках католита способна налагать термодинамический запрет на нормальные процессы биологического окисления. Поэтому формальное разделение ЭХА-растворов на “живую” и “мертвую” воду по признаку катодной или анодной обработки весьма условно. Предполагаемая схема патогенеза биохимических и физиологических нарушений, обусловленных электрооакцепторными факторами, в том числе сильными окислителями в составе ЭХА-сред и аномальными отклонениями ОВП, представлена на рис. 4.3.

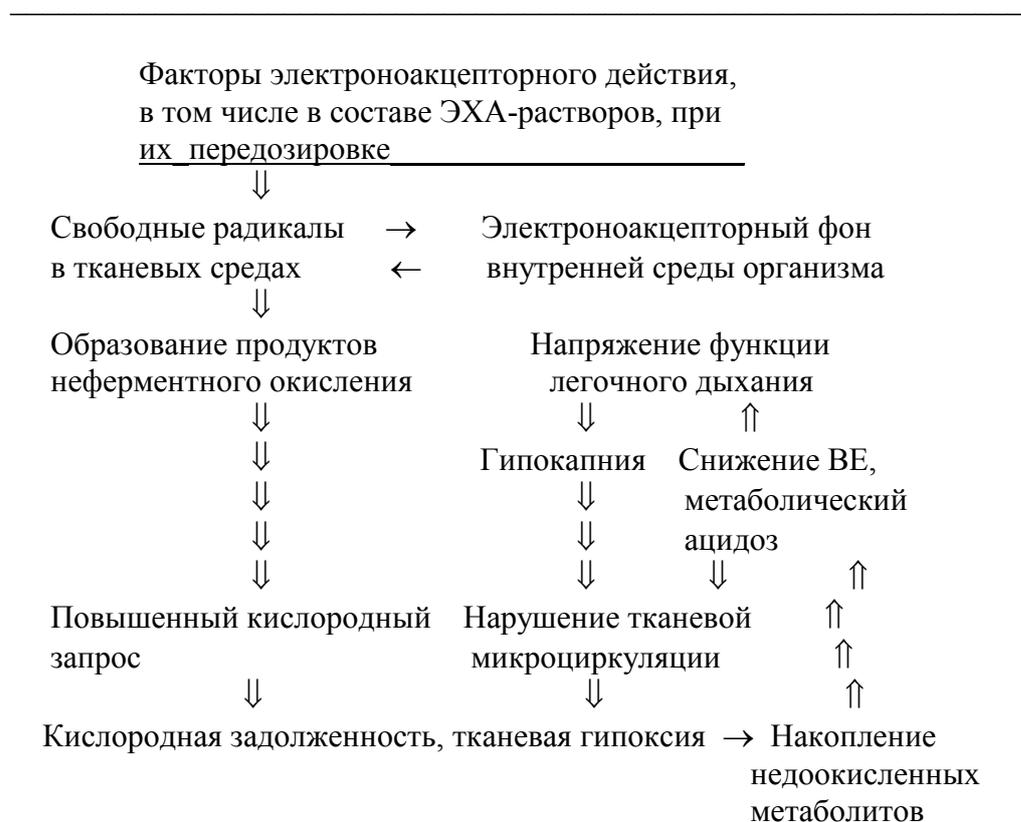


Рис. 4.3

Патогенетическая схема нарушений физиологического гомеостаза при передозировке факторов электрооакцепторного действия.

Из рис. 4.3 видно, что электроноакцепторные факторы, в том числе свободные радикалы, в избыточных дозах индуцируют образование в тканях продуктов неферментного окисления (в их числе продукты ПОЛ), обуславливают повышение кислородного запроса на фоне циркуляторных нарушений, связанных с метаболическим ацидозом и гипокапнией. Если в подобных условиях доставка кислорода к тканям неадекватна его усиленной утилизации, то тканевая гипоксия усугубляется и замыкается патогенетический порочный круг по схеме: повышенный кислородный запрос + нарушения тканевой микроциркуляции → кислородный долг → метаболический ацидоз → нарушения тканевой микроциркуляции → повышенный кислородный запрос.

Таким образом, введение во внутреннюю среду организма избыточного количества свободных радикалов (в том числе с ЭХА-растворами) способен “сломать” эндогенные механизмы антиоксидантной защиты. В подобных ситуациях внутриклеточный энергогенез нарушается до такой степени, что в клетках начинаются необратимые некробиотические процессы: липоперекиси, накапливающиеся в результате свободнорадикального окисления, окисляют сульфгидрильные (SH) группы до сульфонов, неспособных к реактивации. (47)

4.5. Саногенетическая модель действия ЭХА-растворов во внутренней среде организма.

В 1968 г. С.М.Павленко ввел определение саногенеза, как совокупности механизмов стабилизации нормальных физиологических функций и восстановления патологически измененных физиологических функций. Саногенетическая (терапевтическая) роль электроноакцепторного фактора электрохимической обработки показана на примере электрохимически синтезированного гипохлорита натрия, относительно которого установлен терапевтический диапазон дозирования.(11) Соответственно, правомерно предположение о существовании оптимальных, физиологически полезных дозировок ЭХА-растворов типа А, АН, К и других. Саногенетическая схеме действия терапевтических доз анолита и других электроноакцепторных факторов показана на рис. 4.4.

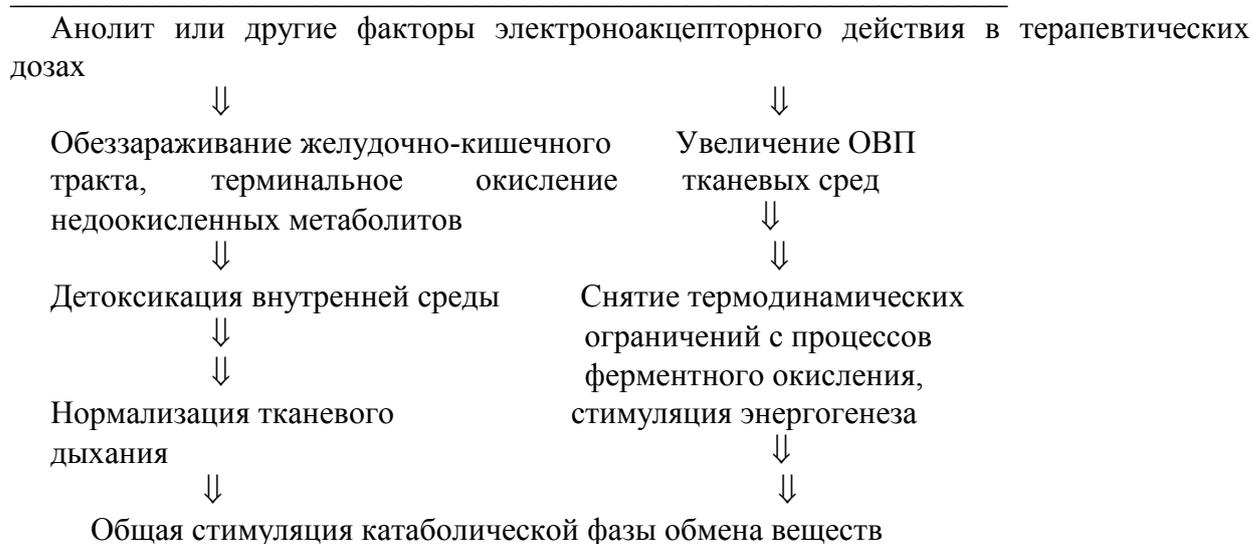


Рис. 4.4

Саногенетическая схема действия электроноакцепторных факторов во внутренней среде организма.

Предполагается, что терапевтические дозы анолита и других электроноакцепторных сред при приеме их внутрь энтеральным способом обеззараживают желудочно-кишечный тракт, способствуют терминальному окислению недоокисленных токсических продуктов обмена, осуществляя тем самым окислительную детоксикацию, снимают термодинамические ограничения с процессов ферментного окисления, стимулируют энергогенез и процессы общего катаболизма.

Механизм детоксикации внутренней среды при действии анолита может быть показан на примере окислительного гидроксилирования гидрофобных органических токсинов с помощью гипохлорита, как правило, присутствующего в составе анолита. Реакция окислительного фосфорилирования идет по формуле: $RH + NaClO \rightarrow ROH + NaCl$, где R - органический радикал, RH - органическое гидрофобное соединение, ROH - продукт окислительного гидроксилирования. Соединения вида ROH малотоксичны, гидрофильны и легко удаляемы за счет физиологической экскреции.

Совокупность электронодонорных факторов католита при приеме его внутрь в оптимальных дозах может действовать на обмен веществ под двумя положительными аспектами: создания термодинамических преимуществ для восстановительных биохимических реакций; блокирования процессов избыточного окисления, в частности перекисного.

Последовательность предполагаемых биохимических и физиологических изменений в организме после приема внутрь католита в оптимальных дозах показана на рис. 4.5.

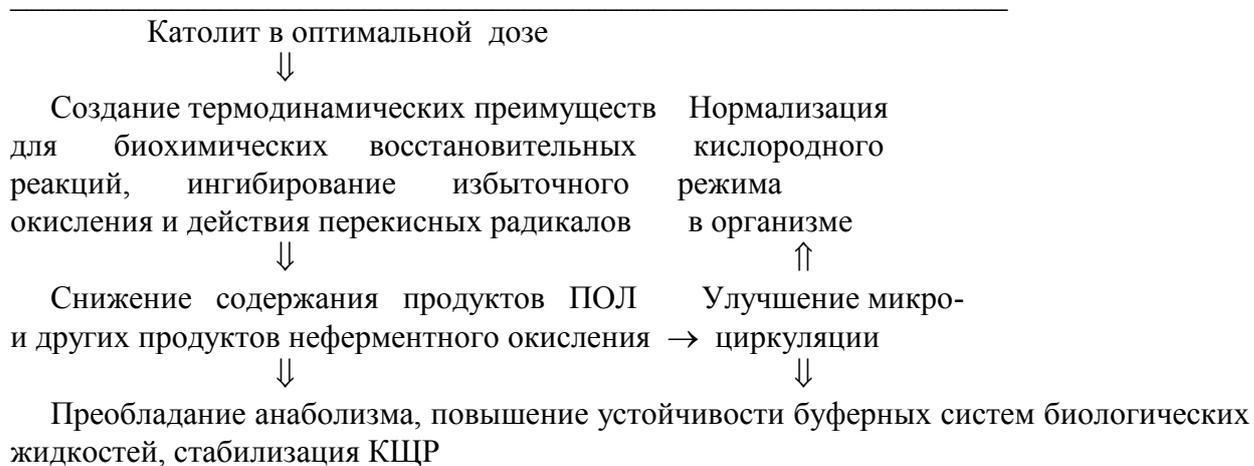


Рис. 4.5

Саногенетическая схема действия католита во внутренней среде организма при оптимальной дозировке.

Согласно предлагаемой схеме католит, после приема его внутрь в оптимальной дозе, обуславливает термодинамические преимущества для восстановительных (анаболических) биохимических реакций, ингибирует избыточное, в том числе перекисное, окисление, способствует снижению содержания продуктов ПОЛ, что в конечном итоге приводит к улучшению общей метаболической ситуации в организме.

Одной из предполагаемых специфических точек приложения полезного действия католита в организме является его способность ограничивать накопление продуктов ферментного окисления. Как известно, терапевтическое действие антиоксидантов реализуется путем блокирования образования в тканях соединений типа перекисей, альдегидов, кетонов, окисленных жирных кислот. (48) При этом необходимо учитывать, что присутствие или отсутствие во внутренней среде одного, отдельно взятого электроноакцепторного или электронодонорного соединения означает *возможность* соответствующего сдвига электронного равновесия, но не говорит о неизбежности подобного сдвига. Интегральные “фоновые” значения φ_s характеризуют физические условия, способствующие или не способствующие переносу электронов. По современным представлениям антиоксидантная система представляет собой хорошо детерминированную антирадикальную цепь противоокислительных агентов, осуществляющих перенос электронов и протонов от метаболитов-участников энзимного окисления к свободнорадикальным соединениям, которые совершенно не обязательно связаны с патологией. Они возникают в качестве промежуточных продуктов при биосинтезе гормонов, медиаторов нервного возбуждения, при фагоцитозе, пиноцитозе и т.д.

Антирадикальная цепь, ингибирующая свободнорадикальное окисление со стороны процессов ферментного окисления, представлена следующими биохимическими компонентами: глутатион (цистеин и другие SH-соединения), аскорбат, токоферол (полифенолы, убихинол). (49) Связь между энзимным (ферментным) и свободнорадикальным окислением посредством антирадикальной цепи изображена на рис. 4.6.

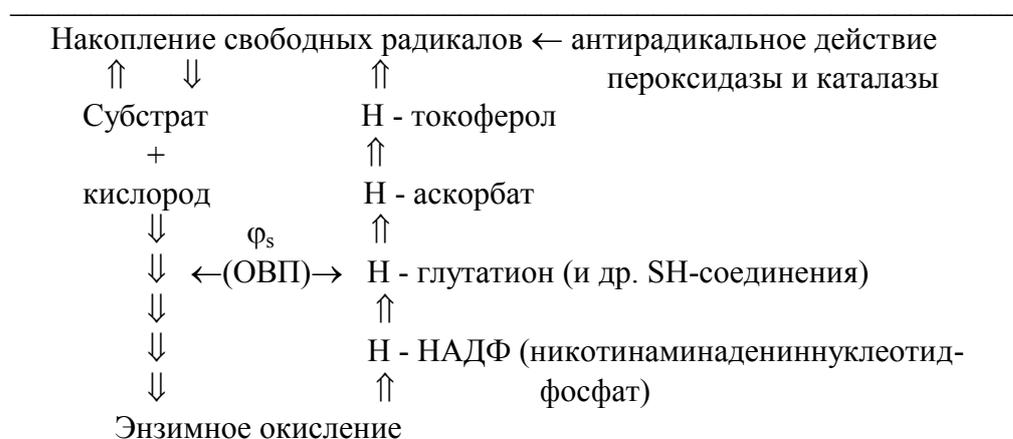


Рис. 4.6

Модель антирадикальной биохимической цепи в организме.

Здесь физиологическая антиоксидантная система представлена как одноконтурная. Выпадение хотя бы одного компонента антирадикальной системы прерывает транспорт атомов водорода (Н) от ферментного пути окисления к свободным радикалам. Показатель φ_s характеризует внутреннюю биологическую среду, в которой функционирует антирадикальная цепь, и регулирует активность переноса протонов и электронов. При уменьшении φ_s перенос протонов и электронов по элементам антирадикальной цепи осуществляется с большей интенсивностью.

Патогенез нарушений перекисного гомеостаза при дефиците антиоксидантных факторов в организме может быть раскрыт следующим образом. (49) Введение во внутреннюю среду только одного серосодержащего экзогенного антиоксиданта

(цистамина) в отсутствие аскорбата и токоферола неэффективно, так как срыв системы ингибирования свободно радикального окисления происходит при выпадении *хотя бы одного из компонентов антирадикальной группы*. Применяемая при бедном антиоксидантами рационе пероксидаза, разрушая перекиси, расходует глутатион и аскорбат. В этих условиях ускоряется срыв основной антирадикальной группы системы ингибирования, что ускоряет развитие свободнорадикального окисления, несмотря на повышенный распад перекисей.

Представление о системности биологического ингибирования свободнорадикального окисления позволило по новому оценить его роль в возникновении атерогенеза в связи с гиподинамией, избытком калорийных продуктов и стрессом.(49,50) Низкий темп энзимного окисления при малоподвижном образе жизни способствует срыву физиологической антиоксидатной системы, которая, как показано на рис.4.6, осуществляет протонно-электронный перенос от метаболических продуктов ферментного окисления (в частности окислительного фосфорилирования) по цепи антирадикальных элементов. “Нарушение равновесия между темпом энзимного окисления и избыточным поступлением калорийных продуктов приводит к “сбросу” субстрата на свободнорадикальный путь окисления, в частности из-за относительного недостатка НАДФ-Н. Стресс с его несоответствием поступления кислорода и жирных кислот в ткани и их реальным расходом приводит к быстрому падению антирадикальной активности тканей и к вспышке свободнорадикального окисления. Зимне-весеннее обеднение тканей экзогенными антиоксидантами - токоферолом, аскорбатами и полифенолами ослабляют систему антирадикального ингибирования и, по-видимому, ответственно за пик активности атеросклероза в апреле-мае, отмечаемый патологами. Учет системности ингибирования свободнорадикального окисления, возможно, окажется полезным при анализе роли свободнорадикального окисления в других формах патологии”. (49,50)

К сказанному можно добавить, что баланс элементов антирадикальной цепи, по-видимому, является условием необходимым, но недостаточным для эффективного подавления активности свободных радикалов, поскольку транспорт электронов по системе: продукты энзимного окисления → НАДФ-Н → глутатион → аскорбат → токоферол, зависит от ОВП жидких сред, в составе которых функционирует система антирадикальной защиты. Католит является *единственным* средством безреагентного смещения ОВП биологических жидкостей в область электронодонорных величин. Повышение восстановительного потенциала тканей ($\Delta\text{ОВП} < 0$) стимулирует переход двух водородов от субстрата к НАДФ. При этом НАДФ восстанавливается: по одному протону и электрону присоединяются к никотинамидному радикалу и еще один электрон присоединяется к его N-атому, который благодаря этому теряет свой заряд. Соответствующий этому электрону протон остается в среде и увеличивает в ней концентрацию $[\text{H}^+]$. (51)

Восстановление НАДФ является реакцией двуэлектронного типа и согласно табл. 2.1 для таких реакций ($n = 2$) сдвиг ОВП всего на (-0,029В) соответствует термодинамическим условиям, благоприятным для резкого преобладания восстановленной формы НАДФ-Н над окисленной формой НАДФ⁺ ($[\text{Red}]/[\text{Ox}] = 90:10$). Таким образом, ОВП должен оказывать существенное влияние на динамику электронно-протонного транспорта по всей цепи антирадикальной (противоокислительной) биохимической защиты.

4.6. Вероятные механизмы действия ЭХА-растворов на клеточном уровне.

Действие ЭХА-растворов на клеточные объекты предположительно осуществляется несколькими стереотипными способами. Устойчивые и метастабильные продукты

электрохимического синтеза действуют непосредственно на липидные мембраны, органеллы клетки и внутриклеточные молекулярные комплексы и химические соединения. Окислители и восстановители в составе ЭХА-растворов изменяют ОВП около- и внутриклеточной среды, регулируя таким образом активность эндогенных биоокислителей и биоантиокислителей. Сдвиги градиента ОВП на биологических мембранах влияют на перенос веществ в клетке за счет электроосмоса. Проникновение структурно измененной воды внутрь клетки активирует водные среды цитоплазмы и ускоряет происходящие в них биохимические реакции.

Электронное равновесие клеточных мембран определяется соотношением в них ненасыщенных и насыщенных жирных кислот. Диеновые связи типа $C=C$ в составе молекул ненасыщенных жирных кислот обладают электронодонорными свойствами. Поэтому в зависимости от степени ненасыщенности или насыщенности липидов наружной мембраны клетка может быть в большей или меньшей степени электронодонорным объектом относительно межклеточной жидкости.

Электронодонорные свойства живой клетки, по-видимому, коррелируют с ее отрицательной электрической заряженностью. Электростатический заряд типичной клетки млекопитающего составляет (-60) мВ. (52) Электронодонорные характеристики липидных мембран являются локальными, поскольку диеновые связи фиксированы на поверхности мембраны. В растворах, непосредственно контактирующих с биологической мембраной, электронравновесные свойства не обязательно совпадают с электронным равновесием этой мембраны. Подобное обстоятельство иллюстрируется измерениями ОВП некоторых клеточных взвесей в модельных физиологических средах и в бесклеточных фильтрах этих сред.

Опыты проводились на суспензии пекарских дрожжей в 5% аптечной глюкозе (1 г на 100 мл) и на размороженных сперматозоидах быка в глюкозо-цитратном физиологическом растворе ($50 \cdot 10^6$ клеток на 100 мл). Продолжительность инкубации 2,5 ч при температуре 22°C. С помощью иономеров “рН-150” и “рН-340” измеряли показатели рН и ОВП в пробах:

- исходных модельных физиологических средах,
- клеточных взвесах, суспензированных в указанных средах, в начальный момент инкубации,
- клеточных взвесах в процессе инкубации,
- клеточных взвесах перед окончанием периода инкубации (через 2,5 ч после начала опыта),
- бесклеточных фильтрах клеточных взвесей, полученных сразу после инкубации.

Бесклеточный фильтрат дрожжевой смеси получали с помощью двойного беззольного бумажного фильтра (“красная полоса”) по ТУ 6-09-1678-68. Фильтрат взвеси сперматозоидов - в вакуумной ячейке с фильтром на основе мембраны полисульфоновой ПСУ-140. Результаты измерений в начале и в конце опыта с инкубацией клеток в модельных физиологических средах приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

ОВП во взвесах дрожжевых клеток и сперматозоидов быка.

Клеточная взвесь, модельная среда	Показатель	Исх. м.с.	t_0	$t_{2,5}$	Φ
Дрожжи в 5% глюкозе аптечной	pH	$3,2 \pm 0,1$	$3,2 \pm 0,1$	$3,4 \pm 0,2$	$3,5 \pm 0,2$
	ОВП, мВ, ХСЭ	365 ± 20	370 ± 30	-175 ± 25	240 ± 20
Сперматозоиды быка в глюкозо-цитратной среде	pH	$7,7 \pm 0,05$	$7,6 \pm 0,05$	$7,7 \pm 0,05$	$7,7 \pm 0,1$
	ОВП, мВ, ХСЭ	265 ± 10	255 ± 10	130 ± 20	250 ± 20

Условные обозначения: Исх. м.с. - исходная модельная среда, t_0 - начальный момент инкубации, $t_{2,5}$ - через 2,5 часа инкубации, Φ - бесклеточный фильтрат после окончания инкубации.

Из таблицы следует, что pH клеточных взвесей в процессе наблюдений почти не изменялись. Добавки клеточного материала практически не влияли на pH исходных растворов. В бесклеточных фильтрах клеточных взвесей после 2,5 ч инкубации показатели pH также не менялись. ОВП исходных модельных физиологических сред были адекватны pH. В первый момент (t_0) после внесения живых клеток в модельные среды ОВП полученных клеточных взвесей не отличался от ОВП исходных растворов. Но по мере суспензирования клеток значения ОВП в клеточных взвесах уменьшались по экспоненциальной кривой и через 1,5-2 ч наступала стабилизация этого показателя. В опытах с дрожжами ОВП клеточной взвеси достигал области отрицательных (восстановительных) значений. Во взвеси сперматозоидов ОВП оставался положительным, но к концу опыта уменьшался на 125 мВ.

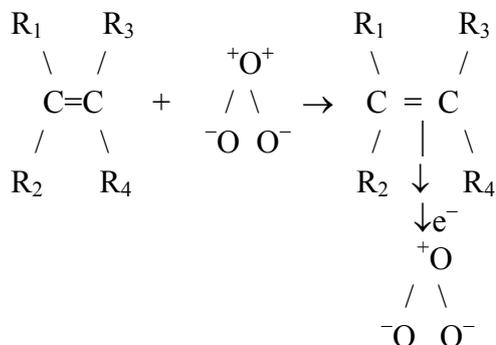
В бесклеточных фильтрах клеточных взвесей после 2,5 ч инкубации ОВП резко превышал аналогичный показатель в неразделенной клеточной взвеси. Это свидетельствует о том, что регрессия ОВП в клеточных взвесах в данном случае зависела от присутствия клеток, как таковых, и не зависела от молекулярных продуктов клеточного метаболизма, поскольку такие продукты с молекулярной массой менее 10^5 а.е.м. проходят через бумажные фильтры и мембрану ПСУ-140. Таким образом, электронодонорные дрожжевые клетки и сперматозоиды находились в межклеточной среде с относительно высоким фоном электроноакцепторной активности.

По-видимому, в процессе инкубации клетки адсорбировались на поверхности платинового электрода, который воспринимал электронодонорные характеристики клеточных мембран при непосредственном контакте. Следовательно, в гетерогенных клеточных средах показатели электронного равновесия должны быть конкретизированы по отношению к определенным микроскопическим и субмикроскопическим структурам и к жидким средам, заполняющим пространство между ними.

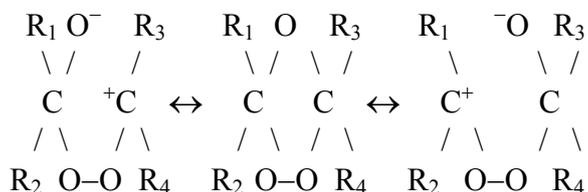
Мембраны живых клеток весьма чувствительны к присутствию биоокислителей. Замечено, что при протекании таких патологических процессов, как лучевая болезнь, отравление токсическими хлоралканами, бензолом, при кислородной интоксикации, действии озона, перекисных соединений или других сильных окислителей имеет место определенное сходство в характере нарушений липидных клеточных мембран. В результате в клеточных мембранных структурах снижается содержание эндогенных антиоксидантов, накапливаются липидные перекиси, нарушается морфологическая стабильность и устойчивость к внешним воздействиям. (47, 53, 54, 55) Следствием этого

являются многочисленными нарушениями метаболизма клеток вплоть до развития некробиоза.

В качестве примера реакции электроноакцепторного соединения с липидной молекулой рассмотрим процесс озонирования углеводородной цепочки в составе жирной кислоты, содержащей двойные углеродные связи (56):



После промежуточных преобразований:



Перекисное соединение разрывает диеновую углеродную связь, в результате чего возникают модифицированные жирнокислотные цепочки с гидрофильными кислородсодержащими группировками, которые при контакте с внешними водными средами будут выталкиваться из гидрофобного окружения, что приводит к существенному нарушению структуры липидного матрикса. (47)

Сильные окислители, в том числе электроноакцепторные факторы анолита, вызывают повреждения клеточных мембран, после чего электронодонорные свойства клетки существенно снижаются. Электроноакцепторное действие анодно активированных растворов на биомембраны является универсализованным, так как анолит содержит широкий спектр предельно окисленных химических форм, растворенных в среде с аномально высоким ОВП. Благодаря этому кислоты и перекиси в составе анолита реагируют с клеточным объектом на фоне усиления электронодонорных характеристик биологических жидкостей, составляющих основу биологического субстрата около- и внутриклеточной системы.

Анолит представляет собой совокупность стабильных и метастабильных сильных окислителей в водной среде со сверхвысокой электроноакцепторной активностью, способной к быстрому распространению через биологические барьеры и передаче своих электроноакцепторных свойств через аморфные субстраты, что создает предпосылки для тотального всепроникающего окислительного эффекта по аналогии с радиолизом при общем облучении. Соответственно анолитная (оксидантная) и лучевая нагрузка на организм или отдельные тканевые системы должны иметь ряд общих патофизиологических или терапевтических следствий.

Есть основания предполагать, что потеря клеткой электронодонорных свойств сопровождается переходом в такую фазу ее индивидуального развития (онтогении), которая по гистологическим признакам напоминает явление функционально-

морфологической дифференциации с потерей нормальной пролиферативной активности и последующим старением или малигнизацией. Так, агрегирование коллагена при гипервитаминозе D₂ связывается с избыточным образованием в тканевых системах перекисей и альдегидов. Характер изменения коллагена при гипервитаминозе D₂ *сходен с таковым при старении и атеросклерозе.* (57) В печени крыс после гепатэктомии по Хиггинсу (удаление 2/3 органа) антиоксидантная активность тканевых липидов проходила стадию двуфазного подъема соответственно кривой митотической активности. В точках спада митотической активности в период завершения процесса регенерационной гипертрофии печени (на 4-е сут. после операции) и при вторичном функциональном напряжении (на 8-9 сут. после операции) антиоксидантная активность липидов в органе снижалась. Увеличение антиоксидантного фона коррелировало с условным “омоложением” гепатоцитов, вступающих в пролиферативный цикл, в то время как подавление антиоксидантной активности наблюдалось в периоды преобладания процессов функциональной дифференцировки с выходом гепатоцитов из пролиферативного пула. (58) Быстро растущая культура HeLa обладала наиболее высокой противooksидлительной активностью в лаг-фазе. Стареющая медленно растущая культура HeLa содержала липидную фракцию с высокой окислительной активностью. (59) Дедифференцировка клеток печени при индуцированном канцерогенезе через 6-9 дней после введения крысам химического канцерогена сопровождается повышением антиоксидантной активности в начальный период образования гепатомы с последующей глубокой депрессией противooksидлительных липидов в растущей опухоли и в пораженном опухолью органе. (58)

Фракции стареющих эритроцитов обладают минимальной устойчивостью к действию кислого гемолитика (0,004 Н НСl), в то время как фракции молодых эритроцитов, выходящих из костномозгового депо, отличаются максимальной устойчивостью к данному окислителю. (44)

4.7. Окислители, старение, физиологический стресс.

Длительное пребывание человека или животных в среде, содержащей токсические окисляющие соединения, сопровождается развитием симптомокомплекса, внешне напоминающего картину старческой дегенерации. Переутомление, интенсивная физическая работа, мышечные сокращения, раздражение возбудимого физиологического субстрата, кислородная интоксикация сопровождаются накоплением липоперекисей в различных тканях (печени, сальнике, мышцах, сетчатке глаза). (47) Участие токсических продуктов свободнорадикального окисления в процессах старения подтверждается фактом накопления суммы окисленных непредельных жирных кислот в стареющих митохондриях. (48) Соответственно, биоантиокислители (антиоксиданты) рассматриваются как факторы, препятствующие старению, стимулирующие физиологическую и репаративную регенерацию. Антиоксиданты снижают содержание в тканях перекисных соединений, создают условия для переключения метаболизма на путь ферментного окисления (пастеровский эффект). (48,60) Нормобарическая гипоксия, способствующая регрессии тканевого ОВП, также рассматривается в качестве процедуры, способствующей замедлению старения. (60)

В 1936 г. канадский патофизиолог Ганс Селье (H.Selye) описал стереотипный синдром физиологического напряжения (stress), который возникал у подопытных животных при остром или хроническом воздействии сильных повреждающих агентов (стрессоров), в том числе сильных окислителей, свободнорадикальных соединений, факторов, активирующих свободнорадикальное окисление и т.д. Свои классические опыты Селье поставил на лабораторных крысах, которых он затравливал раствором формальдегида.

(61) Синдром стресса (по терминологии Селье “общий адаптационный синдром”) начинается “фазой тревоги” в виде суммы признаков функционального напряжения системы “гипофиз-кора надпочечников”. Если действие стресс-фактора продолжается, то через несколько дней у подопытных животных наступает период адаптации. В это время животные выглядят практически здоровыми, но у них сохраняется повышенный фон гипофизарно-адреналовой активности. В случае дальнейшего действия факторов стресса наступает функциональный срыв и декомпенсация, гипофизарно-адреналовая система истощает свой пластический и энергетический ресурс, и в организме начинают преобладать процессы дегенеративно-дистрофического типа, напоминающие геронтологическую патологию. (62) Это дало повод Г.Селье назвать стресс “ускоренной версией старения”.

Данное определение не лишено оснований. Повреждающие факторы - стрессоры, сами по себе не всегда относятся к классу химических окислителей. Однако посредниками стресса всегда являются химические процессы с участием свободных радикалов - медиаторов старения. Свободные радикалы образуются при распространении возбуждения по нервным волокнам. Их количество возрастает при увеличении интенсивности раздражения нервных и проводящих тканевых элементов. (63) Следовательно, химические агенты электрооакцепторного действия, ответственные за изнашивание биологических структур, - неизменные спутники жизни и сопутствующих процессов возрастной инволюции.

4.8. Модельный эксперимент по изучению влияния ЭХА-растворов на тканевой массив.

Для изучения влияния ЭХА-растворов на тканевой массив на Бирюлевском мясокомбинате г.Москвы был поставлен эксперимент по замачиванию в анолите или в католите мясного сырья (свинины, говядины, сала-шпик).(64) Цель опыта - изучение возможности повышения сохранности мясопродуктов. Параллельная цель эксперимента - анализ действия ЭХА-растворов на ткани животных при прямом контакте. Характеристики ЭХА-растворов, полученных на установке СТЭЛ: А - рН = 2,6-5,4 ; ОВП = 1160-725 мВ,ХСЭ, соответственно ; АН - рН =7,8 ; ОВП =810 мВ,ХСЭ ; К - рН = 10,0-11,3 ; ОВП = от (-830) до (-930) мВ,ХСЭ, соответственно.

После обработки мяса раствором А общее микробное число снижалось пропорционально бактерицидному действию активного хлора, но в глубине обработанного мясного сырья развивались гнилостные процессы, поскольку коагуляция поверхностного слоя препятствовала обмену мясной ткани с окружающей средой. АН не вызывал коагуляции поверхностного слоя мясного сырья и обладал еще большей обеззараживающей способностью. Но при этом было отмечено ускоренное старение жировых компонентов, особенно сала-шпик (окисление фосфолипидов, накопление пигментов старения).

Универсальным для обработки различных видов мясного сырья оказался раствор К, который обеспечивал значительное замедление процессов гниения при сохранении органолептических свойств. Одновременно с поверхности мяса смывалась микробная флора, что обеспечивало должную степень обеззараживания.

По-видимому эффект действия А на мясные продукты связан с усилением неферментного окисления в гипоксической мясной ткани на фоне относительно низких рН, что приводит к автолизу. Другими словами перекисное воздействие в сочетании с глубокой гипоксией усиливало риск необратимой денатурации тканей. АН активно окислял животные жиры, но ускорения автолиза при этом не наблюдалось, поскольку не нарушался обмен тканевого массива с внешней средой и в мясных продуктах

сохраняются остаточные процессы метаболизма. В то же время К выступает в качестве протектора к факторам автолиза и старения мясной продукции.

4.9. Нарушения перекисного гомеостаза жидких биологических сред при некоторых видах патологии и при экспериментальных воздействиях.

Облучение организма ионизирующей радиацией или развитие злокачественной опухоли сопровождается выделением в кровь и различные внутренние среды организма продуктов свободнорадикального окисления и снижением противовоспалительной активности липидов. В тканях животных-опухоленосителей (в печени, сальнике, головном мозге) концентрация перекисей липидов возрастает по мере роста опухоли. Однако в самой опухоли содержание липидных перекисей понижено по сравнению с нормальными тканями. (65)

Облучение плазмы крови в тонком слое инфракрасным лазером “Узор” с частотой импульсов 1500 Гц, мощностью $0,0829 \text{ Дж/см}^2$ в течение 2 мин. вызывает в течение суток увеличение содержания диеновых конъюгатов (связи C=C) и оснований Шиффа в 3,5-4 раза с параллельным уменьшением концентрации витамина Е на 50-60%. Это свидетельствует о значительных нарушениях в системе антиоксидантной защиты данной биологической жидкости. Липоперекиси, образующиеся при облучении, могут реагировать с ненасыщенными связями C=C, вызывая ряд последующих химических превращений с образованием соединений типа альдегидов и органических кислот. Диеновые группы обладают электронодонорными свойствами и реагируют с сильными окислителями, например, с озоном. Количество озона, прореагировавшего с двойными углеродными связями липидных фракций крови, является мерой их ненасыщенности.

В облученном белковом растворе перекисные факторы получают преимущество. Соответственно, биохимические процессы в облученных тканях и биологических средах идут в направлении неферментной деградаци и денатурации белков и образования липофусцина - коричневого пигмента изнашивания липидов. Диффузия электронодонорной среды (католита) в ткани тождественна масс-переносу электронодонорных характеристик непосредственно к биологическим растворам, непосредственно контактирующим с клеточными мембранами, что должно усиливать их противooksидлительную защиту.

Нормативные значения уровня насыщенности липидной фракции плазмы крови, определенные методом озонирования (66) приняты за 260 ± 20 условных единиц (у.е.) с диапазоном колебаний 200-300 у.е. Индекс ненасыщенности липидов обозначается символом DB. При заболеваниях, связанных с деструкцией тканей в результате микробного воспаления, термического или механического повреждения (гноино-септические процессы, ожоговая травма, сочетанная шокогенная травма) индекс DB имел тенденцию к снижению до 70 у.е. в предельных случаях. В последующем у лиц со сравнительно легкой патологией указанного типа индекс DB постепенно нормализовался, и в этих случаях выздоровление протекало без осложнений. Если же у больных на 3-и сутки заболевания показатель DB увеличивался до 300 у.е., то осложнения возникали. (66)

В некоторых ситуациях у пациентов с гноино-септическими заболеваниями на 7-14 день заболевания индекс DB увеличивался в 2-3 раза с последующим уменьшением этого показателя ниже нормы. В подобных ситуациях применение CO₂-лазера позволило уже в первые сутки снизить, а на 7-е сутки - нормализовать DB (производилось низкочастотное лазерное облучение $\lambda = 0,69$ и $0,89 \text{ мкм}$). (66)

Как известно лазерное облучение в терапевтических целях показано у лиц, страдающих широким кругом заболеваний. В аналогичных ситуациях применяется

экстракорпоральное ультрафиолетовое облучение крови (67) или не прямое электрохимическое окисление крови раствором гипохлорита (11), что свидетельствует о единстве биофизической природы методов квантовой и электрохимической терапии. Разница, в данном случае, заключается в том, что облучение вызывает *беспорядочную активацию* жидких субстратов, в то время как электрохимическое воздействие, в особенности униполярная ЭХА, характеризуется *направленностью модификации электроноакцепторных или электронодонорных свойств биологического объекта*.

Концентрация продуктов ПОЛ в организме свидетельствует об интенсивности свободнорадикального окисления, но не обязательно отражает окислительно-восстановительные свойства системы в целом. Так у собак с острой экспериментальной ожоговой травмой отмечается повышение содержания в крови малонового диальдегида (МДА), относящегося к классу продуктов ПОЛ. При этом общий антиокислительный потенциал крови, определяемый косвенно по методу Б.Б.Мартынюка с соавт. был снижен в период ранней ожоговой токсимии. (68) Непрямое электрохимическое окисление крови обожженных животных 0,06% раствором гипохлорита натрия, вводимого внутривенно капельным способом, вызвало снижение уровня МДА на 25%, но при этом сниженная антиокислительная активность крови не корректировалась. То есть концентрация продуктов ПОЛ не коррелировала с антиоксидантными характеристиками сыворотки крови. Очевидно, подавление активности эндогенных антиоксидантов и истощение их ресурса при стрессе отличается некоторой консервативностью.

4.10. Социально-экологический аспект управления электронным статусом внутренней среды организма.

Теоретическое и экспериментальное моделирование электронодонорных и электроноакцепторных воздействий на биологические объекты показывает, что в данном случае затрагиваются вопросы, выходящие за пределы регулирования окислительно-восстановительного равновесия внутренней среды отдельных организмов. Для коррекции и стабилизации перекисного гомеостаза у конкретного пациента необходимо соблюдение следующих условий:

- адекватное взаимное соответствие поступления в организм пищевых калорийных продуктов, кислорода и показателей интенсивности ферментного окисления ;
- создание термодинамических преимуществ для эндогенных и экзогенных антиоксидантов;
- элиминация продуктов ПОЛ и других соединений радикального типа с помощью процессов терминального окисления, сорбционного связывания и других способов детоксикации;
- поступление в организм соединений липидной природы, участвующих в восстановлении липидного матрикса биологических мембран.

Выполнение этих гигиенических, диетических, фармакологических и других условий зависит в конечном итоге от того, в какой среде человек живет, что он ест и пьет и какой образ жизни гарантирован ему в данном социуме. Формальная попытка следовать всем, известным на сегодня, физиологическим и физико-химическим требованиям существования человека приводит к выбору социально-гигиенической и экологической модели, близкой к жизненным стандартам Японии или Исландии. Чистый воздух, минимум экологически вредных воздействий, исключение с одной стороны физических перенапряжений, с другой - гиподинамией, устранение психических стрессов (впрочем, японцам это не всегда удается), сбалансированное питание с преобладанием рыбных блюд, очищенная вода, высокий уровень медицинского обслуживания - в сущности, это и есть социально-биологический оптимум в условиях современной цивилизации.

Однако в богатых технически развитых странах человек всего лишь реализует возможность дожить до определенного предельного срока (в среднем около 82 лет). При этом определенные заболевания также возникают в определенные сроки и в конечном итоге жизнь японца, скандинава, швейцарца (будем считать их эталоном всяческого благоденствия) завершается обвальным выключением физиологических функций с неизбежным трагическим финалом. Сейчас в разгар экономического кризиса в России (в 1995 г) средний возраст населения нашей страны стал ниже 60 лет, на селе этот показатель ниже 50 лет. К началу 1995 г население Земли превысило 5,5 млрд. Наиболее высокие технические и социальные показатели достигнуты в странах с населением не более 800 млн. чел. (в сумме). Но даже в такой сверхмощной стране, как США, демографические показатели и характеристики состояния здоровья граждан не являются самыми лучшими на планете. Гарантированное выживание человека всего лишь до 80 лет осуществлена в немногочисленных оазисах социального процветания. Воспроизведение подобных условий на всей Земле в рамках существующих технологий невозможно из-за множества экологических, энергетических, геополитических, сырьевых, информационных и других ограничений.

Приблизительно 10-15 лет назад было замечено, что новейшие достижения медицины в развитых странах дают возможность людям дожить до возраста, предельного для данных условий, но не более. Многообразные увлечения технологиями здоровья (диеты, аэробика, лечебное голодание, герба-лайф, витамины, антиоксиданты, биостимуляторы, микроэлементы, физкультура, различные экзотические системы упражнений и т.д.) принесли известную пользу (впрочем, не всегда), но не произвели никакой геронтологической революции. Между тем в отдаленных уголках земного шара существуют ограниченные эндемии активного долголетия (например, в Абхазии), достаточно хорошо изученные, но не дающие ответа на вопрос: почему эти эндемии так немногочисленны и строго локализованы? Очевидно, что здесь может быть заподозрен микрогеографический фактор, существенно укрепляющий физиологический гомеостаз по параметрам, предохраняющим организм от возрастного изнашивания.

Ранее говорилось о роли перекисных соединений в изнашивании клеточных структур. Очевидно, что жители развитых стран, доживающие до 80-ти, приблизительно в равной степени подвержены действию свободных радикалов в ту меру, в какую это сопряжено с энергетическим обменом на уровне 3000-4000 ккал в сутки. Меньший уровень потребления пищи взрослым человеком, во-первых, недостаточен для выполнения той работы, которая требуется для поддержания социально-экономического статуса. Во-вторых, полноценное питание необходимо для обеспечения пластических нужд функционирующих органов и тканей. Следовательно, человеку нужен вполне определенный и достаточно высокий уровень метаболической активности. В то же время установлено, что для тканей с активным метаболизмом характерен относительно высокий уровень свободнорадикальных процессов. (47) Прямое действие кислорода на биосубстрат сопровождается образованием токсических радикалов и гидроперекисей, что по выражению А.И.Журавлева “составляет в итоге суть величайшего биологического парадокса кислорода: его **токсичность** и в то же время **абсолютную необходимость** для ткани”.(48) Исключить кислород из среды обитания человека и животных и даже уменьшить потребление кислорода ниже уровня, потребного для выполнения социально-экономических функций мы не можем. Поэтому для преодоления физиологического изнашивания организма в результате действия побочных метаболических продуктов, по сути, необходимы действия двоякого рода: удаление токсических продуктов из организма и повышение устойчивости клеток к эндогенным и экзогенным факторам цитотоксичности.

Современная цивилизация предоставила части человечества полный набор традиционных средств физиологической противокислительной защиты, продлевающий жизнь на 20-30 лет. Однако неидентифицированный фактор, присутствующий в некоторых, ограниченных по территории регионах, благоприятных для долголетия, увеличивает продолжительность жизни человека на 50 лет и более. Основные признаки этого фактора долголетия следующие:

- устойчивая эндемичность, существующая в течение столетий и целых исторических эпох,
- независимость от формальных показателей развития общества и научной медицины,
- выделенность по отношению к известным факторам, обуславливающим фон биологического благополучия.

Вместе с тем, по теоретическим соображениям, эндемическое долголетие должно быть связано с аномально высокой надежностью системы физиологической противокислительной защиты у лиц, проживающих в данной местности.

4.11. О возможности природной редокс-активации родниковых вод (на примере исследований воды родника "Куркино" и образцов Марциальной воды из Карелии).

Известны многочисленные примеры водных эндемий, влияющих на показатели здоровья. Подобные эндемии связаны либо с отсутствием в данной местности какого-либо микроэлемента (йода, магния), либо с содержанием в воде, в почвах, в горных породах избыточного количества микроэлементов (фтора, кальция и т.д.). Во всех указанных случаях дефицит или избыток микроэлементов вызывает у людей и животных эндемические заболевания (зоб, поражения кровеносных сосудов, флюороз, почечнокаменная болезнь и т.д.). Помимо знаменитых источников лечебных минеральных вод существуют местности с "хорошей водой", а также целебные источники родниковой воды, пользующиеся особой популярностью у местного населения. Полезные свойства воды обычно связывают с присутствием серебра. Однако по этому поводу могут быть высказаны дополнительные соображения, основанные на экологических предпосылках и на последних исследованиях в области ЭХА водных сред.

Вода из открытых источников, водоемов, мелких колодцев и водопроводов во все эпохи (и особенно сейчас) содержит биогенные, антропогенные и техногенные примеси, влияющие на организм негативным образом. Вода из пластов глубокого залегания, в том числе воды родников, хорошо защищены от посторонних примесей и в этом смысле полезны только потому, что они являются *заведомо экологически чистыми*. Так в Зубцовском районе Тверской обл. на берегу р.Держа близ дер.Куркино (или Курково) на месте выхода известковых пород находится родник с прозрачной вкусной водой. По заявлениям местных жителей вода родника "Куркино" излечивает дерматозы, желудочно-кишечные расстройства, гипертонию, укрепляет общие показатели здоровья.

Исследование образцов воды "Куркино", доставленной в стеклянной таре, дало следующие результаты: (69)

- рН воды в закрытой таре 6,7 ; в открытой таре - 7,6 ;
- ОВП воды 280 мВ,ХСЭ ;
- электропроводность 0,52 мСм·см⁻¹ против 0,25-0,3 мСм·см⁻¹ в московской воде;
- интегральный индекс подвижности размороженной спермы быка (I_s), определенный по методике А.П.Еськова и Р.И.Каюмова (41), составил 97,4% относительно индекса эталона сверхчистой воды, принятого за 100%.

Элементный состав воды “Куркино” оп данным анализа Института микроэлектродной технологии и сверхчистых соединений в пос. Черноголовка Московской обл. указан в табл. 4.4.

Таблица 4.4
Элементный состав воды “Куркино”
концентрация в мг/л

Элемент	Концентрация	Элемент	Концентрация
Бор	0,008	Никель	0,015
Барий	0,0319	Фосфор	0,19
Кальций	87,46	Сера	1,73
Магний	17,02	Кремний	3,83
Натрий	5,23	Стронций	0,1335

Таким образом, вода родника “Куркино” не имеет фона цитотоксичности, не содержит серебра, алюминия, мышьяка, кадмия, кобальта, хрома, меди, железа, ртути, марганца, свинца, олова, вольфрама, цинка, редкоземельных металлов. Стронций в воде родника природного происхождения и не радиоактивен. Таким образом, источник “Куркино” является экологически чистым, свободен от техногенных примесей, не содержит аномальных примесей, кроме микроконцентрации природного никеля. Конкретный фактор, определяющий полезные свойства данного образца родниковой воды, не выявлен.

Присутствие в воде “Куркино” микропримеси никеля в сочетании с рутинными минеральными компонентами - с кальцием, магнием и природным стронцием, дает основание для гипотезы о существовании геохимического механизма активации родниковых вод, влияющих на их биологические свойства.

Предпосылка для гипотезы.

На основе биметаллических элементов “цинк-медь” или среды KDF Media (13) в США разработан промышленный образец редокс-фильтра для очистки питьевой воды. (70) Поскольку разность электродных потенциалов цинка и меди составляет (-1,1 В) элементарные порции воды в редокс-фильтре при последовательном взаимодействии с медью и цинком подвергаются, таким образом, анодно-катодному воздействию, где цинк выступает как донатор электронов, а медь - как акцептор. В результате электронный статус воды в момент контакта с биметаллом смещается в сторону восстановительных значений.

Состав гипотезы.

Минеральные компоненты воды “Куркино” барий, стронций и кальций имеют приблизительно одинаковые электродные потенциалы ($E^{\circ}_{Ba} = -2,90 \text{ В}$; $E^{\circ}_{Sr} = -2,89 \text{ В}$; $E^{\circ}_{Ca} = -2,87 \text{ В}$). Электродный потенциал магния существенно от них не отличается ($E^{\circ}_{Mg} = -2,37 \text{ В}$). В то же время никель обладает значительно более выраженными электроноакцепторными свойствами ($E^{\circ}_{Ni} = -0,25 \text{ В}$). Соответственно химические соединения в составе кристаллических пород, через которые фильтруется вода родника “Куркино”, может содержать редокс-пары с большой разностью электродных потенциалов. То есть благодаря микропримесям никеля в породах близ деревни “Куркино” предположительно существует природный редокс-фильтр.

Технический образец редокс-фильтра очищает воду от бактерий, органических примесей, тяжелых металлов и производит электронодонорную активацию водной среды.(70)

Образцы KDF Media исследовались во ВНИИИМТ НПО “Экран”. Были установлены следующие факты. Показатели рН и ОВП питьевой воды после контакта с KDF Media практически менялись незначительно, что, по-видимому, связано с очень быстрой релаксацией приобретенных в момент контакта электрононеравновесных свойств. Исходная московская водопроводная вода (пробы получены во ВНИИИМТ в феврале 1995 г.) имела фон цитотоксичности относительно одноклеточной водоросли *Euglena viridis* (эвглена) в связи с присутствием остаточных концентраций сильных окислителей (до 1 мг/л), используемых для обеззараживания воды на этапах рутинной водоподготовки. Фильтрация исходной водопроводной воды через среду KDF Media восстанавливала подвижность одноклеточных водорослей. Результаты тестирования воды, профильтрованной через редокс-фильтр (элемент KDF-55) представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5

Влияние биметаллического редокс-фильтра KDF Media на показатели рН, ОВП и экологическую совместимость воды с *Euglena viridis*.

Фильтр KDF-55 масса, г.	Время фильтрации, мин.	рН	ОВП, мВ,ХСЭ	Состояние эвглен в пробе воды
Без фильтра	-	7,60	320	Неподвижны, полная сферулизация
20	0,5 - 1,0	7,67	300	Неподвижны, частичная сферулизация
40	1,0 - 1,5	7,80	300	Малоподвижны, единичная сферулизация
80	1,5 - 2,0	8,05	280	Хорошая подвижность

Таким образом, биметаллический редокс-фильтр осуществляет эффективную антиоксидантную защиту клеток гидробионта без существенного влияния на рН и ОВП инкубационной среды.

В эксперименте с размороженной спермой быка инкубацию спермы проводили в контроле в обычном физиологическом растворе хлорида натрия, приготовленного на дистиллированной воде и NaCl марки ЧДА. Такой физиологический раствор по условию не содержит свободнорадикальных агентов. Исходный физиологический раствор инкубировали со средой KDF Media в соотношении 10 мл/г в течение 20 мин. В исходном (контрольном) физиологическом растворе на основе дистиллированной воды

(рН = 5,8; ОВП = 330 мВ, ХСЭ) подвижность размороженной спермы была слабой. После обработки физиологического раствора средой KDF Media показатели рН и ОВП практически не менялась. Подвижность размороженной спермы в физиологическом растворе, обработанном средой KDF Media, повышалась *на два порядка* (наблюдение Р.И.Каюмова). Следовательно, физиологический раствор сохранял “память” о редокс-активации независимо от изменений рН и ОВП.

Механизм действия природного редокс-фильтра представляется близким или тождественным относительно технического аналога. Предполагается, что родниковая вода фильтруется через породы и соприкасается с металлическими или иными включениями, характеризующимися резкими перепадами E° , что также вызывает редокс-эффект. При выходе на поверхность редокс-активированная родниковая вода имеет обычные (не аномальные) характеристики рН и ОВП, но сохраняет биологическую активность по аналогии с водными растворами, прошедшими через технический редокс-фильтр.

Косвенное подтверждение возможности природной электронодонорной активации было получено при исследовании образца Марциальной воды, доставленной из Карелии (через сутки после забора пробы). Этот образец имел следующие характеристики:

рН = 6,1 ; ОВП = 125 мВ, ХСЭ ; $\chi = 0,7 \text{ мСм}\cdot\text{см}^{-1}$

Расчет по формуле (10) показывает, что в неорганических растворах с рН = 6,1 минимальное ожидаемое значение ОВП составляет 294 мВ, ХСЭ (770 - 60·6,1 - 110). В то же время, реальный ОВП относительно свежего образца Марциальной воды на 169 мВ ниже расчетного, что свидетельствует о метастабильном состоянии образца со сдвигом ОВП в сторону восстановительного диапазона. В глубине горных пород Карелии фильтрующаяся вода взаимодействует с рудным телом и с кристаллическими структурами сложного состава, что достаточно для резких перепадов окислительного и восстановительного потенциалов. В результате соединения железа в составе Марциальных вод оказываются в среде с восстановительными свойствами, что приводит к быстрому (в течение 1,5 - 2 сут.) выпадению восстановленного железа в виде бурых хлопьев. Однако местное население и пациенты санатория в районе Марциальных вод имеют возможность пить свежую редокс-активированную воду, что и определяет ее уникальные терапевтические свойства.

В пещерах Абхазии можно наблюдать многочисленные выходы глубинных вод, образующие на камнях потоки почти всех цветов спектра. Опытный геохимик без труда определяет присутствие в воде самых разнообразных микроэлементов. В подобных условиях вероятность природной редокс-активации родниковых вод Абхазии очень велика. Следовательно, население этого региона веками потребляет естественную активированную воду, создающую в организме фон антирадикальной защиты. В совокупности с экологической чистотой горной местности, полноценной витаминизированной диетой, включающей острые желчегонные приправы, гипоксией среднегорья (от 1500 до 2500 м на уровне моря) и образом жизни, исключаящим гиподинамию, эндемический очаг природной активации воды создает в Абхазии уникальное сочетание моментов, повышающих сопротивление внутренней среды организма биоокислителям. Очевидное следствие - знаменитое долголетие абхазских горцев.

Исключительность Абхазии, как региона здоровья, может оспариваться на том основании, что сходные географические, климатические и геохимические условия существуют во многих местах, где продолжительность жизни населения не столь велика. Но, по-видимому, не всякие местные геохимические особенности гарантируют

активацию родниковых источников. Анализ воды из родника “Куркино” наводит на мысль о том, что вероятный признак природной редокс-активации воды - наличие в ней нетоксичной микропримеси металла с высоким значением E° , что обеспечивает высокий модуль ΔE° относительно рутинных металлосодержащих компонент горных пород.

Глава 5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ “ЖИВОЙ” И “МЕРТВОЙ” ВОДЫ. ПРИМЕНЕНИЕ ЭХА-РАСТВОРОВ ДЛЯ ЗООТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ.

5.1. Действие ЭХА-растворов на организм мелких лабораторных животных по данным Ташкентского филиала ВНЦХ АМН СССР.

Медико-биологические исследования ЭХА-растворов проводились в Ташкентском филиале ВНЦХ АМН СССР в 1978 г. (71) Анолит и католит водопроводной воды получали на диафрагменном электроактиваторе ЭЛХА-038. ЭХА-растворы вводили в организм нелинейных белых крыс внутрижелудочно (в/ж), внутрибрюшинно (в/б), обрабатывали католитом стандартные кожные раны, проводили экстракцию измельченной ткани миокарда в ЭХА-растворах, обрабатывали анолитом взвесь оболочек гемолизированных эритроцитов. Результаты исследования обобщены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Показатели действия ЭХА-растворов при введении их в организм белых крыс, при экстрагировании измельченной ткани миокарда и при действии на оболочки гемолизированных эритроцитов.

Тип и характеристика ЭХА-растворов, характер действия на биологический объект	Полученный биологический эффект
1	2
Католит водопроводной воды, ОВП = (-400) мВ, ХСЭ. Дозированное введение в/ж по 2 мл 3 раза в день.	Увеличение массы тела крыс за 13 нед. от 145,5 г. до 356,7 г. против приращения массы тела в контроле в среднем до 299,0 г. при равных исходных показателях.
Католит водопроводной воды, ОВП = от (-100) до (-800) мВ, ХСЭ. Введение в/б по 2 мл 3 раза в день в течение 5 дн. отсутствует.	Гипертрофия ворсинок и углубление крипт слизистой 12-перстной кишки, увеличение индекса мечения тимидином-Н ³ . Данный эффект наиболее выражен при действии католита с ОВП = (-400) мВ, ХСЭ. При крайних низких или высоких значениях ОВП эффект

Продолжение табл. 5.1

1	:	2
Католит водопроводной воды, ОВП = (-400) мВ, ХСЭ. Введение в/б по 2 мл в день в течение месяца.		Активация тканевых дыхательных ферментов. Умеренное увеличение содержания фосфолипидов в тканях миокарда и печени.
Анолит водопроводной воды, ОВП = 700 мВ, ХСЭ. Введение в/б по 2 мл в день в течение месяца.		Подавление активности дыхательных ферментов в среднем на $24 \pm 8\%$ в сыворотке крови, в экстрактах ткани миокарда и печени. Подавление окислительного фосфорилирования. Увеличение содержания фосфолипидов в оболочках эритроцитов, уменьшение содержания фосфолипидов в тканях миокарда и печени.
Католит водопроводной воды, ОВП = от (-500) до (-820) мВ, ХСЭ. Обработка стандартных кожных ран.		Ускорение заживления ран на 4 дн. Увеличение индекса мечения тимидином-Н ³ в зоне пролиферации и ускорение миграции клеток эпидермиса в область раневого дефекта.
Анолит водопроводной воды, ОВП = (-700) мВ, ХСЭ. Экстракция ткани миокарда.		Подавление активности альдолазы, лактат-дегидрогеназы, глютамино-щавелево кислой и глютамино-пири-виноградной аминотрансфераз. После доведения рН экстрактов до 7,1-7,3 при ОВП=500-600 мВ, ХСЭ активность ферментов остается сниженной.

Продолжение табл. 5.1.

1	:	2
Католит водопроводной воды, ОВП = от (-300) до (-600) мВ,		Подавление активности альдолазы, лактат-дегидрогеназы, глютамино-

ХСЭ. Экстракция ткани щавелево кислой и глютамино-пири-миокарда. виноградно-кислой аминотрансфераз при ОВП < (-500) мВ, ХСЭ. После доведения рН экстрактов до 7,1-7,3 при ОВП = от (-300) до (-400) мВ, ХСЭ Активность ферментов нормализуется.

Анолит водопроводной воды, ОВП = 600 мВ, ХСЭ. Снижение содержания фосфолипидов на 20%, значительная потеря Прямое действие на взвесь неэтерифицированных жирных оболочек гемолизированных эритроцитов. кислот.

Из таблицы 5.1 следует, что, как и предполагалось на основании модельных экспериментов и теоретического анализа (см. гл. 4), католит с электронодонорными свойствами, соответствующими ОВП = (-400) мВ, ХСЭ, в дозах порядка 20-40 мл/кг (для организма крысы) обладает хорошо выраженным анаболическим действием, стимулирует процессы физиологической регенерации, в частности, увеличивает вероятность вступления в фазу синтеза ДНК (S-фаза клеточного цикла) клеток слизистой 12-перстной кишки. В дозах 5-10 мл/кг католит той же характеристики стимулирует тканевое дыхание и способствует повышению надежности антиоксидантной защиты печени и миокарда, что выражается в увеличении содержания фосфолипидов в тканях этих органов. Прямое действие католита на рану усиливает репаративные процессы. Католит со слабо выраженными электронодонорными свойствами (ОВП > (-400) мВ, ХСЭ), малоэффективен. Католит с избыточными электронодонорными свойствами (ОВП < (-400) мВ, ХСЭ), обладает антиметаболическим действием.

Анолит в дозах 5-10 мл/кг тормозит тканевое дыхание, снижает противooksидительные свойства тканей жизненно-важных органов и клеточных оболочек, то есть производит в организме антиметаболическое действие. На данной экспериментальной модели прямое катаболическое действие анолита, которое по предположению могло бы выражаться в усилении процессов ферментного окисления за счет увеличения ОВП, не зарегистрировано. Очевидно, свободнорадикальная активность анолита превалировала. Увеличение содержания фосфолипидов в оболочках эритроцитов при внутрибрюшинном введении анолита может быть связано с компенсаторным усилением системы антиоксидантной защиты в организме при длительном электроноакцепторном воздействии. Однако в этих условиях общий срыв системы противooksидительной защиты проявляется в уменьшении содержания фосфолипидов в печени и в миокарде. Прямое действие анолита на оболочки эритроцитов во взвеси вне организма приводит к существенному нарушению их антиоксидантных свойств.

5.2. Косвенная оценка ОВП крови человека, регулирование ОВП крови при гемодиализе.

Исследовалась возможность передачи электронодонорных свойств внутренней среды организма человека через слизистую оболочку рта. Испытания проводились на практически здоровых людях. Участникам эксперимента предлагалось набрать в рот 50 мл кипяченой воды и по истечении 10 мин. вернуть пробу в мерный стаканчик.

Количество опытов - 6. В пробах воды измеряли рН и ОВП до инкубации в ротовой полости и после (Табл. 5.2).

Таблица 5.2

Показатели рН и ОВП питьевой воды до и после инкубации в ротовой полости.

Проба	рН	ОВП, мВ,ХСЭ
До инкубации	$7,05 \pm 0,2$	350 ± 10
После инкубации	$6,35 \pm 0,25$	70 ± 50
Критерий достоверности (Р)	$< 0,05$	$< 0,001$

Таким образом, вода после инкубации в ротовой полости оказалась закисленной на 0,7 ед.рН, что по расчету должно было привести к увеличению ОВП на 42 мВ. На самом же деле реальная регрессия ОВП в пробе воды после инкубации в ротовой полости составила (-280) мВ. Этот опыт также подтверждает, что внутренняя среда организма характеризуется хорошо выраженными электронодонорными свойствами относительно факторов внешней среды.

Дальнейшее изучение показателей электронного равновесия внутренних сред организма проводилось на основе клинических наблюдений у больных, находящихся на хроническом гемодиализе в отделении гемодиализа ГКБ №50 г. Москвы. У 22 больных с хронической почечной недостаточностью (ХПН) проводился ацетатный диализ. Характеристики режима гемодиализа:

рН диализного раствора	$7,37 \pm 0,02$;
ОВП диализного раствора, мВ,ХСЭ.....	290 ± 7 ;
объемная подача диализного раствора	
в контур диализатора, л/мин.	0,5 ;
объемная подача крови в диализатор, л/мин.	0,2 ;
продолжительность сеанса гемодиализа, ч.	4
частота сеансов, 1/дн.	1/2

В диализаторе кровь, очищаемая от уремических шлаков, протекала по капиллярам из купрофана с толщиной стенки 10 мкм. С наружной стороны капилляр, заполненный кровью, омывался диализным раствором с заданным минеральным составом. Через стенку полупроницаемой купрофановой мембраны диализатора между кровью и диализным раствором осуществлялся масс-обмен: компоненты диализного раствора поступали в кровь, уремические шлаки и некоторые метаболические компоненты из крови диффундировали в диализный раствор, который удалялся на слив. В отработанном диализном растворе на выходе из диализатора измеряли рН и ОВП. Измерения проводили иономерами Сiba-Corning (США), “рН-150”, “рН-340” (СССР).

Сравнение исходных рН и ОВП диализного раствора с показателями на выходе диализного контура после трансмембранного контакта раствора с кровью показаны в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Показатели рН и ОВП ацетатного диализного раствора на входе и выходе диализного контура диализатора “искусственной почки”.

Показатель	:	Р а с т в о р	:	Р-тест
	:	на входе	:	на выходе
	:		:	по Вилкоксоу

pH	$7,37 \pm 0,02$	$7,33 \pm 0,03$	$< 0,05$
ОВП, мВ.ХСЭ	290 ± 7	140 ± 5	$< 0,01$

На выходе диализного контура диализатора отмечалось незначительное закисление диализного раствора за счет ацидоза в организме больного. Регрессия ОВП в диализном контуре в среднем составила 150 мВ. Следовательно, кровь больных с ХПН является электронодонорной средой относительно диализного раствора. В свою очередь сам диализный раствор оказывает на кровь трансмембранное окисляющее действие и создает в организме термодинамические условия для истощения системы антиоксидантной защиты. Для устранения данного недостатка процедуры гемодиализа был использован электрохимический метод регулирования pH и ОВП воды, очищенной для гемодиализа, на основе униполярной катодной обработки.

Электрохимическая обработка поступающей в аппарат “искусственная почка” воды минерализацией 30-50 мг/л, осуществлялась с помощью электрохимического аппарата “Базекс”. Объемная подача деминерализованной воды, поступающей в катодную камеру под давлением 0,3 Мпа, составляла 0,5 л/мин. Небольшая часть воды профильтровывалась через разделительную мембрану в анодную камеру и удалялась на слив с расходом 0,5-2 л/ч. Фильтрат в анодной камере играл роль компенсирующего электролита, замыкающего электрическую цепь.

В процессе катодной обработки воды сила тока регулировалась в диапазоне 0,10-0,53 А. Вода, выходящая из катодной камеры включенного аппарата “Базекс”, подщелачивалась за счет образования гидроксидов. ОВП катодно обработанной воды снижался до величин от (-50) до (-250) мВ,ХСЭ в зависимости от силы тока. Далее катодно активированная вода поступала в смеситель монитора “искусственной почки”, где смешивалась с ацетатным диализным концентратом в соотношении 34:1. Диализный раствор, приготовленный на катодно активированной воде, при катодном токе 0,10 А имел $pH = 7,47 \pm 0,10$. По мере увеличения силы тока показатель pH диализного раствора, поступающего в диализатор, плавно возрастал и достигал $7,56 \pm 0,20$ при токе 0,50 А. На выходе диализатора показатели pH диализного раствора на активированной воде были систематически ниже входных в среднем на $0,16 \pm 0,03$.

Диализный раствор “запоминал” тенденцию к снижению ОВП катодно обработанной воды. Среднестатистическая зависимость ОВП диализного раствора на входе и выходе диализного контура при разной силе тока в рабочих камерах аппарата “Базекс” показана на рис. 5.1.

Входные показатели ОВП диализного раствора, полученные на воде, катодно обработанной током 0,10 А, составили в среднем 45 мВ, ХСЭ против 290 мВ, ХСЭ в диализном растворе на необработанной воде. При увеличении катодного тока характеристики ОВП диализного раствора перемещались в область отрицательных значений и достигали от (-165) до (-170) мВ,ХСЭ при токе 0,50-0,53 А (выше указанного предела ток не увеличивали ввиду риска выхода pH и ОВП диализного раствора из физиологически допустимого интервала).

В начале и конце периода наблюдений при токе $\leq 0,20$ А выходные ОВП диализного раствора были систематически ниже входных в среднем на 70 мВ. При токе 0,30 А входные и выходные характеристики ОВП на начальном отрезке сеанса гемодиализа уравнивались - *точка равновесия электронного статуса крови больных и диализного раствора достигалась при ОВП = (-135) мВ, ХСЭ (\approx -335 мВ,НВЭ).* Если ток в

аппарате “Базекс” повышался до 0,35-0,53 А, то ОВП диализного раствора оставался в начале сеанса гемодиализа на уровне (-135) мВ, ХСЭ и превышал ОВП на входе. Это означает, что в начале сеанса гемодиализа ОВП крови больного в экстракорпоральном шунте составлял в среднем (-135 мВ, ХСЭ).

В конце процедуры гемодиализа (3-3,5 ч. от начала сеанса) равенство входных и выходных значений ОВП диализного раствора в исследованном диапазоне силы тока не достигалось. ОВП на выходе диализного контура оставался ниже показателей входа. Ожидаемая сходимости кривых 1 и 3 (см. рис. 5.1) должна осуществляться при токе выше 0,53 А в области значений ОВП не выше (-200) мВ, ХСЭ. Следовательно, в результате продолжительной обработки крови диализным раствором с ОВП = от (-135) до (-170) мВ, ХСЭ показатель ОВП крови больных уменьшился в среднем более чем на 65 мВ, то есть внутренняя среда организма приобретала дополнительную электронодонорную активность.

Физиологические последствия “католитного диализа” после курса продолжительностью 2-3 мес. были следующими:

снижение АД у больных, склонных к гипертензии, на 30-40 мм.рт.ст. ;

увеличение рН артериальной крови на 0,02-0,05 ед.;

улучшение общего самочувствия ;

уменьшение ощущения жажды и уменьшение потребности в воде ;

ослабление симптомов кожного дерматоза.

Иногда “католитный диализ” сопровождался кратковременным чувством слабости. Осложнений не отмечено.

В разделе 2.2 приведены расчетные данные, согласно которым отношение окисленной и восстановленной форм гемоглобина в венозной крови удовлетворяет ОВП = 0,15 В, НВЭ (350 мВ, ХСЭ). По данным табл. 3.1 прямое измерение ОВП венозной крови системой платинового и хлорсеребряного электрода дало результат: (-30 мВ, ХСЭ). Косвенная оценка ОВП венозной крови, протекающей через диализатор в начале сеанса гемодиализа, дала результат: (-135 мВ, ХСЭ). Расхождение этих результатов, по-видимому, определяется следующим обстоятельством: кровь (как и всякая биологическая среда) неоднородна и содержит компоненты, существенно отличающиеся друг от друга по электронодонорным и электроноакцепторным характеристикам. Поэтому понятия “ОВП крови” или “ОВП ткани” в целом некорректны. Измерения ОВП ткани или сложной биологической жидкости дает результат в зависимости от того, какие элементы биологической среды взаимодействуют с электродами непосредственно. Соответственно, динамика ОВП биологической системы может быть прослежена только в серии наблюдений с помощью одного стандартного методического приема. Наиболее типичным примером гетерогенности параметров окислительно-восстановительного равновесия в пределах одного микрообъекта является митохондрия с резкими перепадами рН на наружном контуре митохондриальной мембраны, на ее внутреннем контуре и в межконтурном пространстве.

По-видимому, электронодонорные и электроноакцепторные микроскопические биомолекулярные комплексы передают свои электронные свойства на некоторое расстояние. И благодаря этому электрод, помещенный в биологическую среду, подвергается влиянию сложных равнодействующих электрических векторов. В целом такая живая среда характеризуется длительно существующими электрононеравновесными свойствами, которые необходимы для осуществления физиологических процессов. Установление в живой среде термодинамического равновесия характеризует состояние некробиоза.

5.3. Подвижность клеточного тест-объекта в диализном растворе на основе катодно активированной деминерализованной воды.

Биологическое тестирование деионизованной воды, катодно обработанной на аппарате “Базекс”, проводилось методом измерения подвижности размороженных сперматозоидов быка (41). Значения I_s взвеси сперматозоидов в условиях изотонии в диализном растворе на основе исходной деионизованной воды (контроль) и в пробах на основе деионизованной воды, обработанной катодным током, представлены в табл. 5.4. Исследовались образцы диализного раствора, приготовленные на воде, полученной на разных установках фирмы “Фрезениус” (ФРГ), работающих в отделениях гемодиализа Научного хирургического центра Минздравпрома РФ и ГКБ №50 г. Москвы. Соответственно пробы обозначены индексами 1 и 2.

Таблица 5.4

Показатели подвижности размороженных сперматозоидов быка в образцах диализного раствора на основе исходной и катоднообработанной воды, очищенной для гемодиализа.

Тестируемая проба	: Ток, А	: q, Кл/л	: I_s , % к эталону
Контроль (1)	0	0	$66,0 \pm 3,0$
Катодная обработка (1)	0,25	30	$83,2 \pm 2,5$
Контроль (2)	0	0	$216,6 \pm 16,7$
Катодная обработка (2)	0,25	30	$252,3 \pm 16,1$
Критерий достоверности (P)	-	-	< 0,001

Условные обозначения: q - удельный расход электричества при катодной обработке воды, очищенной для гемодиализа; I_s - индекс подвижности сперматозоидов в диализном растворе на основе исходной и катодно обработанной воды.

Таким образом, диализный раствор на основе деионизованной воды, подвергнутой катодной обработке в аппарате “Базекс”, стимулирует подвижность инкубируемых сперматозоидов, что связано с увеличением утилизации внутриклеточной энергии, необходимой для работы жгутикового аппарата движущихся клеток.

5.4. Действие ЭХА-растворов на морфологию и жизнеспособность бактерий.

Во время проведения 1 и 2 Всероссийских конференций “Методы и средства стерилизации и дезинфекции в медицине”, проходивших в Москве в 1992-93 г.г., представлены материалы о действии ЭХА-растворов на морфологию суспензированных бактерий. ЭХА-растворы были получены на электролизерах различных типов. Отмечалось, что при обработке суспензии синегнойной палочки католитом ($pH = 12,4$; ОВП = - 800 мВ, ХСЭ) все микробные клетки оставались интактными, по данным электронной микроскопии, их ультраструктура не менялась. Анолит ($pH = 3,7$; ОВП = 950 мВ, ХСЭ) повреждал тонкую структуру бактериальной клетки на уровне внутриклеточных мембран. При повреждении клеточных оболочек перекисными соединениями в составе анолита обнаруживалось усиление их способности к образованию комплекса “бактериальная клетка (антиген) - антитело”.

Добавление католита к питательным средам стимулировало рост и повышало жизнеспособность медленно растущих микобактерий (возбудителей лепры и туберкулеза), а анолит подавлял их рост. (73)

Приведенные данные указывают, в частности, на риск провокации очагов дремлющей инфекции при обработке католитом патологически измененных тканей. Анолит способен подавлять рост бактерий и сенсibiliзировать микробные клетки к иммунным факторам.

5.5. Обеззараживающие свойства активированного анолита.

Во ВНИИ профилактической токсикологии и дезинфекции и лечебных учреждениях г.Москвы проводились испытания обеззараживающих свойств электроактивированных растворов А (рН = 2,4 ; ОВП = 1130-1180 мВ,ХСЭ) и АН (рН = 7,5 ; ОВП = 840-950 мВ,ХСЭ), полученных на установках СТЭЛ. Тестирование осуществлялось на традиционных суспензионных и батистовых тест-объектах, а также на поверхностях различных материалов, контаминированных спорами *B.cerius*. Установлено, что спороцидная активность анолита при прочих равных (в том числе при близких рН и ОВП) возрастала с увеличением C_{ox} . Спороцидная активность А превышала таковую у АН. Время спороцидного действия А и АН указано в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Показатели спороцидной активности А и АН по отношению к спорам *B.cerius*.

Тип раствора :	C_{ox} , мг/л	Время спороцидного действия, мин.
А	200 - 290	5 - 10
	485 - 570	3 - 8
	590 - 660	1 - 5
АН	240 - 277	8 - 17
	400 - 520	4 - 10
	590 - 660	7 - 8

Спороцидная активность проявлялась наилучшим образом при обработке суспензионных тест-объектов и металлических поверхностей. При обработке батистовых тест-объектов время спороцидного действия было максимальным.

Дезинфицирующее действие А в отношении кишечной палочки и золотистого стафилококка при контаминации ими изделий медицинского назначения из металла и стекла (ножницы, пинцеты, корнсанги, пипетки, предметные стекла, пробирки) также выражены лучше в сравнении с АН. Время обеззараживания при действии А составляет 15-30 мин. при $C_{ox} = 300-400$ мг/л, соответственно. При действии АН время обеззараживания 15-60 мин. при $C_{ox} = 400-500$ мг/л. При прочих равных время обеззараживания изделий из металла и стекла одинаково.

Проводились опыты по дезинфекции растворами А и АН игрушек из пластмассы, изделий медицинского назначения из стекла, подкладной клеенки, резины и др. Дезинфекция осуществлялась методом одно- и двукратного протирания или погружения предмета в раствор. В качестве тест-вируса использовался вирус полиомиелита 1 типа (вакцинный штамм). Наилучшая дезинфекция достигалась погружением предмета в раствор. (См. табл. 5.6)

Таблица 5.6

Зависимость дезинфицирующих свойств А и АН при обеззараживании различных объектов, контаминированных вирусом полиомиелита.

Объект	: Время обеззараживания (мин) при...	
	: протирании	: погружении
Предметные стекла	60 (однократно)	30
Клеенка подкладная резиновая	> 60 (двукратно, интервал 30 мин.)	60
Игрушки из пластмассы	> 60 (однократно)	30

АН обладает относительно слабым хлорным запахом, переносится персоналом лучше других дезинфицирующих средств, характеризуется хорошими моющими свойствами, повышающими эффективность дезинфекции и стерилизации. Поэтому АН предпочтительнее в качестве антимикробного агента. При обработке АН ($C_{ox} = 400-900$ мг/л) кухонной утвари, линолеума, стекла, кафеля, керамической плитки, дерева, окрашенного масляной краской, а также изделий медицинского назначения требует экспозиции после одно- или двукратного протирания от 15 мин. до 2 ч. (74)

Стерилизационный эффект АН ($C_{ox} = 300- 500$ мг/л) зависит от обрабатываемого материала (стекло, металл, полимеры, резина) и обеспечивается при выдержке от 15 мин. (для большинства материалов) до 4 ч. (резина). Антимикробные свойства А выше, но он вызывает быструю коррозию металлических инструментов. (75,)

На основе разработанных методических рекомендаций АН ($C_{ox} = 300-500$ мг/л) нашел успешное применение при дезинфекции и стерилизации в реанимационных отделениях и ЛОР-кабинетах. (76,77) При этом себестоимость изготовления АН в установках СТЭЛ на месте применения была в 6 раз ниже расходов на покупной хлорамин. При использовании установок СТЭЛ производительностью 7-9 т. дезинфицирующих растворов ежемесячно в масштабах клинического комплекса наблюдались:

изменения микробного пейзажа в помещениях (реже высевались грамм-положительные формы) ;

улучшение качества генеральных уборок (снижение частоты неудовлетворительных смывов до 3,5% против 8% исходных) ;

снижение заболеваемости новорожденных и родильниц по сравнению с общегородскими показателями ;

экономический эффект и улучшение условий и организации труда.

Раствор гипохлорита натрия, получаемый на установках ЭДО ($C_{ox} = 600-900$ мг/л) используется для стерилизации медицинских инструментов, катетеров, трахеотомических трубок и пр. (стерилизация погружением на 15 мин.). (78) Применение аппаратов ЭДО для указанных целей лимитировано их низкой производительностью. Сведения о моющих свойствах раствора гипохлорита отсутствуют.

По данным 7-й клинической больницы г.Риги, рентабельность установок СТЭЛ 150-300% относительно расходов при применении хлорамина. На основе 1500 проверок установлена более высокая эффективность АН по сравнению с традиционными прототипами. Коррозионные свойства А и АН могут быть скорректированы добавками специальных ингибиторов. (79)

5.6. Токсикологическая оценка ЭХА-растворов, синтезируемых установками СТЭЛ.

Результаты испытаний, проведенных ВНИИ профилактической токсикологии и дезинфекции показали следующее.

При внутрибрюшинном введении крысам раствора К (рН = 10-10,5 ; ОВП = от (-700) до (-750) мВ, ХСЭ) признаки токсического действия не отмечались.

Токсичность А (рН = 3,0 - 3,15 ; ОВП = 1150-1160 мВ,ХСЭ, C_{ox} = 180-500 мг/л) и АН (рН = 7,4 - 7,9 ; ОВП = 890-900 мВ,ХСЭ, C_{ox} = 100 - 1100 мг/л) оценивались на мышах, крысах, морских свинках и кроликах. По показателям острой токсичности оба раствора существенно не отличались и относились к классу *малотоксичных*. При введении в желудок мышей А или АН с C_{ox} = 500-550 мг/л до заполнения гибель животных не наступала. При однократном нанесении на кожу А и АН местно-раздражающего действия не оказывал.

При повторных кожных аппликациях А с C_{ox} = 350-500 мг/л у кроликов наблюдалось раздражение после 2-х аппликаций, а при C_{ox} = 130-270 мг/л раздражение кожи возникало после 10-ти аппликаций. Однако у крыс А с C_{ox} = 270-310 мг/л не вызывал раздражения кожи при аппликациях в течение месяца.

Аппликации АН с C_{ox} = 400 мг/л у кроликов и морских свинок сопровождались развитием сухости и шелушением кожи через 7 дней. У крыс после 20-25 аппликаций АН подобных явлений не отмечалось.

Таким образом при C_{ox} порядка 400 мг/л раствор А оказывал на кожу более сильное раздражающее действие по сравнению с АН.

При закапывании растворов А и АН в конъюнктивальный мешок кролика наблюдался слабый и быстро проходящий эффект раздражения.

Общее кожно-резорбтивное действие А выражено сильнее по сравнению с действием АН. Регулярное смазывание кожи крыс А (C_{ox} = 300 мг/л) сопровождалось уменьшением массы тела животных, нарастанием вялости и эозинофилезом крови (последний признак характерен для недостаточности коры надпочечников и общей сенсibilизации). Обработка кожи крыс АН (C_{ox} = 400 мг/л, что даже несколько выше, чем в предыдущем случае) вызывала аналогичные тенденции, не выходящие, однако, за допустимые пределы. Растворы А и АН подавляли активность аланинаминотрансферазы и щелочной фосфотазы печени.

Растворы А и АН обладали специфическим сенсibilизирующим действием (агломерация и лизис лейкоцитов) после внутрикожных инъекций этих растворов с последующей их аппликации на область инъекции.

При работе с образцами А в условиях натурального эксперимента по проведению дезинфекционной обработки отмечались существенные превышения ПДК в воздухе по хлору. АН в подобных условиях вызывал превышение ПДК активного хлора в атмосфере только при $C_{ox} > 1100$ мг/л.

Более высокая токсичность А по сравнению с АН связана с содержанием в первом значительных концентраций газообразного хлора (Cl_2 , $\varphi_0 = 1,0$ В, НВЭ), в то время как АН содержит в качестве активных начал главным образом хлорноватистую кислоту ($HClO$) и гипохлорит-ион (ClO^- , $\varphi_0 = 1,1$ В, НВЭ). Установлено, что потребление крысами воды с содержанием $Cl_2 = 0,5-50$ мг/л (0,014-1,43 ммоль/л) сопровождалось развитием симптомов хронического отравления (гастрит, снижение содержания ДНК и гликогена в печени, анемия). В то же время введение крысам с питьевой водой гипохлорита натрия в концентрациях 5000-40000 мг/л (68-540 ммоль/л) приводило в течение 14 дней к обезвоживанию организма, но без грубых морфологических нарушений. (80)

По данным В.И.Сергиенко (Ин-т физико-химической медицины, Москва) инфузионный раствор с содержанием гипохлорита натрия порядка 10 ммоль/л (около 740 мг/л) создает в организме концентрации порядка $2 \cdot 10^{-1}$ ммоль/л (10-20 мг/л), которые относительно совместимы с живыми тканями. Как известно, хлор обладает широкой

гаммой степеней окисления (-1, +1, +3, +5, +7) и при взаимодействии с биологическими субстратами дает множество промежуточных продуктов типа ксенобиотиков. Система HClO/ClO^- позволяет получать при взаимодействии с биологическими и токсическими субстратами различные биохимические продукты, окисленные кислородом, и анион Cl^- , что можно показать на примере окисления гипохлоритом фенола:



В процессе действия естественных механизмов детоксикации подобные продукты образуются в организме постоянно и являются малотоксичными или полностью нетоксичными. По-видимому, этот момент определяет меньшую токсичность АН по сравнению с А.

5.7. Влияние католита на механизмы иммуногенеза.

В медицинском центре фирмы “Эсперо” (Ташкент) проводились исследования влияния католита на показатели иммуногенеза у мышей СВА. Изотонический раствор католита на основе физиологического раствора хлорида натрия получали на электрохимической установке “Эсперо-1”. (81) Мышам однократно вводили внутримышечно взвесь эритроцитов крови барана в обычном физиологическом растворе (контроль) и в католите на основе физиологического раствора. Эритроциты крови барана являются антигенами и вызывают у мышей иммунологическую реакцию. В опытах с введением мышам взвеси эритроцитов на католите увеличение количества антителообразующих клеток в селезенке было в 4-6 раз выше по сравнению с контролем. По мере снижения ОВП католита, на котором готовили эритроцитарную взвесь, до (-800) мВ, ХСЭ относительное содержание ненасыщенных жирных кислот в клеточной оболочке спленоцитов возрастало на 15-30% относительно исходного уровня. Это свидетельствует о повышении антиоксидантной активности клеточных мембран спленоцитов в результате действия катодно активированного раствора. Признаков деструкции липидной фазы клеточных мембран спленоцитов у животных, получавших инъекции эритроцитарной взвеси на католите, не обнаружено.

Внутримышечное введение изотонического раствора католита мышам с анемией, вызванной солянокислым фенилгидразином, сопровождалось стимуляцией кроветворения. При этом интенсивность иммунной реакции на дополнительное введение взвеси эритроцитов крови барана усиливалась в 2-3 раза. Католит усиливал взаимодействие Т- и В-лимфоцитов в процессе иммунной реакции на антиген эритроцитов барана при введении лимфоидных клеток летально облученным мышам СВА и подавлял формирование антигеноспецифических Т-супрессоров.

На фоне токсического CCl_4 -индуцированного гепатита у мышей СВА инъекции католита оказывали корригирующее действие на иммуногенез, сниженный у животных с данной формой экспериментальной патологии. После инъекций католита у больных мышей восстанавливалась нормальная интенсивность иммунологического ответа на антиген эритроцитов крови барана.

5.8. Радиопротекторные и радиосенсибилизирующие свойства ЭХА-растворов.

В 1981 г. в ташкентском филиале ВНИЦХ АМН СССР проводились исследования радиопротекторных и радиосенсибилизирующих свойств ЭХА-растворов. (82) С этой целью мышам СВА облучали летальной дозой (DL_{95}) рентгеновского облучения. Контрольной группе животных давали обычную (неактивированную) воду. Подопытные

мышь получали католит и анолит на основе низкоминерализованной воды. Водные среды подавались в вольеры по специальным желобкам.

В результате в контрольной группе смертность составила 96%, в группе облученных мышей, пивших католит, - 10%, соответственно. То есть 90% мышей, пивших католит, выжили после летального облучения.

Мыши, пившие анолит, после смертельного облучения все (100%) погибли в более короткие сроки по сравнению с контрольной группой. Таким образом, католит проявил себя как эффективный радиопротектор, в то время как анолит ускорил течение лучевой болезни и усилил летальное действие радиации.

Известно, что физические и химические радиопротекторы способствуют продлению жизни облученных организмов. (83,84) Напротив, появление в тканях активных радикалов приводит к эффекту радиосенсибилизации. “Одним из наиболее широко исследуемых в настоящее время является способ радиосенсибилизации с помощью *электроно-акцепторных соединений* (ЭАС). Одним из главных свойств ЭАС является то, что *они не сенсибилизируют клетки в присутствии кислорода вследствие их неконкурентоспособности с кислородом во взаимодействии с радикалами* (тканевых) *мишеней*. Поскольку гипоксические клетки содержатся только в опухолях и практически отсутствуют в нормальных тканях, создаются предпосылки для избирательной радиосенсибилизации опухолей по сравнению с нормальными тканями”. (85) Добавим, что активированный анолит может быть использован для указанной цели.

5.9. Влияние католита и анолита на активность каталазы листьев пшеницы, выращенной из семян, замоченных ЭХА-растворами.

Зерна пшеницы перед проращиванием и в процессе роста на питательных средах увлажняли неактивированной питьевой водой (контроль), слабыми растворами соляной кислоты и гидрата окиси натрия, кислым анолитом и католитом питьевой воды. (86) Характеристики ЭХА-растворов: А - рН = 4,7 ; ОВП = 640 мВ,ХСЭ ; К - рН = 9,3 ; ОВП = (-580) мВ,ХСЭ. Активность каталазы определяли в растертых листьях зеленых растений. Результат исследования: скорость выделения кислорода при расщеплении перекиси водорода каталазой пшеницы, выращенной на активированной воде (на католите и анолите) в 2 раза выше, чем в контроле. Удельный расход кислорода на единицу массы зеленого веса также был на 6-12% выше для пшеницы, выращенной на ЭХА-растворах. Создается впечатление, что в данном случае усиление каталазной активности листьев пшеницы мало зависело от знака активации воды при замачивании семян перед проращиванием.

5.10. Действие ЭХА-растворов на кинетику протеолиза in vitro.

В лаборатории электрохимических и мембранных технологий ВНИИИМТ АО НПО “Экран” изучалась кинетика протеолиза белковой взвеси, полученной путем термической обработки сыворотки крови крупного рогатого скота. Сыворотку в объеме 20-40 мл быстро впрыскивали в кипящую дистиллированную воду объемом 0,5 л . Полученную мутную взвесь белковых скоагулированных частиц размером 2-3 мкм разводили в соотношении 1:10 следующими растворами:

физиологическим раствором хлорида натрия;

физиологическим раствором хлорида натрия с рН доведенным до 11,0 добавкой КОН;

католитом физиологического раствора хлорида натрия с рН = 11,0 и ОВП = (-600) мВ, ХСЭ;

физиологическим раствором хлорида натрия, приготовленном на католите слабоминерализованной водопроводной воды путем доведения ее до изотонии

(характеристики физиологического раствора на католите: рН = 10,8; ОВП = (-570) мВ, ХСЭ).

К указанным разведениям добавляли протеолитический фермент α -хемотрипсин в весовом соотношении 1:10⁵. В контрольных пробах добавление фермента к тестируемым разведениям не производилось. Лизис белковых частиц осуществляли в пробирках в присутствии фермента при t=22°C. Динамику ферментолиза оценивали по изменению оптической плотности раствора, которая уменьшалась по мере лизиса белковых частиц. В контрольных пробах также измеряли оптическую плотность, которая могла меняться за счет старения растворов и изменений рН.

Измерения оптической плотности в исследуемых пробах проводили на спектрофотометре КФК-2.

В исходном физиологическом растворе с рН = 5,8-6,1 добавление взвеси скоагулированных белковых частиц сопровождалось увеличением рН до 6,9-7,6. При этом оптическая плотность белковых взвесей в большинстве случаев не менялась в течение нескольких часов. В части проб на исходном физиологическом растворе дисперсность взвеси менялась в сторону увеличения размеров взвешенных белковых частиц, которые быстро оседали на дно пробирки, соответственно надосадочная жидкость осветлялась. То есть в этих пробах белковая взвесь при выстаивании в обычном физиологическом растворе становилась грубодисперсной. Ферментолиз в исходном физиологическом растворе до осветления взвеси на 90% продолжается 55-60 мин. В грубодисперсных взвесях ферментное разложение белковых частиц или не происходило, или было крайне замедленным.

В физиологическом растворе, защелаченном до рН = 11,0, а также в католите физиологического раствора и в физиологическом растворе, приготовленном на католите, добавление белковой взвеси уменьшало рН до 10,2-10,5. В этих условиях без добавления фермента оптическая плотность взвеси оставалась стабильной в течение периода наблюдений. Ферментолиз в обычном (неактивированном) физиологическом растворе, защелаченном КОН, до осветления взвеси на 90% продолжался 120-140 мин. При проведении ферментолиза в католите физиологического раствора осветление белковой взвеси на 90% происходило за 30-40 мин. (значительно быстрее, чем в неактивированной среде). Остаточная оптическая плотность белковой взвеси после завершения ферментолиза в католите была в 2-3 раза ниже остаточной оптической плотности взвеси после окончания ферментолиза в физиологическом растворе, обычном или защелаченном (см. рис. 5.2). Следовательно, в данном случае сублимация белковых частиц была особенно глубокой.

Действие фермента проходило наиболее быстро в среде физиологического раствора, приготовленного на католите низкоминерализованной воды (то есть в католите воды, доведенном до изотонии). При этих условиях ферментолиз до осветления взвеси на 90% происходит за 15-20 мин. Остаточная оптическая плотность в этих опытах была такой же, как и при ферментолизе на неактивированных растворах.

В кислом анолите физиологического раствора (рН = 2,0; ОВП = 950 мВ, ХСЭ), а также в кислом анолите пресной воды, после доведения его до изотонии (рН = 2,2; ОВП = 930 мВ, ХСЭ) белковые взвеси подвергались дополнительной коагуляции, белковые агрегаты укрупнялись и быстро оседали на дно пробирки. В этих условиях ферментолиз не осуществлялся.

Исследовалось взаимодействие ферментного препарата ацидин-пепсина с питьевой водой и с католитом слабоминерализованной воды. В питьевой воде таблетки ацидин-пепсина (1 табл. на 50 мл) растворялись в виде крупных макроскопических хлопьев. В свежем католите питьевой воды таблетки этого препарата разводились в течение 1-2 мин.

в виде тонкодисперсной взвеси. По-видимому, “живая вода” в полости желудка способствует перевариванию пищевых субстратов за счет повышения степени их дисперсности. Заметное влияние католита питьевой воды на рН желудочного сока маловероятно из-за высокой кислотной емкости желудочной среды (при нормосекреции) и низкой буферностью католита. В табл. 5.7 показаны значения рН и ОВП исходной питьевой воды, католита питьевой воды (минерализация 0,2 г/л) и значения рН и ОВП 5% раствора ацидин-пепсина в питьевой воде и в католите питьевой воды. Растворы ацидин-пепсина моделируют желудочную среду, которая формируется при питье обычной пресной воды и католита.

Таблица 5.7

Показатели рН и ОВП 5% раствора ацидин-пепсина в обычной питьевой воде и в католите питьевой воды.

Показатели	Исходные растворители : 5% ацидин-пепсин			
	: вода	: католит	: в воде	: в католите
рН	$7,6 \pm 0,2$	$10,2 \pm 0,3$	$2,4 \pm 0,1$	$2,4 \pm 0,2$
ОВП, мВ,ХСЭ	270 ± 20	-50 ± 10	280 ± 20	130 ± 15

Из таблицы видно, что щелочной католит ультрапресной воды не влияет на рН раствора, моделирующего желудочный сок, но при этом ОВП модельного раствора уменьшается на 150 мВ.

5.11. Поение катодно активированной питьевой водой цыплят-бройлеров и мясных кур.

В экспериментальном хозяйстве научно-исследовательского и технологического института птицеводства (Сергиев-Посад) проводили поение активированной питьевой водой (минерализация до 0,7 г/л) цыплят-бройлеров. С этой целью на электрохимических активаторах ЭЛХА (погружных, статических и проточных) получали католит питьевой воды с рН = 8-9 ; ОВП = от (-225) до (-530) мВ, ХСЭ. Бройлеры, получавшие католит с указанными характеристиками, имели заметный прирост живой массы. Предполагается, что К в пищеварительном тракте птицы при взаимодействии с кормом повышает его перевариваемость и усвоение, что, по-видимому, обусловлено улучшением сублимации пищевых масс в желудочном содержимом. Поение цыплят К с рН = 9 -12; ОВП = от (-550) до (-700) мВ, ХСЭ или А с рН = 2-3 ; ОВП = 850-950 мВ, ХСЭ вызывает резкое угнетение пищеварительных ферментов.

Поение птиц слабым анолитом водопроводной воды (ОВП не более 275 мВ, ХСЭ) способствует увеличению массы тела. В этом случае анодная активация воды была минимальной со сдвигом ОВП всего на несколько десятков мВ относительно исходных значений. Дальнейшее увеличение ОВП анолита отрицательно влияет на прирост массы тела.

Оптимальный режим поения бройлеров католитом: К с рН = 8 - 9 ; ОВП = от (-500) до (-600) мВ,ХСЭ , поение в течение 1,5 ч. сеансами через каждые 1,5 ч. в сочетании с периодическим кормлением в течение 1 ч. через каждые 2 ч. Иными словами поение католитом заканчивалось за полчаса до начала очередного кормления. Выращивание цыплят кросса “Гибро” при таком режиме поения К и кормления обеспечивало привесы

на $8,4 \pm 0,05$ % при уменьшении расхода кормов на $10,8 \pm 0,2$ %. Потребность птиц в питье снижалась на $4,8 \pm 0,1$ % из расчета на 1 кг привеса. Выход тушек первой категории увеличился на $8,1 \pm 0,1$ % при сохранности поголовья $98,2 \pm 1,4$ %. У цыплят, получавших К, отмечено увеличение содержания в печени витаминов А и В₂ на 20,4% и 9,7% по сравнению с контролем. Повысилось усвоение азота, жира, кальция, фосфора. В крови птиц, получавших К, возросла концентрация гемоглобина на 9% и эритроцитов на 12%. Экономический эффект составил около 10%.

В последующих экспериментах (88) мясных кур поили водой, обработанной в катодной камере диафрагменного электролизера со значениями ОВП от (-400) до (-800) мВ, ХСЭ. При этом каждой группе птиц выпаивали К только с одним фиксированным показателем ОВП. Птиц контрольной группы выпаивали обычной водой с ОВП = 120 мВ, ХСЭ. Опытным путем установлено, что лучшие результаты по потреблению корма и его затрат на каждую 1000 яиц были получены у кур, которых поили К с ОВП не менее (-600) мВ, ХСЭ. В этой группе птиц затраты корма были на 6,4% ниже по сравнению с контрольной группой. Данный эффект существенно зависел от периодичности поения и кормления. Наиболее рациональными являются интервалы времени подачи К в поилки за 3 ч. до кормления и через 2 ч. после кормления. (89)

С целью профилактики сальмонеллеза у мясных кур их выпаивали растворами К и А по следующей схеме.(90) Птицы получали К с ОВП от (-400) до (-800) мВ, ХСЭ. Поение птиц К осуществляли в дни кормления во время самого кормления и в течение 2 ч. после него. В голодные дни в период полового созревания птиц поили А с ОВП = 500 - 1100 мВ, ХСЭ. Куры-молодки с пораженными сальмонеллами яйцевыми фолликулами, получавшие К с ОВП более 600 мВ, ХСЭ, составили 1% всего стада против 4% в контрольной группе, получавшей обычную воду. Анолит, полученный при слабой анодной обработке, с ОВП не более 600 мВ, ХСЭ, для профилактики сальмонеллеза неэффективен.

Известно, что сальмонеллы и другие возбудители инфекционных заболеваний проникают в яйцо как в период его формирования в яйцеводе, так и во время его прохождения через матку, влагалище и клоаку. Анолит снижает обсемененность сальмонеллами тонкого кишечника птиц приблизительно в 10 - 20 раз. При этом вероятность заражения яйцевых фолликулов уменьшается в 4 раза.

Выпаивание цыплят К с ОВП = от (-500) до (-600) мВ,ХСЭ , способствующее увеличению концентрации в крови гемоглобина и эритроцитов, приводило к некоторому уменьшению содержания лейкоцитов, что можно рассматривать как тенденцию к снижению воспалительного потенциала организма. (91) Наибольшее усвоение бройлерами азотистых соединений, витаминов, жиров и минеральных компонент, а также максимальный общий анаболический эффект достигаются при выпаивании цыплят К с ОВП = (-500 \pm 50) мВ,ХСЭ. (92,93,94)

5.12. Применение установок СТЭЛ в Латвии.

В 1988-91 г.г. партия установок СТЭЛ первого поколения была закуплена Латвией для использования в фермерском хозяйстве. Католит, полученный на установках СТЭЛ, успешно применялся для отпаивания ослабленных бычков. В Лимбажском районе Латвии с помощью К отпаивали телят (наблюдение зоотехника М.Рудаите), увеличение привесов в течение 3 мес. составило 17-32%. В группе ослабленных телят, получавших К, смертности не зарегистрировано. В контрольной группе ослабленных животных смертность около 75%.

В совхозе “Узвир” Лимбажского района Латвии зоотехник Г.Дупуже давал свиньям К и получал *двойные* привесы. Эти фантастические результаты он объяснил тем, что у животных прекратился понос, связанный с плохим кормлением.

В совхозе “Улброка” (гл. зоотехник Я.Паулане) А и К спаивали различным группам свиней. Благодаря этому хозяйство освободилось от дизентерии и проблем, связанных с поносом у свиней. За 4 мес. одних только медикаментов сэкономлено на 15 тыс. руб. в ценах 1989 г.

Повышенные экстрагирующие свойства К выявлены при обработке сельскохозяйственного сырья. (95)

Глава 6. ПРИМЕНЕНИЕ ЭХА В СФЕРЕ МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ, ПИЩЕВЫХ, БИОТЕХНИЧЕСКИХ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.

6.1. Отмывка, регенерация, улучшение биосовместимости и функциональных свойств изделий медицинского назначения.

Отмывка и стерилизация диализаторов крови для повторного использования при гемодиализе у одного и того же больного.

В подавляющем большинстве случаев внепочечное очищение крови уремических больных осуществляется с помощью разовых диализаторов, повторная эксплуатации которых не предусмотрена, так как их многократное использование у разных больных создает риск переноса вирусных инфекций (болезнь Боткина, СПИД и т.д.). В то же время их повторное применение у одного и того же больного не связано с эпидемиологической опасностью. Однако следует учитывать, что в этих случаях у больного могут возникать пирогенные реакции на остаточные загрязнения изделия частично денатурированным аутогенным белком. Поскольку потребность в диализаторах крови велика, а их стоимость достаточно велика, вопрос о повторном использовании разовых диализаторов у одного и того же больного является актуальным при условии устранения риска пирогенных реакций.

Существуют также чисто медицинские аргументы в пользу повторного использования разовых диализаторов крови у одного и того же больного. В кровопроводящей системе свежего диализатора всегда присутствуют посторонние полимерные частицы, продукты деградации полимеров, посторонние токсические вещества микробной или иной природы. В результате использования разовых диализаторов на основе купрофана у больного возникают характерные осложнения в виде так называемого “купрофанового синдрома” (интоксикация, суставные боли, нейтропения, аллергические реакции). Диализирующие мембраны на основе полисульфона сорбируют витамины группы В, что сопровождается негативными последствиями для больного.

В разовом диализаторе, бывшем в контакте с кровью, происходит его отмывка от посторонних загрязнений, а сорбционные места на поверхности и в порах диализирующих мембран покрываются адсорбатами белкового типа, преимущественно альбумином, что улучшает совместимость диализатора с форменными элементами крови. Однако при этом аутогенные белки, сорбированные на диализной мембране, подвергаются частичной деградации и становятся аномально активными относительно организма хозяина. Несмотря на это экономическая и медико-биологическая выгода от повторного использования диализаторов крови у одних и тех же больных стимулировала разработку способов и устройств для очистки и стерилизации диализаторов перед повторным использованием: аппараты “Редиал РД-2”, Польша-Швейцария ; “Диалимед-1/S”, США-ФРГ ; “Ренатрон”, ФРГ-Англия.

В вышеперечисленных устройствах в качестве моющих и стерилизующих агентов применяются химические средства, создающие в отмытом диализаторе остаточный токсический фон и усиливающие фиксацию на мембранах денатурированных белков. Некоторые из указанных аппаратов неудобны в работе из-за необходимости постоянной замены рабочих растворов.

В 1987 г. во ВНИИИМТ МЗ СССР разработан новый технологический прием отмывки диализаторов крови. Отмывка диализаторов производилась ЭХА-растворами в электрохимической установке "Редокс". При этом качество отмывки усиливалось за счет эффекта электроосмотического перетока растворов через мембрану, разделяющую А и К с резко различающимися ОВП ($\Delta\text{ОВП} = 1500$ мВ и более). При толщине диализных мембран 10-40 мкм такой перепад ОВП соответствует напряженности электрического поля $4 \cdot 10^4 - 1,5 \cdot 10^5$ В/см, что обуславливает электроосмотический переток в диализаторе от А к К со скоростью 150 мл/м²·ч. В процессе протекания через мембрану А действует на содержимое в глубине ее пористой структуры. Этим достигается выдавливание посторонних включений из глубоких пор и стерилизация мембраны по всей толщине.

Проверка эффективности установки "Редокс" (модель "Редокс-1") проводилась в отделении гемодиализа Вологодской областной больницы с декабря 1988 г. Отмывали 400 диализаторов в квартал. После двух- и трехкратных отмывок функциональные свойства изделия сохранялись на 80-90%. Количество устранимых осложнений после использования отмытых диализаторов было 9,25%, в контрольной группе - 2,9% ($P < 0,001$). Серьезных осложнений не отмечалось. Индекс подвижности размороженных сперматозоидов быка в смывах с отмытых диализаторов в пределах нормы. Обработка диализатора перед употреблением изотоническим раствором К стимулировала подвижность размороженных сперматозоидов в смывах с диализной мембраны на 30%, что указывает на возможность управления с помощью ЭХА-растворов биологической совместимостью полимерной мембраны.

В настоящее время имеется 4 модификации установок "Редокс" и установка "Ренотрон", осуществляющая отмывку и стерилизацию диализаторов крови с помощью раствора АН.

Способ получения моющего раствора для удаления белковых загрязнений . (96)

С целью повышения активности моющего раствора в качестве растворителя используют водный раствор хлорида натрия (0,1-0,9%), хлористоводородной кислоты (0,01-0,02%) и мочевины (12,0-18,0%), который предварительно подвергают катодной электрохимической обработке до достижения ОВП = от (-450) до (-550) мВ, ХСЭ. В качестве протеолитического фермента добавляют хемотрипсин в количестве 0,01-0,05% от массы раствора. Раствор предназначен для удаления белковых загрязнений с изделий медицинского назначения сложной конфигурации с трудноочищаемыми поверхностями.

Использование электрохимически активированной воды в технологии очистки и обеззараживания микросфер, применяемых в установках типа "Клиниatron". (97)

Мелкие стеклянные микросферы используются в качестве наполнителя в установке "Клиниatron", предназначенной для лечения ожоговых больных. Больной в установке "Клиниatron" лежит на поверхности из полимерного материала, покрывающего массу микросфер, флюидизированной струей теплого воздуха. В результате тело больного непрерывно обдувается, давление тела на полимерную поверхность резко уменьшается, и больной лежит как бы на воздушной подушке, что исключает прилипание ожоговой поверхности к полимерному материалу и облегчает процесс выздоровления. Со временем микросферы загрязняются ожоговыми выделениями, инфицируются и теряют

функциональные свойства. Отмывка и регенерация микросфер целесообразны ввиду их высокой стоимости. Разработана технология очистки микросфер растворами КН и К и обеззараживания раствором АН или анолитом щелочным, приготовленном на установке СТЭЛ особым способом. Эффективность отмывки усиливается добавками препарата трипсина, приготовленного на католите. Водоемкость обработки сокращается в 3-4 раза, время обработки уменьшается в 2-3 раза по сравнению с традиционными методиками с применением неактивированных химических растворов. Предложенная технология отличается экологической чистотой и экономической эффективностью. Проведена промышленная апробация.

Улучшение биосовместимости интраокулярных линз на основе полиакрилатов с помощью электрохимически активированной воды. (98)

Проводилась отмывка интраокулярных линз (ИОЛ) ЭХА-растворами от остаточного мономера метилметакрилата (ММА). Оптимальная среда для отмывки ИОЛ: смесь католита с этиловым спиртом в отношении 1:1. После отмывки ИОЛ указанной смесью миграция ММА снизилась на порядок, что значительно улучшило биосовместимость ИОЛ при их имплантации.

Использование ЭХА-воды при отмывке от загрязнений фармацевтической посуды. (99)

Новую посуду погружают в А для исключения дальнейшего выщелачивания стекла. Новую посуду, выдержанную в А, и посуду, бывшую в употреблении, замачивают на 10-15 мин. в растворе моющих средств в КН, а затем споласкивают в КН, что гарантирует полное удаление следов моющих средств с поверхности стекла. Для удаления осадков неорганических соединений и следов белка использовали АН. Данный метод обработки фармацевтической посуды улучшает сохранность лекарственных средств, соприкасающихся со стеклом.

Улучшение биосовместимости полимерных материалов и изделий медицинского назначения с помощью ЭХА водных растворов. (100, 101)

Улучшение биосовместимости полимерных материалов при обработке их ЭХА-растворами, синтезированными на установках типа СТЭЛ, достигается за счет их высокой экстракционной способности по отношению к продуктам неполной полимеризации полимерных композиций, технологических добавок и т.д., которые в процессе эксплуатации могут мигрировать в контактирующие среды (лекарственные препараты, биологические жидкости). После обработки АН силиконовых протезов трахеи уровни миграции из них продуктов разрушения полимерной композиции уменьшались в 2-3 раза. Обработка с помощью ЭХА-растворов перевязочных материалов нового поколения (липких салфеток), а также гемо- и иммуносорбентов освобождает их от остаточных мономеров и усиливает их сорбционные свойства. В частности при обработке липких пленок с помощью АН они приобретают сорбционные свойства, обеспечивающие дополнительное очищение раневой поверхности. Этот эффект связан с освобождением в веществе липких пленок сорбционных мест, ранее занятых продуктами деградации полимерных материалов.

Регулирование окислительно-восстановительных свойств аппликационного сорбента с помощью ЭХА-растворов.

Во ВНИИИМТ АО НПО "Экран" разработан аппликационный сорбент с антиоксидантной активностью "Цефосорб" на основе микрористаллической целлюлозы

(МКЦ) с антиоксидантным покрытием синтетическими фосфолипидами (эмульгатор ФОЛС). Сорбент рекомендован для клинического применения решением комиссии по инструментам, аппаратам и приборам, применяемым в общей хирургии Комитета по новой медицинской технике МЗ и МП РФ (Протокол №5 от 20.05.93).

Технологическая схема производства сорбента предусматривает промывку сорбирующей матрицы МКЦ католитом водопроводной воды с $\text{pH} = 10-10,5$; ОВП = от (-700) до (-800) мВ, ХСЭ с доведением вытяжки из непокрытой МКЦ до $\text{pH} = 7,0 \pm 0,1$. После покрытия МКЦ эмульгатором ФОЛС методом осаждения из раствора ФОЛС в гексане осуществляется ЭХА кондиционирование сорбента путем последовательной обработки массы покрытого сорбента А, АН и К, получаемыми на установке СТЭЛ. После этого сорбент отмывают физиологическим раствором хлорида натрия до pH смываемого раствора в пределах 6,8 - 7,2. По требованию заказчика проводят кондиционирование сорбента в диапазоне pH смыва от 5,0 до 8,0.

Повышение действия поверхностно активных веществ (ПАВ). (102)

Приготовление растворов ПАВ на активированных водных средах повышает их эффективность, сокращает расход ПАВ, усиливает моющий и эмульгирующий эффект. Технология актуальна при отмывке изделий медицинского назначения, стирке больничного белья, мытья утвари и т.д. Общее уменьшение расхода ПАВ дает хороший экономический эффект и снижает экологический риск.

6.2. ЭХА в пищевой и биологической промышленности.

Инверсия сахара-сырца. (103)

В опытно-промышленных условиях получен инвертный сироп с высокими физико-химическими и технико-экономическими показателями при замене в составе сиропа кислоты на электрохимически обработанный 0,5-1% раствор хлорида натрия (ОВП = 1200 мВ, ХСЭ). Процесс инверсии сахарозы ускоряется в 3-4 раза.

Технология гидролиза крахмала. (104)

Используют А в качестве катализатора гидролиза крахмала. Для нейтрализации гидролизата применяют К. Технология позволяет вырабатывать выходной продукт с заданным ОВП. Из полученного гидролизата вырабатывается патока высших сортов (ГОСТ 5194-68) с зольностью 2%.

Технология получения сухого концентрата чая. (105)

Чайное сырье экстрагируют в К с $\text{pH} = 10-11$; ОВП = от (-150) до (-400) мВ, ХСЭ. Указанные параметры К обеспечивают максимальный выход экстрактивных веществ. Первичный и вторичный экстракты смешивают, очищают от балластных веществ, концентрируют и сушат. Технология апробирована в 1986 г. на комбинате чая в г. Самтредиа (Грузия). Оценка положительная.

Регенерация окисленных жиров. (106)

Расплавленный кулинарный жир заливают в катодную камеру, в анодную камеру - водопроводную воду. Ток 10-20 А напряжением 40 кВ. Время обработки 20-30 мин. до постоянного значения кислотного числа. Стабильность регенерированных жиров к окислению повышается в 2,5 раза.

Раскисление молока. (107)

Кислотность молока, подвергнутого катодной обработке в диафрагменном электрохимическом реакторе, может быть доведена до кондиции парного молока даже при исходной кислотности до 50° Тернера. Поданным исследований, проведенных в 1981 г. Ташкентским производственным объединением молочной промышленности вкусовые качества и биологическая ценность молока, раскисленного электрохимическим способом, восстанавливается полностью.

Применение ЭХА-воды в производстве макаронных изделий. (108)

Макаронны, приготовленные из хлебопекарной муки и воды, активированной в катодном режиме, характеризуются очень низкой концентрацией свободных радикалов относительно макарон, приготовленных на необработанной воде. Проверка осуществлялась институтом питания АМН СССР (см. исх. 72-980 от 24.05.89).

Изменение структурно-механических свойств зерна пшеницы при использовании активированной воды. (109)

Активация воды производилась гелий-неоновым лазером ЛГ-75. При замачивании зерна активированной водой интенсифицируется процесс разрыхления эндосперма, что сопровождается увеличением выхода продукции высшего качества и уменьшением зольности.

Влияние электрохимической обработки на показатели крупки какао. (110,111)

Электрохимическую обработку увлажненной крупки какао проводили в диафрагменном электроактиваторе в зоне катода. В результате обработки содержание жира в массе какао увеличивалось от исходных 53,5% до 57,4-58% при увеличении рН вытяжки от 5,7 до 6,3. Максимальный прирост содержания масла какао происходил при концентрации КСl и K₂CO₃ 0,05%. Гидролиз углеводных компонент ускоряется. Зольность снижается с 6% до 3,8%. Органолептические качества продукта улучшались. Получен экономический эффект за счет увеличения выхода масла какао при прессовании.

Применение ЭХА в производстве пива. (113)

При замачивании зерна ЭХА-растворами в солодоращении достигается: обеззараживание зерна без применения специальных веществ; сокращение продолжительности замачивания на 12-24 ч. ; увеличение энергии прорастания зерна, ускорение процессов экстракции и ферментации в 1,5-2 раза.

В результате качество выходного продукта существенно улучшается.

Новая технология приготовления газированного напитка. (114)

Напиток под названием "Сливочный" изготавливается на основе подвергнутой электрохимическому раскислению сыворотки молока. Таким образом обеспечивается полезное употребление 2/3 ресурсов молока, перерабатываемого на сливочное масло, сыр, творог, казеин. Биологическая ценность раскисленной сыворотки полностью сохраняется.

Технология производства продуктов из мяса конины с использованием ЭХА-растворов. (115)

Посол мяса в К смещает рН мяса в щелочную сторону и увеличивает его влагосвязывающую способность без загрязнения добавками. Обеззараживание мяса осуществляется А.

Новый способ повышения сохранности мясного сырья. (64)

См. раздел 4.8.

Новый способ санитарной обработки технического оборудования трубопроводов и тары в пищевой промышленности. (116)

Оборудование, трубопроводы или тару предварительно моют К в течение 5-7 мин. При применении моющих средств оборудование споласкивают К. Затем проводят промывание А или АН в течение 5-15 мин., чем достигается обеззараживание. Продолжительность и трудоемкость обработки существенно сокращается.

Эффективность обработки тушек забитой птицы электроактивированной водой. (117)

Охлажденный раствор А применяют для дезинфекции тушек в технологическом процессе их обработки, в частности, при охлаждении, что обеспечивает хорошее санитарное состояние мяса птицы по сравнению с результатами охлаждения тушек в холодной водопроводной воде.

Отмывающее и обеззараживающее действие ЭХА-растворов в технологии обработки продуктов птицеводства. (87)

К на основе слабоминерализованной воды ($pH = 9,5 - 11,0$; ОВП = от (-600) до (-900) мВ,ХСЭ) хорошо отмывает скорлупу яиц от органических и неорганических загрязнений. Отмечалось очень высокое качество отмывки благодаря проникновению К в поры скорлупы. Последующая обработка яиц с помощью А обеспечивала их поверхностное обеззараживание. В результате взаимодействия А и К в порах скорлупы происходило образование гипохлоритов, что обеспечивало защиту от проникновения микробов в течение 25 дн. Обработка тушки бройлера горячим К способствовала резкому снижению сопротивления на границе раздела фаз “стержень пера-перьевой фолликул”, что объясняется адсорбцией гидроксидов в тканях перьевого фолликула. При этом качество удаления пера с тушек и их отмывка существенно улучшались. После обработки тушек А (ОВП = 1100 мВ,ХСЭ), охлажденным до $0 - 2^{\circ}C$, бактериальная обсемененность тушек полностью ликвидировалась.

ЭХА-растворы в технологиях получения пектинов. (118,119)

Разработана технология получения пектина из яблочных выжимок, предусматривающая замену в технологическом цикле минеральных кислот ЭХА-растворами. Обработка ЭХА-растворами депиктинизированных (вторичных) яблочных выжимок позволяет получение ценных конечных продуктов: питательных микробиологических сред, ферментов целлюлозного комплекса, антибиотиков. Гидролитическая активность А, полученного в РПЭ, регулируется в диапазоне $pH = 1,1 - 5,0$, что необходимо для получения пектина с заранее заданными свойствами. Структурные аномалии активированного А релаксируют в течение нескольких часов, однако благодаря им А обладает высокой проникающей, смачивающей и экстрагирующей способностью, эффективно реализующейся в процессе гидролиза исходного сырья для получения пектина.

ЭХА-растворы в технологиях производства лекарственных средств и биологически активных добавок для пищевой промышленности. (120)

Применение ЭХА-растворов, полученных на установках типа СТЭЛ, позволило полностью исключить из технологического процесса применение синтетических моющих средств, заменить жесткую тепловую стерилизацию стеклянных культивационных сосудов химической стерилизацией методом погружения в АН, исключить использование щелочи и перекиси водорода для мойки и стерилизации микрофльтрационной установки.

Экстракционная обработка ЭХА-растворами природных биостимуляторов (адаптогенов).

В 1991-93 г.г. во ВНИИИМТ АО НПО “Экран” изучалось экстрагирующее действие ЭХА-растворов на природные субстраты с целью извлечения из них биологически активных соединений. Проводилось экстрагирование натурального прополиса дистиллированной и пресной водой, этиловым спиртом и католитом водно-солевого раствора минерализацией 0,2-1,5 г/л с рН = 11,0-11,7 ; ОВП = от (-700) до (-820) мВ,ХСЭ. При этом отношение массы прополиса к объему экстрагента составило 20:100 г/мл. Продолжительность экстрагирования 4 сут. в темноте при $t^{\circ} = 4^{\circ}\text{C}$.

Результаты опыта.

В неактивированной воде экстракция прополиса не происходила. В этиловом спирте была получена настойка прополиса желтоватого цвета с характерным медовым запахом и оптической плотностью $D = 0,15$ при условиях фотометрии на спектрофотометре КФК-2: $\lambda = 540$ нм, кюв. 10,070. Настойка прополиса на католите при тех же условиях имела интенсивный бурый цвет, мягкий медовый запах, рН = 9,0, $D = 1,0$ при тех же условиях. Эти качества вытяжки прополиса на католите не менялись в течение 3-х лет.

Тестирование по показателям подвижности размороженной спермы быка показало, что вытяжка прополиса на католите в 30 раз менее токсична по сравнению с вытяжкой прополиса на этиловом спирте в равных условиях тестирования (разведение тестируемой пробы в эталонной среде 4:100).

Проводились опыты по экстрагированию в различных жидких средах сухого порошка корня “женьшень”. Установлено, что вытяжка корня “женьшень” на АН с рН = 5,8 ; ОВП = 760 мВ,ХСЭ обладает наибольшей оптической плотностью, максимальными показателями сухого остатка и электропроводности. Вытяжки на католите (рН = 9,5 - 10,6 ; ОВП = от (-200) до (-700) мВ,ХСЭ) характеризовались высоким показателем сухого остатка и хорошей электропроводностью. Вытяжка на дистиллированной воде имела высокий показатель сухого остатка, но сравнительно низкую электропроводность. Кислый анолит солевого раствора, в данном опыте обладал самой низкой способностью извлекать из сырья компоненты сухого остатка, но сравнительно высокой электропроводностью. АН и К обладали более высокой экстрактивной способностью по сравнению с 70% этиловым спиртом. Таким образом ЭХА-растворы обладают избирательной способностью извлечения из растительного сырья различных фракций. Наибольшая экстрактивная способность АН по сравнению с другими водными средами объясняется в данном случае спецификой почв, пригодных для произрастания “женьшень”(экстракция порошка корня идет наиболее активно при нейтральных рН и высоком ОВП).

Применение концентратов на основе ЭХА-растворов в производстве мучных изделий. (121)

Пектиновый концентрат, полученный на основе ЭХА-экстрагентов, улучшает качество хлебобулочных изделий по показателям удельного объема, упругости и срока сохранения свежести изделия, который увеличился в 1,4-1,9 раза.

Экстрагирование ценных компонентов из корней цикория ЭХА-растворителем. (122)

При изготовлении лечебно-профилактических напитков из корней цикория использован А, насыщенный двуокисью углерода. С помощью расчетов на математической модели параметры процесса экстрагирования оптимизированы.

6.3. ЭХА-растворы в косметологии.

Использование ЭХА-растворов для приготовления косметических кремов. (123,124)

В Латвии разработаны два вида косметических кремов, содержащих до 30% анолита или католита. ЭХА-растворы в составе кремов находятся в состоянии микрокапсулирования. Крем, содержащий анолит (Екоell-А), обеззараживает кожу. Крем с католитом (Екоell-К) является универсальным стимулятором клеточного метаболизма, стабилизирует клеточные мембраны, замедляет старение кожи.

6.4. Технологическое использование ЭХА-растворов в сельском хозяйстве и при обработке сельскохозяйственного сырья и продуктов.

Получение экологически чистого азотного удобрения. (125)

Использование ЭХА позволяет создать экологически чистый процесс получения азотистых удобрений. Натриевая, кальциевая, магниевая и калиевая селитры синтезируются непосредственно из солей (хлоридов, сульфатов, карбонатов) в поливной воде. Воду предварительно подвергают катодной обработке, а затем пропускают через нее окислы азота, полученные при плазмохимической обработке воздуха.

Получение экологически чистого дефолианта хлопчатника. (126)

При нанесении на листья хлопчатника дефолианта, приготовленного анодной обработкой минерализованной (арычной) воды, листья засыхают и опадают. При этом минерализация и кислотность почвы не увеличивается. Сроки созревания и раскрытия коробочек хлопчатника сокращаются. Технология усовершенствована с помощью дозированного смешивания А и К в результате чего получают дефолиант с рН = 4,5-5,5. При смешивании А и К образуются хлораты кальция и магния, являющиеся весьма эффективными дефолиантами, действующими в метастабильной среде.

Предпосевная обработка семян. (127)

Замачивание семян хлопчатника перед посевом в К водопроводной воды (рН = 10-11) интенсифицирует прорастание семян, повышает их устойчивость к вирусным инфекциям, увеличивает урожайность и качество хлопчатника. Технология прошла ряд этапов усовершенствования.

Силосование зеленых кормов. (128)

Консервант силоса на основе анолита 1% раствора поваренной соли соответствует требованиям ГОСТ 23638-79, не уступает по качествам зарубежным препаратам, но дешевле их в 100 раз. Разработаны дополнительные способы улучшения питательной ценности кормов. АН с $C_{ox} = 300-400$ мг/л может быть использован в качестве консерванта.

Технология обеззараживания зерна и зерновых продуктов. (130)

Обработка зерна с помощью К обуславливает сенсбилизацию уничтожаемых факторов заражения зерновой массы (насекомые, микроорганизмы) к последующей обработке распыляемым биоцидным препаратом на основе А с добавками эмульгаторов. В поток распыляющего воздуха вводятся электролизные газы. Обработка не создает фона остаточной токсичности. Эффективность обеззараживания зерна усиливается. Метод обеззараживания зерна ЭХА-растворами отличается доступностью рабочих сред и высокой экономичностью.

Технология хранения цитрусовых плодов. (130)

Цитрусовые плоды промывают в течение 3-4 мин. А с рН = 2,0-2,5 ; ОВП = 400-600 мВ,ХСЭ, подсушивают и размещают в таре. Хранят плоды в воздушной среде с влажностью 85-90%, поддерживаемой периодическим распылением К (рН = 10,5-11,5 ; ОВП = до (-800) мВ,ХСЭ). Испытания технологии проводились Грузинским институтом субтропического хозяйства. При использовании для обработки крепких ЭХА-растворов массовая доля потерь плодов за 90 дней не превысила 0,1% (в контроле 26%). Обсемененность обработанных плодов микроорганизмами отсутствовала.

Борьба с вредителями растений. (131)

Для улучшения результатов уничтожения белокрылки с помощью А применяли эмульсию анодно обработанного масла в А. Обработка масла осуществлялась у анода из меди. Биоцидная эмульсия взаимодействует с гидрофобными защитными образованиями оболочек яиц, личинок и нимф белокрылки. Доля уничтожения насекомых 100% (в контроле 70%).

Новая технология обработки кишечного сырья с применением ЭХА-растворов. (132)

Разработана технология консервации кишечного сырья с помощью А, полученного на электроактиваторе “Эсперо”.

Технология применения ЭХА-растворов для увеличения срока хранения плодоовощной продукции. (133)

Проводилось обеззараживание плодоовощной продукции, тары и инвентаря с помощью А методом погружения или распыления.

Технология стимуляции привеса животных и птиц. (134)

Технология прерывистого поения животных и птиц К. Оптимальные результаты получены при выпаивании К с рН = 7,5-9,5 в дозе 10 мл/кг. С увеличением рН раствора К привес начинает резко падать, при рН=12 в организме животных и птиц отмечается угнетение активности ферментов.

Новая технология консервации шкур и отмывки шерсти. (135,136)

Шкуры свиней и мелкого рогатого скота обрабатывали А с рН = 2 ; ОВП = 840 мВ,ХСЭ с внешней и мездровой стороны. Показатели белкового распада в обработанных шкурах были ниже контрольных. Процессы консервации и обезвоживания обработанных шкур ускорялись, сырье обеззараживалось. С целью промывки тонкорунной шерсти готовились растворы синтетических моющих средств (СМС) на К. Достигнуто уменьшение расхода СМС на 70-80%, сокращение времени технологического цикла,

уменьшение водоемкости процедуры. Ведутся исследования возможности промывки шерсти без применения СМС по схеме: К с рН = 10 - А с рН = 4-5 - К с рН = 10 - вода.

6.5. Кондиционирование воды плавательных бассейнов и питьевых источников сомнительного санитарного качества.

Обеззараживание воды плавательных бассейнов нейтральным анолитом.
(137,138, 139)

АН объемом 180 л. ($C_{ox} = 700$ мг/л) вводился в воду плавательного бассейна объемом $3 \cdot 10^6$ л (отношение 1:17000) (бассейн “Октябрь”, Москва). Получен сдвиг титра кишечной палочки с 4,0 до 111,1 за час. Запах хлора в воде бассейна отсутствовал. Обеззараживание воды бассейна с помощью АН в указанном режиме достаточно проводить 1-2 раза в сутки в отличие от хлорирования каждые 8 ч. общепринятыми методами. В г.Лас-Вегас, шт. Невада, США для обработки воды в открытых бассейнах объемом 50-80 м³ применяли АН, получаемый на установке СТЭЛ, в соотношении АН : вода = 1 : 1000. В исходной воде бассейна рН = 7,3 ; содержание активного хлора 3 мг/л ; содержание брома 6,5 мг/л ; цвет ярко-голубой ; сильный запах хлора. После добавления АН через 3 дня в воде бассейна рН = 7,2 ; содержание активного хлора 1 мг/л ; бром не обнаружен ; цвет светло-бирюзовый; запах отсутствовал. Эти параметры сохранялись в течение всего периода испытаний. Рост водорослей *Blak Algea* отсутствовал. Минимально допустимый уровень C_{ox} в воде бассейна, препятствующий росту *Blak Algea* при добавлении АН, составляет 0,1 мг/л. Отмечено уменьшение жесткости воды и ее благоприятное воздействие на кожу купающихся.

В период Руандийского кризиса 1994 г. британской стороной произведена закупка в России партии установок СТЭЛ, которые применялись в Руанде для обеззараживания воды из открытых источников. Вода, обеззараженная добавлением АН, использовалась для питья в лагерях беженцев. Объем очищенной таким образом воды составлял 100000 л в день на одну установку.

Глава 7. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ.

7.1. Общие принципы очистки питьевой воды. Физико-химические предпосылки электрохимической обработки воды низкой минерализации.

Качество питьевой воды определяется известными национальными стандартами. В Российской Федерации действует ГОСТ 2874-82 “Вода питьевая”, в соответствии с которым вода, употребляемая для питья, должна удовлетворять следующим условиям:

рН в пределах 6,0-9,0;

сухой остаток не более 1000 мг/л;

общее микробное число не более 100 микробных тел на 1 мл;

коли-индекс не более 3 (количество коли-бактерий на л);

концентрация химических элементов и химических соединений естественного или антропогенного происхождения не более ПДК, указанных в ГОСТ;

органолептические показатели (запах, цветность, мутность) в соответствии с требованиями ГОСТ.

Необходимость в коррекции качества питьевой воды возникает в случаях ее избыточного закисления или защелачивания, при увеличении показателя сухого остатка выше указанного предела (в частности при высокой минерализации), при повышенной бактериальной зараженности и при наличии в воде гидробионтов, при избыточной концентрации ионов тяжелых металлов, токсических органических и неорганических соединений, при появлении неприятного запаха, мутности и аномальной цветности. В бытовых очистителях воды коррекция качества питьевой воды достигается в основном с помощью технологии фильтрации, сорбции или комбинирования обеих технологий.

Фильтрующие полупроницаемые мембраны (обратноосмотические или ультрафильтрационные) с диаметром пор 0,5 - 100 нм задерживают соли, органические вещества, вирусы, бактерии, коллоиды, частицы механических примесей, обеспечивая, таким образом, удаление из воды большей части находящихся в ней компонент. Сорбенты поглощают органические вещества, связывают коллоиды и бактерии. Комбинированные сорбционно-фильтрационные очистители воды (например, установка "Нимбус") задерживают 70-95% всех веществ и примесей, содержащихся в воде. Однако сорбционно-фильтрационные устройства для коррекции качества питьевой воды имеют ряд недостатков.

Глубокая механическая очистка воды приводит к удалению из нее не только вредных примесей, но и биологически полезных минеральных компонент. Вода после очистителя становится деминерализованной и приближается по свойствам к дистиллированной воде, заведомо непригодной для питья. (140). Длительное питье деионизованной воды (например, снеговой воды, мягкой воды) ведет к дефициту в организме биомикроэлементов (в том числе ультрамикроэлементов), что сопровождается нарушениями минералкортикоидной функции коры надпочечников, увеличением риска ишемической болезни сердца и артериальной гипертензии, появлением суставных болей, склонностью к артритам и артрозам. Потребление деминерализованной воды вызывает "судорожный синдром" у домашнего скота, а также атеросклероз и нарушения ритма сердца у лабораторных крыс. (141,142,143) Существует версия о том, что замена обычной воды с содержанием микроорганизмов и крупных органических комплексов в пределах требований ГОСТ полностью стерильной водой способствует ослаблению естественного иммунитета. Поэтому стратегия сверхочистки питьевой воды отнюдь не бесспорна в физиологическом плане.

Характерно, что в Японии и в Южной Корее в розничной торговой сети считается "минерализованной" обычная природная бутилированная вода с электропроводностью 205-235 мкСм·см⁻¹; рН = 6,95-7,65; ОВП = 340-370 мВ, ХСЭ. Московский образец питьевой воды (Бабушкинский район) имеет, соответственно: электропроводность 266 мкСм·см⁻¹ ; рН = 6,9-7,1 ; ОВП = 310-465 мВ, ХСЭ. Поскольку минерализация московской водопроводной воды 0,2-0,3 г/л, то содержание солей в южнокорейской "минерализованной" воде составляет всего 0,15-0,25 г/л. Обычный фон минерализации водопроводной воды в Японии и в Корее порядка 25% относительно московской воды. По-видимому, в связи с этим японские и корейские потребители воспринимают обычную родниковую воду, как обогащенную солями и по этой причине полезную для здоровья, хотя эта родниковая вода является *ультрапресной* по классификации, принятой в России.

Бытовые фильтры или фильтры-адсорберы для очистки питьевой воды задерживают на мембране и в порах сорбентов различные вещества и субстраты в количестве 50-200 г на каждые 100 л очищаемой воды. Соответственно, ресурс очистительной установки быстро исчерпывается. Выходные магистрали, по которым вода поступает к потребителю, подвергаются ретроградному инфицированию. Бактерии хорошо размножаются с наружной стороны мембраны на выходе установки и заражают

профильтрованную воду, в которой обнаруживаются даже патогенные амёбы. (144) При тотальном бактериальном заражении водоочистительной установки она становится дополнительным источником эпидемиологического риска. Регулярная проверка бытовых очистителей воды лабораторным способом в каждом индивидуальном случае экономически невыгодна.

Возможность электрохимической очистки и обеззараживания питьевой воды определяется следующими моментами. В процессе электролиза происходит анодное окисление и денатурация органических соединений с превращением гидрофобных токсинов в менее опасные и неустойчивые гидрофильные формы. В частности, на этом основан метод прямой электрохимической детоксикации крови. (11) Находящиеся в воде микроорганизмы при электрохимической обработке погибают. Тяжелые металлы переходят в форму нерастворимых соединений или оседают на катоде. Как известно, классический электролиз используется для извлечения из водных растворов металлических элементов. Электролитическая обработка разбавленных водных растворов электропроводностью порядка 10^{-5} - 10^{-4} См·см⁻¹ проводится с помощью проточной электрохимической системы в виде реактора с насыпными электродами с развитой рабочей поверхностью. (145) Реактор разделен поперечными пористыми перегородками на отдельные секции, заполненные мелким гранулятом (угольным или металлизированным), обладающим хорошей электропроводностью. Объемная подача раствора в установку 0,15 л/мин., плотность тока на поверхности насыпных электродов 1-10 мА·см⁻². При пропускании в указанном реакторе тока через раствор $\text{KAu}(\text{CN})_2$ концентрацией 2 мг/л в течение 150 ч (при протекании через реактор 1350 л раствора) удаление золота из раствора осуществлялось на 100%, после чего эффективность обработки раствора постепенно снижалась. В данном случае водная среда очищалась от примеси ионов тяжелого металла (золота). Однако такая установка в качестве очистителя воды малоэффективна, поскольку плотность тока на поверхности насыпных электродов незначительна и общий ресурс установки невелик. (В бытовых условиях подобная система при расходе воды 20 л/дн. проработала бы не более 2 мес.)

Созданный в США редокс-фильтр на основе биметаллических элементов KDF-Media (13,70) осуществляет электрохимическую обработку воды током, возникающим за счет разности потенциалов в области биметаллических гранул, содержащих металлические цинк и медь. Вода на выходе редокс-фильтра содержит в виде тонкой взвеси нерастворимые кристаллы карбонатов и сульфатов кальция и магния в результате восстановления солей этих металлов, содержащихся во входной воде. Загрязнения хлором, кобальтом, никелем, мышьяком, асбестом, кадмием, хлороформом, хромом, оловом, сурьмой, ртутью, серебром, тетрахлорэтаном, бактериями и т.д. снижаются на выходе редокс-фильтра на три-четыре десятичных порядка при входных концентрациях 10^0 - 10^2 мг/л, и при содержании бактериальных тел на входе 2000 на мл.

Механизм удаления ионов тяжелых металлов в редокс-фильтре электрохимический и отчасти каталитический. Растворенные катионы олова восстанавливаются до нерастворимых атомов металлического олова и частично оседают на фильтре. Растворенное железо Fe^{2+} удаляется каталитически за счет образования нерастворимых гидроксида и оксида железа. Таким образом, спектр элементов и веществ, удаляемых из воды редокс-фильтром достаточно широк.

С 1984 г. в Японии налажен промышленный выпуск малогабаритной бытовой установки для униполярной электрохимической обработки питьевой воды (фирма Ionica, Co, Ltd). Установка именовалась “ионизатор воды”, который имел форму стакана вместимостью 0,5 л. Катод из металлической фольги закреплен на внутренней поверхности стакана. Анод расположен во внутренней емкости из пористого материала,

погруженной внутрь стакана. Таким образом, японский ионизатор воды состоял из катодной и анодной камер, разделенных полупроницаемой диафрагмой. (12,146) В таком виде установка ничем не отличалась от макетов электрохимических активаторов для получения “живой” и “мертвой” воды, подробно и многократно описанных в советской научно-популярной печати не позже 1981 г. (8). Согласно японским источникам в 1931 г. доктор Сува заметил, что “качество воды изменяется при обработке электрической энергией и такая вода оказывает влияние на животных и растения”. Не оспаривая этого утверждения мы, тем не менее, не исключаем, что наше отечественное увлечение “живой” и “мертвой” водой, как новым видом гидротерапии, существенно повлияло на конструкцию японского бытового электролизера.

Японские исследователи рассматривают электрохимическую обработку питьевой воды прежде всего как средство повышения ее биологической активности на основе коррекции рН и минерального состава. По данным японских источников (12) в деревнях, где рН питьевой воды находился в нейтральном или щелочном диапазоне в сочетании с повышенным содержанием кальция, отмечался высокий уровень продолжительности жизни. В тех населенных пунктах, где рН питьевой воды был ниже 6,85 при меньшем содержании кальция, отмечалось достоверное сокращение продолжительности жизни. В семьях, постоянно пивших воду с рН выше 6,1, количество лиц старше 80 лет было в 2 раза больше, чем в семьях, пивших воду с рН ниже 6,1. Старческие болезни наблюдались чаще у контингента, потребляющего кислую воду. Соответственно, японские разработчики старались смоделировать электрохимическим способом те природные показатели воды (увеличение рН и обогащение ионами кальция), которые, по их мнению, способствуют долголетию. Проблема электрохимической очистки воды от загрязнений в данном случае специально не рассматривалась. В рекламе японских бытовых электролизеров основное внимание направлено на описание терапевтического применения католита питьевой воды (“ионизированной воды”) по самым разнообразным поводам с прекрасными (если тому верить) результатами.

Анолит японцы использовали только в качестве дезинфицирующего средства.

В табл. 7.1 представлен элементный состав исходного образца японской питьевой воды (рН = 7,4) и католита (рН = 10,5), полученного на ее основе в “ионизаторе воды” фирмы Jonica, Co, Ltd.

Таблица 7.1

Элементный состав питьевой воды (японский образец) до и после катодной обработки в “ионизаторе воды”.

Химический элемент	:Концентрация, мг/л :		Химический элемент	:Концентрация, мг/л :	
	Исх.	Католит		Исх.	Католит
Кальций	11,9	18,4	Калий	2,2	3,6
Кадмий	0,8	0,2	Магний	8,3	9,3
Фтор	0,07	0,00	Натрий	9,5	14,9

Железо	0,06	0,00	Свинец	1,4	0,5
Ртуть	1,3	0,9	Сера	3,8	2,8

Из таблицы 7.1 видно, что катодная обработка воды с низким фоном минерализации вызывает регрессию общего содержания кадмия, фтора, железа, ртути, свинца, серы и приращение общего содержания кальция, калия и натрия. Следовательно достигается некоторый эффект очищения воды от тяжелых металлов. В табл. 7.2 приведены данные по элементному составу исходной московской водопроводной воды (рН = 7,2) и католита (рН = 10,0), полученного на ее основе в модуле ПЭМ.

Таблица 7.2

Элементный состав московской водопроводной воды до и после катодной обработки в модуле ПЭМ.

Химический элемент		Концентрация, мг/л		Химический элемент		Концентрация, мг/л	
		Исх.	Католит			Исх.	Католит
Серебро	0,000	0,000	0,000	Калий	3,2	3,4	
Алюминий	0,40	0,34	0,34	Магний	13,86	13,90	
Мышьяк	0,000	0,000	0,000	Марганец	0,017	0,001	
Бор	0,019	0,020	0,020	Натрий	12,42	13,02	
Барий	0,022	0,026	0,026	Никель	0,000	0,000	
Кальций	55,83	55,23	55,23	Фосфор	0,000	0,000	
Кадмий	0,000	0,000	0,000	Свинец	0,000	0,000	
Кобальт	0,000	0,000	0,000	Сера	9,37	6,22	
Хром	0,000	0,000	0,000	Кремний	2,47	2,47	
Медь	0,007	0,002	0,002	Олово	0,000	0,000	
Железо	0,057	0,030	0,030	Стронций	0,17	0,17	
Ртуть	0,000	0,000	0,000	Вольфрам	0,12	0,10	
				Цинк	0,57	0,35	

Из табл. 7.2 следует, что катодная обработка питьевой воды в модуле ПЭМ снижает в ней общее содержание меди (примерно в 3 раза), железа (в 2 раза), серы (в 1,5 раза), цинка (в 1,5 раза). Московская вода свободна от ряда техногенных примесей (кадмий, кобальт, хром, ртуть, свинец, олово), часть из которых (кадмий, ртуть, свинец) обнаружены в японском образце. Содержание кальция в московской воде значительно выше, чем в японском образце, но едва ли продолжительность жизни москвичей превышает аналогичный показатель для населения Токио. Необходимо отметить, что степень уменьшения *общего* содержания тяжелых металлов в католите, полученном в японском электролизере и в модуле ПЭМ, существенно ниже степени уменьшения концентраций *ионов* металлов в воде, очищенной американским редокс-фильтром. В то же время катодная обработка ультрапресной воды осуществляет регулируемый сдвиг рН.

7.2. Электрохимические установки “Изумруд” на основе модуля ПЭМ для обеззараживания и очистки питьевой воды.

В 1990 г. во ВНИИИМТ АО НПО “Экран” в сотрудничестве с российско-британским СП “Эмеральд” разработаны и серийно выпускаются электрохимические установки “Изумруд”. Назначение установок “Изумруд”: улучшение качества и дополнительная очистка питьевой воды в бытовых условиях. В отличие от фильтрационных и

сорбционных водоочистительных систем, установки “Изумруд” очищают воду посредством окислительно-восстановительных реакций в электрохимическом и каталитическом реакторах.

В основе установок “Изумруд” лежит миниатюрный реактор РПЭ на основе модуля ПЭМ с оксиднорутениево-титановыми электродами (см. рис. 1.1) Особенности конструкции ПЭМ обеспечивают ряд условий, гарантирующих интенсивность электрохимической обработки воды минерализацией 0,1-2,0 мг/л, достаточную для эффективного электролитического и электрокаталитического удаления различных загрязнений. Плотность тока на поверхности электродов в установке “Изумруд” достигает $220 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$. Каждый микрообъем воды, протекающий в узких кольцевых камерах ПЭМ, соприкасается с поверхностью электрода и подвергается воздействию электрического поля сверхвысокой напряженности (см. разделы 1.2 и 1.3). При этом происходит разупорядочение (“разрыхление”) структурной сетки водородных связей и разрешение инертных ассоциатов типа $(\text{H}_2\text{O})_n$, что облегчает усвоение воды клетками живых организмов, обуславливает ускоренное проникновение обработанной воды через биологические мембраны и способствует вымыванию из организма биологических шлаков.

При *анодной обработке* вода в течение долей секунды насыщается высокоактивными окислителями. Их суммарная концентрация в зависимости от минерализации и скорости протока ультрапресной или пресной воды через ПЭМ меняется в диапазоне 15-150 мг/л. При этом органические вещества, а также микроорганизмы всех видов и форм разрушаются и распадаются на субкомпоненты, практически безопасные в токсикологическом отношении (по аналогии с прямой окислительной детоксикацией токсических метаболитов крови). В анодной камере происходит разрушение таких вредных органических примесей, как фенолов, микробных токсинов и т.д. Высокий окислительный потенциал воды в анодной камере и особые формы соединений активного хлора, образующиеся у анода и участвующие в реакциях окисления, исключают образование ядовитых хлорорганических веществ, в том числе диоксинов.

Из анодной камеры вода поступает в вихревую реакционную камеру Е (рис. 7.1), где она подвергается электрокаталитическому и химическому доокислению. Далее вода проходит следующий этап очистки на окислительно-восстановительном катализаторе в реакторе К. В каталитическом реакторе К на поверхности гранул катализатора окислительно-восстановительных реакций происходит разрушение соединений активного хлора, синтезированных в анодной камере, и тех, которые присутствовали в исходной воде. Распад указанных соединений сопровождается образованием новых, высокоактивных короткоживущих частиц (O^\bullet , O , Cl^\bullet , OH^\bullet), также участвующих в процессах дальнейшего доокисления органических примесей.

Из каталитического реактора К в зависимости от типа технологического процесса обработки вода поступает или в катодную камеру ПЭМ (технологический процесс “Изумруд”, рис. 7.1а), или подается непосредственно потребителю (технологический процесс “Сапфир”, рис. 7.1б) или поступает в катодную камеру второго модуля ПЭМ (технологический процесс “Кристалл”, рис. 7.1в). В *катодной* камере вода подвергается электрокаталитическому восстановлению и приобретает электронодонорные свойства и обогащается высокоактивными восстановителями (OH^- , H_3O_2^- , H_2O_2 , H_2). После обработке в катодной камере по технологическим процессам “Изумруд” или “Кристалл” вода подается потребителю. Классификация установок “Изумруд” и некоторые их функциональные особенности в зависимости от технологического процесса обработки воды представлена в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Классификация и некоторые функциональные особенности установок “Изумруд”.

Торговое наименование установки	Технологический процесс	Особенности обработанной воды
“Изумруд М”	“Изумруд”	Снижение ОВП, обогащение восстановителями.
“Изумруд С”	“Сапфир”	Увеличение ОВП, уменьшение избыточной минерализации, обогащение воды короткоживущими высокоактивными частицами.
“Изумруд К”	“Кристалл”	Снижение ОВП, уменьшение избыточной минерализации, обогащение восстановителями.

Сдвиги ОВП воды, обработанной в установках “Изумруд”, зависят от знака электрохимического воздействия на воду непосредственно перед выходом ее из установки. Технологический процесс “Изумруд” рассчитан на последовательную обработку одной и той же порции воды у анода, в реакционной камере Е, в каталитическом реакторе К и у катода. При этом общий фон минерализации воды практически не меняется, сохраняются необходимые для организма микроэлементы: кальций и магний. Ионы тяжелых металлов переходят в состав нерастворимых соединений и частично задерживаются на поверхности катода. Конечные и безопасные для организма продукты деградации органических соединений, бактерий и гидробионтов остаются в составе обработанной воды.

Технологический процесс “Сапфир” включает этапы прохождения воды через анодную камеру ПЭМ, через реакционную камеру Е и реактор К. Часть потока воды направляется в катодную камеру, выполняя функцию компенсирующего электролита, избыток которого удаляется на слив. При этом из анодной камеры в катодную через полупроницаемую мембрану осуществляется частичная миграция катионов, что сопровождается некоторой деионизацией воды, выходящей из установки. Благодаря обогащению воды высокоактивными короткоживущими электроноакцепторными частицами она приобретает свойства кислородного коктейля.

Последовательность этапов обработки воды по технологическому процессу “Кристалл” так же как и в процессе “Изумруд” включает последовательную обработку воды в анодной камере ПЭМ (первый модуль), в реакционной камере Е, в реакторе К и в катодной камере второго модуля ПЭМ. Часть основного потока воды (дренажная фракция) поступает в катодные камеры первого и второго модулей ПЭМ, что усиливает миграционный масс-перенос катионов из анодных камер ПЭМ в их катодные камеры. Соответственно, степень деионизации воды, выходящей из установки, возрастает. Обогащенная минеральными соединениями и тяжелыми металлами дренажная фракция удаляется на слив.

Вода, очищенная по процессам “Изумруд” и “Кристалл”, с некоторой степенью условности может рассматриваться как мягкий активированный католит. Аналогичным образом, в процессе “Сапфир” производится анодно активированная вода, практически

свободная от активного хлора, но содержащая активный кислород, участвующий в реакциях окислительного гидроксирования: $RH + O \rightarrow ROH$.

7.3. Эксплуатационные характеристики установок “Изумруд”. Показатели качества электрохимически очищенной воды.

Все модификации установок “Изумруд” производятся в пластиковых корпусах, имеют производительность 50-70 л/ч. Они подключаются к водопроводному крану и электрической сети напряжением 220/110 В и частотой 50/60 Гц. Расход электроэнергии 1 Вт·ч на литр. В процессе эксплуатации по мере осаждения на катоде нерастворимых минеральных соединений в виде гидроксидов металлов установки регулярно промывают 5% раствором соляной кислоты или 10% раствором уксусной кислоты 3-6 раз в год в обычных условиях. Общий ресурс работы установок при правильной эксплуатации не менее 5 лет.

Установки “Изумруд” прошли гигиенические испытания в НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н.Сысина РАМН и признана пригодной для использования по назначению. Лабораторные испытания установок проводились также во ВНИИИМТ АО НПО “Экран” и в ряде независимых научных центров. В таблице 7.4 показаны значения рН, ОВП, электропроводности (χ) и параметра C_{ox} московской водопроводной воды, обработанной в установках “Изумруд”. Измерения проводились во ВНИИИМТ в декабре 1993 г.

Таблица 7.4

Изменения рН и ОВП питьевой воды при обработке в установках “Изумруд”.

Показатель	Исходное значение	Тип установки		
		“Изумруд М”	“Изумруд С”	“Изумруд К”
рН	7,20	7,18	6,95	7,07
ОВП, мВ, ХСЭ	250	40	470	-30
χ , мС·см ⁻¹	0,30	0,29	0,28	0,24
C_{ox} , мг/л	0,80	0,05	0,35	0,04

Значения величин сухого остатка и суммарной жесткости образцов воды до и после обработки в установке “Изумруд К” представлены в табл. 7.5.

Таблица 7.5

Изменения показателей сухого остатка и общего содержания хлоридов в различных образцах воды при обработке в установке “Изумруд К”.

Образцы воды	Сухой остаток, мг/л		Жесткость, мг-экв/л	
	1	2	1	2
Ростовская обл.	2808	1598	25,0	12,8
Ростовская обл.	1308	784	17,1	9,8
г.Ростов н/Д	1284	896	17,1	8,5
Ижевск	590	257	6,0	3,1
С.-Петербург	510	352	4,4	3,8

г.Ташкент	480	320	2,6	2,35
г.Владимир	330	215	1,9	1,9
г.Москва	250	230	4,1	3,4
о.Кипр	140	135	2,5	2,3
Требования ГОСТ	не более 1000		не более 7,0	

Примечание: исследованные образцы воды не обязательно характеризуют особенности воды данного региона; 1 - показатели исходной воды; 2 - показатели после обработки воды в установке.

Как видно из таблицы 7.5, электрохимическая обработка воды в установке “Изумруд К” приводит к удалению приблизительно 35-40% компонентов твердого осадка воды, если этот показатель выходит за пределы требований ГОСТ, при этом эффект снижения общей жесткости составляет 45-50%. В случаях, когда показатели твердого осадка и жесткости воды были в пределах требований ГОСТ, уменьшение этих показателей после обработки воды в установке “Изумруд К” было несущественным.

В табл. 7.6 приведены данные об изменениях содержания хлоридов (Cl^-) и сульфатов (SO_4^{2-}) в различных образцах питьевой воды после обработки в установке “Изумруд К”.

Таблица 7.6

Изменения содержания хлоридов и сульфатов в различных образцах воды при обработке на установке “Изумруд К”.

Образцы воды	Хлориды, мг/л		Сульфаты, мг/л	
	1	2	1	2
Ростовская обл.	655	164	1,05	0,98
Ростовская обл.	438	270	146	148
г.Ростов	143	71	617	329
Ижевск	224	102	545	236
С.-Петербург	185	172	130	123
г.Ташкент	57	56	1,6	1,5
г.Владимир	13	12	42	40
г.Москва	184	164	137	115
о.Кипр	49	47	89	86
Требования ГОСТ	не более 350		не более 500	

Примечания: исследованные образцы воды не обязательно характеризуют особенности воды данного региона; 1 - показатели исходной воды; 2 - показатели после обработки воды на установке.

Из данных табл. 7.5 и 7.6 следует, что эффективность установки “Изумруд К” возрастает по мере увеличения содержания во входной воде компонент твердого осадка, солей жесткости, суммарного содержания хлоридов и сульфатов. Если перечисленные показатели соответствуют требованиям ГОСТ, их изменения при электрохимической обработке в установке “Изумруд К” несущественны.

Испытания установок “Изумруд” в различных условиях дали следующие результаты. При минерализации исходной воды около 0,3 г/л степень ее деионизации в установках “Изумруд” составила в среднем 7%. При минерализации исходной воды 1,0-2,0 г/л степень ее деионизации в установках 30-40%. Общее содержание кальция не меняется в мягкой воде, в жесткой воде общее содержание кальция в результате обработки

снижалось до 90%. Показатели удаления нитратов установками “Изумруд” нестабильны и колеблются от 5% до 55% для разных образцов воды. Концентрация нитритов после обработки воды в установках “Изумруд” уменьшаются на порядок. Фенол и тетрахлорэтилен удаляются установками на 90% при величинах исходных ПДК до 10.

Способность установок “Изумруд” снижать концентрацию в воде сильных окислителей может быть показана с помощью следующего эксперимента. Выход из анодной камеры установки СТЭЛ подключали ко входу установок “Изумруд М”, “Изумруд С” и “Изумруд К”. На установке СТЭЛ синтезировали АН с показателем $C_{ox} = 70 \pm 6$ мг/л. После обработки АН с указанным содержанием сильных окислителей в установках СТЭЛ в установках “Изумруд” на выходе из установок “Изумруд” показатель C_{ox} уменьшался до 0,7 - 1,0 мг/л.

Показатели подвижности размороженных сперматозоидов быка в воде, обработанной в установках “Изумруд”, при входных значениях интегрального индекса 80-85% практически не менялись и составляли на выходе 72-89%. В течение 1993-95 г.г. в московской питьевой воде, получаемой непосредственно из-под крана, в ряде случаев отмечалось резкое подавление индекса подвижности размороженных сперматозоидов ($I_s < 10\%$). В этих случаях обработка воды в установках “Изумруд” не обеспечивала коррекции подвижности клеточного тест-объекта. Однако при выстаивании исходной или обработанной воды в течение 6 ч и более, при интенсивном перемешивании воды на магнитной мешалке, при обработке воде на механическом диспергаторе или при облучении ультразвуком показатели подвижности сперматозоидов восстанавливались до нормы. По-видимому, депрессия подвижности клеточного тест-объекта в московской водопроводной воде была связана с присутствием неидентифицированного сильного окислителя в концентрации не более 10^{-6} моль/л. Изолированные жгутиковые клетки могут быть чувствительны к подобным значениям C_{ox} , но при разведении в водном секторе организма исходная концентрация сильных окислителей в исходной воде уменьшается на два порядка. - в данном случае до 10^{-8} моль/л, что совершенно безопасно в токсикологическом отношении для интегрированных тканевых структур.

В лаборатории Беркширской микробиологической службы проведены испытания установки “Изумруд М” с помощью модельных растворов с заданным содержанием химических и микробиологических загрязнителей, результаты испытаний представлены в табл. 7.7.

Таблица 7.7

Показатели эффективности очищения модельных растворов в установке “Изумруд М”.

Вещество-загрязнитель	Содержание		Вещество-загрязнитель	Содержание	
	1	2		1	2
Алюминий, мкг/л	2000	135	Фенол, мг/л	0,01	0,0003
Медь, мкг/л	30000	131	Тетрахлор-этилен, мг/л	0,085	0,001
Железо, мкг/л	2000	103	Кишечная палочка, 1/мл	$6 \cdot 10^7$	781
Ртуть, мкг/л	500	2	Сальмонелла, 1/мл	$4 \cdot 10^6$	191
Свинец, мкг/л	500	23	Вирус полиомиелита, 1/мл	$7 \cdot 10^8$	925
Хром, мкг/л	10000	9	Легионелла, 1/мл	$8 \cdot 10^6$	6
Серебро, мкг/л	100	3			
Цинк, мкг/л	50000	212			

Примечание: 1 - показатели на входе в установку; 2 - показатели на выходе установки.

Анализ проб модельных растворов, очищенных на установке “Изумруд М”, проделанный Беркширской микробиологической службой, показал, что из 8-ми исследованных металлов (алюминий, медь, железо, ртуть, олово, хром, серебро, цинк), присутствующих в растворах на входе в установку в концентрациях от 100 до 50000 мг/л, все они удаляются установкой на 93-99,9%. Однако испытания установок “Изумруд” по показателям удаления из воды различных металлов дают в ряде случаев другие результаты. В качестве примера приводим результаты испытаний установки “Изумруд М” в лаборатории НПА “Севморгеология” (табл. 7.8).

Таблица 7.8

Показатели удаления металлов из питьевой воды в установке “Изумруд М” по данным лаборатории НПА “Севморгеология”.

Элемент	: Содержание, мкг/л		: Требования : : ГОСТ, мг/л :	% удаления
	1	2		
Кобальт	0,15	<0,15		-
Никель	1,30	0,90		41
Мышьяк	0,15	0,20	50	-
Медь	1,70	2,00	1000	-
Алюминий	64	64	500	-
Кальций	10000	9600		4
Магний	2600	2600		-
Железо	280	230	300	18
Цинк	180	120	500	33
Хром	0,2	0,2		-
Свинец	0,15	0,25	30	-

Примечание: 1 - показатели исходной воды; 2 -показатели на выходе установки.

По данным табл. 7.8 из 11 металлов, содержащихся в исходной воде, в установке “Изумруд” произошло удаление только 4 металлов, коэффициент удаления 4-41%. Здесь необходимо отметить, что общий уровень загрязнения воды металлами в данном случае был незначительным, то есть по этим показателям вода была пригодной для питья без дополнительной обработки. Аналогичные результаты получены в некоторых других лабораториях.

В процессе испытаний установки “Изумруд М” в НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н.Сысина РАМН также исследовалась способность установки удалять элементы металлов из питьевой воды и из модельных растворов (см. табл. 7.9)

Таблица 7.9

Удаление металлов из воды и из модельных растворов в установке “Изумруд М” по данным НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н.Сысина.

Элемент	Содержание, мкг/л			
	питьевой воде		в модельных растворах	
	1	2	1	2
-	500	200		
Кадмий	-	-	3	2
Кобальт	50	10	20	20
Медь	20	11	1340	1330
Хром	50	10	-	-
Никель	-	-	270	290
Свинец	-	-	100	90

Железо

Примечание: 1 - показатели на входе в установку; 2 - показатели на выходе установки.

В ряде лабораторий Москвы, Владимира, Ижевска, Ташкента получены данные об удалении в установках “Изумруд” соединений металлов из образцов воды различного происхождения. По данным этих наблюдений коэффициент очистки воды от загрязнений соединениями металлов или их ионами колебался в широких пределах - от 18% до 99,9%. Подобные расхождения результатов дало повод к проведению дополнительной проверки установки “Изумруд М” в лаборатории “Калвер Консалтантс”, Окленд, Англия, в июне 1994 г. По данным оклендских испытаний из 5 тестированных металлов (алюминий, медь, олово, железо, серебро), присутствовавших во входной воде в концентрациях от 70 мкг/л (серебро) до 23500 мкг/л (медь) удаляются установкой в среднем на 86 ± 10 % алюминий, медь, железо и олово. Серебро, присутствующее в минимальной концентрации, удаляется на 18%.

7.4. Эффективность установок “Изумруд” по показателям очистки воды от соединений тяжелых металлов с позиций концепции, принятой в Великобритании и в США.

Тяжелые металлы находятся в исходной загрязненной водопроводной воде в виде хорошо диссоциированных солей, по преимуществу хлоридов. В электрохимическом очистительном устройстве типа редокс-фильтра (70) или проточного электрохимического реактора входные соединения металлов восстанавливаются до гидроксидов и оксид-гидроксидов $Me^{n+}(OH)_n$ или $MeO(OH)_n$, где $n = 1; 2$. В ряду соединений металлов малорастворимые гидроксиды и оксиды занимают, соответственно, предпоследнее и последнее место. Ввиду малоизвестности этих данных приводим ряд токсичности соединений металлов полностью в порядке убывания: нитраты, хлориды, бромиды, ацетаты, йодиды, перхлораты, сульфаты, фосфаты, карбонаты, фториды, гидроксиды, оксиды. (147). При связывании гидроксидов и оксидов металлов с лигандами белковой природы, которые присутствуют в желудочном соке, гидролиз этих соединений по катиону Me^{n+} или не происходит или резко замедляется. (148) Соответственно, токсический эффект тяжелых металлов не проявляется.

Аналогичным образом соединения металлов, восстановленные действием фармакологических протекторов (антидотов), сорбируют белки или другие соединения, играющие роль естественных энтеросорбентов (например, длинноволокнистые полисахариды), и удаляются в связанном виде из кишечника естественным путем. (149)

Тяжелые металлы в составе токсикологически безопасных соединений в значительной мере сохраняются в электрохимически очищенной воде и обнаруживаются при элементном анализе проб очищенной воды, если методика анализа рассчитана на открытие элемента, *независимо от того в составе какого соединения он присутствует*. Это нередко воспринимается как признак неэффективности электрохимического очищения водных сред.

До настоящего времени в практике лабораторных исследований проб питьевой воды в России доминирует методика, основанная на добавлении к тестируемой воде сильных неорганических кислот, что вызывает тотальную диссоциацию всех металлосодержащих комплексов. Соответственно, при этих условиях ионы металлов обнаруживаются в пробах методиками, предусмотренными отечественными ГОСТами. По данным подобных “тотальных” анализов униполярная катодная обработка московской водопроводной воды в элементе ПЭМ приводит к существенному уменьшению общего содержания лишь 3-х металлических элементов (меди, железа, марганца) из 14 идентифицированных (табл. 7.2). По остальным элементам снижение или недостоверно или не выявлено. В установках “Изумруд” в образцах обработанной воды достигается снижение общего содержания приблизительно половины всех идентифицированных элементов тяжелых металлов (8 из 18-ти идентифицированных).

Оклендская лаборатория воспроизвела тестирование воды, очищенной на установках “Изумруд”, с помощью методик, предусмотренных ГОСТ РФ, с добавлением в пробы крепких неорганических кислот. В этом случае максимальный коэффициент элиминации (-55%) был обнаружен только для олова. Коэффициент удаления меди, железа, серебра и алюминия в среднем $-22 \pm 10\%$. Соответствующий протокол сопровождался замечанием: *“некорректная методика”*.

Таким образом, суть британской (и, по-видимому, в целом западной) концепции оценки риска токсичности питьевой воды по содержанию тяжелых металлов заключается в следующем:

тяжелые металлы в воде токсичны по преимуществу в форме ионов ;
эффективность очистительных установок по параметру удаления тяжелых металлов должна оцениваться по изменениям концентраций ионов соответствующих металлов в нативных пробах воды (без разведения сильными кислотами), а не в оценке ее общего элементного состава.

Традиционные средства очистки питьевой воды ионообменными смолами, угольными сорбентами и различными фильтрами оказывают на воду окислительно-восстановительное воздействие. (70) Эффективность угольных фильтров на 1/3 зависит от их редокс-характеристик и на 2/3 сорбционной емкости. (70, 150)

Вывод: целесообразен пересмотр отечественных стандартов на методы оценки чистоты воды по показателям содержания тяжелых металлов в направлении внедрения методик по идентификации и измерению ионных форм Me^{n+} .

7.5. Сравнительные оценки эффективности очистки воды установками “Изумруд” и бытовыми устройствами фильтрационно-сорбционного типа.

Критерии пригодности воды для питья разработаны достаточно подробно и зафиксированы в многочисленных нормативных документах. Однако тип “идеальной” питьевой воды, наиболее пригодной для употребления населением, не установлен. Поэтому общие стратегии очистки и улучшения качества питьевой воды существенно различаются в зависимости от частных представлений разработчиков, придерживающихся той или иной технологической доктрины. Так наиболее совершенная фильтрационно-сорбционная установка для очистки воды типа “Нимбус” (НПО

“Альтернатива”) рассчитана на задержку 85-95% хлоридов, что эквивалентно деионизации воды на $\approx 90\%$. Для условий Москвы, получающей ультрапресную водопроводную воду с минерализацией около 0,3 г/л ($\chi = 250 - 300 \text{ мкСм}\cdot\text{см}^{-1}$, это означает, что характеристики воды на выходе установки “Нимбус” будут следующими: минерализация около 0,03 г/л; $\chi \leq 30 \text{ мкСм}\cdot\text{см}^{-1}$. Такая вода характерна, в частности, для северных районов Европы и Северной Америки, например, для Карелии.

Известно, что краевая патология, связанная с длительным употреблением местным населением деминерализованной воды, с дефицитом биологически активных микро- и ультрамикроэлементов, представляет серьезную проблему. Коррекция такой патологии требует подбора специальной диеты, препаратов, содержащих микроэлементы и диспансерного обслуживания, что связано с определенными экономическими трудностями. Следовательно, в регионах, потребляющих ультрапресную воду или воду, приближающуюся по уровню минерализации к дистиллированной, фильтрационно-сорбционные установки для очистки воды создают риск появления синдромов дефицита минерализации. Этот недостаток не проявляется, если минерализация исходной воды не менее 1000 мг/л, что коррелирует с показателем сухого остатка не менее 2000 мг/л. В этом случае минерализация воды, обработанной на фильтрационно-сорбционной установке, порядка 100 мг/л, что приемлемо с физиологических позиций. Однако глубокая фильтрационно-сорбционная очистка воды с минерализацией более 1000 мг/л при коэффициенте задержки солей 90% приведет к тому, что на каждые 100 л очищенной воды в установке будет оставаться не менее 90 г солей и не менее 180 г сухих веществ. Суточный расход очищенной воды семьей для питья и варки пищи составляет 15-20 л, за полгода - около 3000 л. За время полугодовой эксплуатации фильтрационно-сорбционной установки в регионах с повышенной минерализацией питьевой воды в установке накопится не менее 2700 г солей и не менее 5400 г твердых веществ. То есть установка потребует регенерации или смены картриджа через 2-3 мес. работы.

В реальных условиях эксплуатации установка “Нимбус” осуществляет деионизацию московской водопроводной воды от исходной минерализации 0,3 г/л ($\chi = 250-300 \text{ мкСм}\cdot\text{см}^{-1}$) до 0,1 г/л ($\chi = 97 \pm 5 \text{ мкСм}\cdot\text{см}^{-1}$), что соответствует коэффициенту задержки хлоридов около 65%. (Измерения электропроводности проводились во ВНИИИМТ на образце воды, очищенной на демонстрационной установке “Нимбус 3”). В этом случае коэффициент пропускания техногенных примесей приблизительно 25-30% от содержания их в исходной воде. Замена сменных фильтров в установке “Нимбус” в московских условиях осуществляется приблизительно раз в полгода. Стоимость установки “Нимбус 3” - 170 \$, стоимость комплекта запасных фильтров - 75\$, ресурс установки около 4000 л, при производительности 24 л/сут. То есть расчетное время работы установки (по-видимому, до смены картриджа) около полугодия. Себестоимость объема воды, очищенной в течение суток, 0,6\$. Амортизация установки за год работы эквивалентна приблизительно 200\$. При очистке воды с высокой минерализацией суммарные расходы, связанные с приобретением и эксплуатацией установки фильтрационно-сорбционного действия увеличиваются в 2-5 раз.

Установки “Изумруд” мало влияют на минерализацию воды в диапазоне содержания солей 0,1-0,5 г/л, **что гарантирует сохранность в воде полезных микроэлементов**. Задержка компонентов твердого осадка в установке происходит на катоде и составляет 10-100 г. на каждые 100 л очищаемой воды. Эти загрязнения легко отмываются промывкой установки 5% соляной или 10% уксусной кислотой. Поэтому финансовые затраты при покупке установки раскладываются на весь период ее эксплуатации, который составляет не менее 5 лет. Стоимость установок “Изумруд” 70-110\$ по состоянию на 1995 г. Амортизация установки за год работы эквивалентна

приблизительно 20 \$. Коэффициент электрохимической детоксикации техногенных примесей (соединений тяжелых металлов, ряда органических веществ) в установках “Изумруд” 90% и больше.

В отличие от установок фильтрационно-сорбционного типа риск бактериального загрязнения установок “Изумруд” исключается полностью, поскольку физические условия в работающей анодной камере несовместимы с жизнью микроорганизмов и гидробионтов. На выходе установок “Изумруд” вода обладает бактериостатическими свойствами, что связано с присутствием активных частиц. Через несколько часов хранения воды эти свойства полностью релаксируют.

В воде, обработанной на установках “Изумруд М” и “Изумруд К”, ОВП смещен в сторону восстановительных значений, в воде после обработки на установки “Изумруд С” - в сторону окислительных значений. Возможность управления ОВП питьевой воды - уникальная особенность установок “Изумруд”.

При сверхнизкой минерализации питьевой воды электрохимический реактор установок “Изумруд” практически не работает из-за малой электропроводности исходной воды. В подобных условиях установки неэффективны. В перспективе этот недостаток может быть скорректирован при разработке установок “Изумруд” нового поколения. Фильтрационно-сорбционные установки способны задерживать техногенные примеси в деионизованной воде, но при этом усугубляется физиологический риск, связанный с подачей потребителю воды, близкой по свойствам к дистиллированной.

Если исходная вода содержит большое количество взвешенных частиц, то в установках “Изумруд” такие загрязнения почти не поддаются коррекции. Установки “Нимбус”, согласно информационно-рекламным данным, не предназначены “для работы с мутной водой, в которой наблюдаются нерастворимые взвешенные частицы”.

Производительность установок “Изумруд” (около 50 л/ч) позволяет быстро, в течение 25-30 мин., получить суточный объем (из расчета на семью) очищенной воды, которая затем может быть подвергнута выстаиванию в стеклянных емкостях. При этом происходит доочистка воды релаксирующими метастабильными продуктами электролиза. Для получения такого же объема очищенной воды на установках фильтрационно-сорбционного типа требуется 21-25 ч, то есть для обеспечения всех нужд семьи установка должна работать большую часть суток или непрерывно.

Себестоимость очистки одного литра воды на бытовых фильтрационно-сорбционных или электрохимических очистителях невелика: для установки “Нимбус 3” - около 2-3 центов, для установки “Изумруд” - 0,2 - 0,3 цента. Стоимость одного литра бутилированной родниковой воды в розничной продаже 0,5-1 \$, что в пересчете на дневную потребность семьи составляет 10-20\$ (или около 450\$ в месяц), что доступно только для населения очень богатых стран. Соответственно, для подавляющей части населения мира централизованное водоснабжение, а также водоснабжение из колодцев, скважин, ручьев и водоемов останется доминирующим. Такие системы и источники водоснабжения в большинстве случаев будут нуждаться в дополнении бытовыми устройствами для доочистки и улучшения качества питьевой воды.

Сопоставление санитарно-гигиенических, функциональных и эксплуатационных характеристик бытовых фильтрационно-сорбционных и электрохимических очистителей воды показывает их принципиальную конкурентоспособность. Тем не менее, электрохимическая очистка воды представляется более перспективной по следующим соображениям. Фильтрационно-сорбционные устройства удаляют из воды все компоненты - и вредные и полезные, при этом с повышением степени очищения воды от токсических загрязнений углубляется уровень ее дистилляции, но эпидемиологический риск сохраняется ввиду возможно вторичного заражения установки.

Электрохимические очистители воды свободны для указанных недостатков и осуществляют управление окислительно-восстановительными свойствами питьевой воды.

В настоящее время питьевая вода промышленных городов может содержать десятки или сотни неорганических и органических веществ. Физиологическая и гигиеническая значимость продуктов электрохимического превращения этих веществ в составе питьевой воды на выходе установок “Изумруд” нуждается в дополнительном изучении. По имеющимся данным факторы специфического риска для потребителя, связанные с установками “Изумруд”, не выявлены.

7.6. Биологическое действие воды, очищенной на установках “Изумруд”.

Около 90% потребителей воды, очищенной на установках “Изумруд”, отмечают хорошие органолептические свойства обработанной воды, из их числа приблизительно 1/3 отметила исчезновение или ослабление симптомов, ранее существовавших хронических заболеваний. Сумма положительных терапевтических эффектов, связанных с систематическим употреблением воды “Изумруд”, может быть представлена в виде следующей сводки:

существенное улучшение моторики толстого кишечника, уменьшение проявлений гастрита;

ослабление гипергликемии при сахарном диабете без увеличения дозы инсулина, снижение потребности больного в инсулине;

заметный диуретический эффект;

уменьшение почечных отеков у нефрологических больных, уменьшение дизурических явлений в больных с воспалениями мочевыводящих путей, уменьшение потребности в воде у больных, находящихся на хроническом гемодиализе;

более частое и менее болезненное самостоятельное отхождение камней средней и нижней трети мочеточника (по данным отделения урологии ГКБ №67 г. Москвы);

купирование приступа почечной колики;

резкое ослабление симптомов аллергического дерматита;

исчезновение или ослабление болей при артралгиях;

углубление сна, отказ от снотворных;

смягчение похмельного синдрома;

улучшение общего самочувствия.

Эти данные нуждаются в более строгом статистическом подтверждении и частично могут быть связаны с эффектом “плацебо” или с совпадением питья очищенной воды и улучшением симптоматики, связанным с иными причинами. Возможны ситуации, когда потребитель очищенной воды обнаружит у себя через некоторое время признаки возникшего заболевания. В одном случае человек, купивший установку “Изумруд К”, через 4 мес. перенес первый в своей жизни приступ печеночной колики. За весь период наблюдений подобное настораживающее сообщение было *единственным*. В 3-х наблюдениях пациенты, ранее страдавшие приступами печеночной колики, отметили самостоятельное разрушение камней желчного пузыря и практическое излечение. В обоих случаях - в позитивном и в негативном, остается справедливым принцип; “после этого, не значит, - вследствие этого”. Тем не менее статистическое преобладание сообщений о терапевтическом действии воды, обработанной на установке “Изумруд”, над сообщениями об ухудшении качества воды или о возникновении патологических симптомов составляет не менее 100 : 1 в пользу очищенной воды. Соответственно, риск потребителя по этим показателям не выше 1%.

Как видно из табл. 7.4 регрессия ОВП воды, обработанной в установках “Изумруд М” и “Изумруд К” составляет 210 - 280 мВ относительно исходного значения. В разделе 3.8 было показано, что вода, очищенная на установке “Изумруд К”, обладающая электронодонорными свойствами, способствует повышению электронодонорной активности антиоксидантных препаратов. Это по условию соответствует усилению фармакодинамических свойств и терапевтической эффективности указанных противоокислительных препаратов. Таким образом, представляется перспективным способ повышения лечебных свойств антиоксидантных препаратов на основе запивания их после приема внутрь водой, обработанной по технологическому процессу “Кристалл” или “Изумруд”.

Для получения антиоксидантных растворов и смесей на основе воды, очищенной в установках “Изумруд М” или “Изумруд К”, можно предложить следующую простую методику.

Для приготовления антиоксидантных растворов могут использоваться следующие водные или водорастворимые среды:

протертые ягоды, протертая мякоть плодов (в частности цитрусовых, киви и т.д.), настойка шиповника, соки ягодные, фруктовые, овощные, исходный концентрат пивных дрожжей, витаминные таблетки и концентраты, мед натуральный. Витаминные таблетки предварительно измельчают. Указанные субстраты можно брать по отдельности или в комбинациях. При этом объем жидких сред рассчитывается на суммарный прием в течение дня. Емкость вместимостью 200-750 мл заполняют протертыми ягодами, фруктами, мякотью овощей, экстрактами, соками, сиропами и т.д. не более чем на одну треть. Например, если в течение дня необходимо принять 50-60 г. лечебного сиропа, то целесообразно использовать емкость 200-500 мл, а при приеме 200 мл лечебного сока, емкость должна быть 600-750 мл. Далее ее доливают до верха водой, полученной на установках “Изумруд М” или “Изумруд К”. Следует отметить, что смешивание лечебных сред с электрохимически очищенной водой допускается в любых пропорциях, но при этом необходимо:

обеспечить полную суточную дозу лечебной среды (сиропа, сока, концентрата);

во избежании дополнительной водной нагрузки на организм суммарный объем лечебной среды после разведения в ЭХА-воде не должен превышать 750 мл в сутки.

Лица, не имеющие медицинских ограничений по объему выпиваемой жидкости, могут разводить лечебные антиоксидантные среды в любом разумном объеме “изумрудной” воды по вкусу. В полученные смеси можно добавлять сахар, фруктозу, сахарозу или заменители сахара (для больных диабетом).

Емкость с приготовленной лечебной смесью плотно закрывают крышкой для исключения контакта с атмосферным кислородом и оставляют выстаиваться на 3-8 ч. После выстаивания смесь слегка перемешивают и выпивают в течение дня за 3-4 раза в перерывах между приемами пищи, каждый раз запивая глотком “изумрудной” воды. Остатки смеси между приемами хранят в емкости с плотно закрытой крышкой не более 18 ч. (лучше в холодильнике).

Масляные растворы (жирорастворимые витамины, рыбий жир, масло облепихи и т.д.), а также капсульные формы антиоксидантных препаратов принимают внутрь как обычно и запивают 1-1,5 стакана воды, обработанной в установках “Изумруд М” или “Изумруд К”.

Вода, обработанная по технологическому процессу “Сапфир”, сохраняет “память” об анодном воздействии и представляет собой “мягкий анолит”, свободный от соединений активного хлора, но содержащий соединения активного кислорода, участвующего в реакциях окислительного гидроксильирования. Соответственно, вода, обработанная в

установке “Изумруд С”, пригодна для детоксикации гидрофобных ксенобиотиков в желудочно-кишечном тракте.

Вода, очищенная в установках “Изумруд”, может быть использована для получения лечебных настоек и заварок, для заваривания чая, кофе и т.д., а также в косметических целях. Для профилактики образования морщин воду, очищенную в установках “Изумруд М” или “Изумруд”, замораживают в морозильной камере холодильника. Кубиками льда “изумрудной” воды массирую кожу лица и шеи. Для этих же целей могут быть использованы кубики льда, изготовленные из растворов и взвесей антиоксидантных препаратов. При неприятных ощущениях (холодовая аллергия) массаж с помощью ледяных кубиков необходимо прекратить. Участок обрабатываемой кожи не должен быть слишком обширным, а размеры кубиков льда не должны превышать нескольких сантиметров.

У лиц, систематически употребляющих алкоголь, употребление “изумрудной” воды может вызывать некоторые неприятные ощущения, которые быстро проходят и сменяются улучшением общего состояния.

Исследования, проведенные на кафедре общей и биоорганической химии Ижевского медицинского института в феврале 1994 г., показали, что в крови лабораторных крыс, получавших воду, очищенную на установке “Изумруд К”, содержание катионов кальция составило 65-73 мг/л. В контрольной группе - 68-75 мг/л. Это связано с тем, что установка не удаляет средние и низкие концентрации кальция, не нарушая нормального поступления этого элемента в организм. Аналогичным образом электрохимическая обработка не приводит к обеднению питьевой воды калием, характерным элементом для природных вод Удмуртии. При этом установка надежно удаляет из воды избыток катионов натрия, а также катионы мышьяка, свинца, цезия, рубидия, селена и избыток меди. В фильтрационно-сорбционных установка подобный эффект селективного удаления из воды тяжелых металлов при сохранении физиологически благоприятных концентраций щелочных и щелочноземельных металлов не достигается.

По данным ижевских исследователей в установках “Изумруд” осуществляется удаление из воды циклических углеводородов (бенз-пирен, антрацен), фенолов и пестицидов. “Изумрудная” вода оказывает тонизирующее действие на организм крыс.

Спаивание в течение 30 дней мышам СВА (самцы массой 25-30 г.) и морским свинкам Агути (самцы массой 200-250 г.) воды, обработанной по технологии “Кристалл”, в объеме 6,5 мл на мышь и 58 мл на морскую свинку сопровождалось следующими изменениями в организме подопытных животных: (151)

увеличением массы селезенки на 13% , что связано с увеличением ядросодержащих клеток в данном органе ;

снижением содержания лейкоцитов в периферической крови на 44% (при исходных показателях, превышающих физиологическую норму);

ускорением переключения с синтеза иммуноглобинов М на иммуноглобин G.

Общее количество антител в организме подопытных животных сохранялось на исходном уровне. Каких-либо нарушений иммуногенеза не отмечено, выявленные признаки могут быть истолкованы как признаки некоторой стимуляции интегральных показателей иммунитета. “Изумрудная” вода не обладала аллергенным действием, не обнаруживала признаков мутагенного действия по показателям частоты полихроматофильных эритроцитов с микроядрами (микроядерный тест) и не производила каких-либо неблагоприятных эффектов.

Глава 8. ЛЕЧЕБНОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭХА-РАСТВОРОВ.

8.1. Обоснование дозы ЭХА-растворов, предназначенных для приема внутрь с терапевтическими целями.

По данным наблюдений за лабораторными и сельскохозяйственными животными, получавшими католит в качестве питья, можно сделать следующие обобщенные выводы. Католит питьевой воды или водно-солевых растворов с рН около 9,0 - 9,5 ; ОВП около (-400) мВ,ХСЭ при приеме его внутрь в объеме, эквивалентном $10 \pm 5\%$ к суточному объему потребления питьевой воды, оказывает на организм млекопитающих и птиц следующие виды действия:

- производит общетонизирующий эффект ;
- повышает устойчивость организма к ионизирующему облучению;
- укрепляет иммунитет и повышает устойчивость к инфекциям;
- повышает активность ферментов тканевого дыхания, усиливает в организме надежность системы антиоксидантной защиты;
- вызывает общий анаболический эффект, стимулирует процессы роста, физиологической и репаративной регенерации.

При этом продолжительность питья католита составляет от 4 до 13 нед.

Католит, полученный в результате электрохимической обработки сравнительно небольшой интенсивности (рН < 9 ; ОВП > (-400) мВ,ХСЭ), малоэффективен. Католит, полученный в режиме интенсивной электрохимической обработки (рН > 9,5 ; ОВП < (-400) мВ,ХСЭ), может действовать как ингибитор метаболизма.

Суточное потребление воды организмом взрослого человека с учетом метаболической воды составляет приблизительно 3 л. Соответственно, предполагаемая оптимальная доза католита с рН = 9-9,5; ОВП = (-400) мВ, ХСЭ для человека соответствует $0,3 \pm 0,15$ л/сут. (один-два стакана). В процессе клинических испытаний эта дозировка может быть скорректирована в зависимости от конкретных медицинских задач.

Анолит кислый с рН около 3,0 ; ОВП = 700 мВ, ХСЭ в дозах, соответствующих 3,5% от суточного объема потребляемой воды вызывает общий антиметаболической (катаболический) эффект, подавляет активность ферментов тканевого дыхания, повышает чувствительность организма к ионизирующей радиации, истощает ресурс физиологической антиоксидантной защиты. При передозировках А оказывает на организм токсическое действие.

Однократное парантеральное введение в организм человека массой 70-80 кг изотонического раствора неактивированного гипохлорита натрия концентрацией 600-1000 мг/л в объемах 0,8 - 1,2 л фармакологически безопасно и достаточно для окислительной детоксикации внутренних биологических сред. В этом случае при разведении гипохлорита в водном секторе организма достигается его концентрация порядка 20-25 мг/л ($3 \cdot 10^{-4}$ моль/л). Однако такие концентрации неактивированного гипохлорита близки к значениям, полностью подавляющим подвижность размороженной спермы быка *in vitro* (см. табл. 4.1), что свидетельствует о разобщении внутриклеточного окислительного фосфорилирования. Следовательно, продолжительное поддержание в организме такого фона концентраций гипохлорита сопряжено с риском проявлений его цитотоксичности.

АН с $C_{\text{ок}} = 50 - 500$ мг/л при приеме внутрь в объеме 400 мл создаст в водном секторе человека массой 70 кг концентрации сильных окислителей около 0,5 - 5 мг/л ($6 \cdot 10^{-6} - 6 \cdot 10^{-5}$ моль/л). При таких концентрациях риск цитотоксического действия гипохлорита и, по-видимому, других сильных окислителей, существенно уменьшается.(43) Теоретически такие дозы АН могут быть использованы для непрямого электрохимического окисления

гидрофобных токсинов органической природы. Безопасное время приема АН внутрь с терапевтической целью должно быть установлено на этапе клинических испытаний.

8.2. Опыт лечебного применения ЭХА-растворов.

Несмотря на интенсивное обсуждение феномена “живой” и “мертвой” воды, клиническая апробация ЭХА-растворов, полученных на диафрагменных электролизерах, в России не проводилась. Поэтому мы располагаем только неофициальными данными о лечебном применении анолита и католита. Способы лечения “живой” и “мертвой” водой, не прошедшие правильной клинической апробации и не утвержденные в установленном порядке *нельзя считать законными*. Тем не менее, в 80-х г. в СССР были разработаны кустарные модели диафрагменных электролизеров и с их помощью началось массовое приготовление “живой” и “мертвой” воды для внутреннего и наружного употребления во внебольничных условиях. Подобные эксперименты связаны с большим медицинским, юридическим и моральным риском. Однако следует знать результат этих экспериментов.

Так изобретатель Д.И.Кротов по собственной инструкции лечил ЭХА-растворами около 50 болезней, в том числе и опухоли. Его активатор представлял собой диафрагменный электролизер стационарного типа с электродами из чистого графита с разделительной мембраной из керамических материалов или пористого стекла. Кислый анолит и щелочной католит вырабатывались из питьевой воды (фон минерализации не указан). В анолите рН = 2 - 4 ; в католите рН = 10 - 12 (ОВП не указан).

Автор рекомендовал пить католит в объеме 30 - 450 мл в течение суток на протяжении 3 - 4 дней, в отдельных случаях до 8 дней при следующих нозологических формах: астенические состояния, склонность к гипотонии, аллергические высыпания, экзема, ожоги, воспалительные и гнойно-септические заболевания, обострения геморроя, почечная колика, желтуха (по-видимому, паренхиматозного типа). Некоторые виды заболевания определены им крайне приближенно, по одному симптому. Тем не менее создается впечатление, что прием внутрь католита в данном случае предусмотрен в качестве средства, повышающего иммунитет, нормализующего функцию печени (при желтухе), обладающего спазмолитического действия (при почечной колике).

Для лечения аденомы предстательной железы, простатита, суставных болей, бронхиальной астмы, псориаза, тромбозов, гастрита, язвы желудка, нефрита, гепатита, холецистита рекомендовался комбинированный курс питья ЭХА-растворов по схеме: прием внутрь сначала “мертвой” воды по 100-600 мл в сутки в течение 1 - 3 дней, затем “живой” воды по 30 - 450 мл в сутки в течение нескольких дней. (При язве желудка питье католита начиналось с минимальных доз). Для лечения гипертонической болезни, дизентерии и диареи неизвестной этиологии предлагался только анолит.

Попытка противораковой терапии с помощью ЭХА-растворов заключалась в приеме ударной дозы анолита по 450 мл в сутки в течение 3 дней с последующим питьем католита по 300 мл в течение 5 дней. Подобный курс с незначительными изменениями дозировок повторялся после перерыва через 3 и 20 дней.

ЭХА-растворы, синтезированные на активаторе Д.И.Кротова, использовались для полоскания рта, носо- и ротоглотки, в виде примочек, компрессов, клизм, для закапывания в глаза и в уши и т.д.

По-видимому, изобретатель разработал эмпирическую совокупность приемов, по всей видимости улучшающих состояние пациентов. Если отбросить крайние варианты, то модальная схема применения ЭХА-растворов для лечения воспалительных, дистрофических и токсико-дегенеративных процессов по Д.И.Кротову следующая:

прием внутрь кислого анолита питьевой воды по 300-400 мл в сутки в течении 2 ± 1 дн. ;

последующее питье католита питьевой воды по 300 мл в сутки в течение 4 ± 2 дн.

Данная эмпирическая стратегия лечения ЭХА-растворами неизбежно будет скорректирована после соответствующей проверки, поскольку новые технологии электроактивации воды дают возможность получения анолита и католита, отличающихся по свойствам от ЭХА-растворов, вырабатываемых электролизерами устаревших конструкций.

По данным японских источников (12) не предусматриваются ограничения в питье “щелочной ионизированной воды”, то есть католита с $\text{pH} = 10,5$ (ОВП не указан). По-видимому, в данном случае речь идет о католите с очень низким фоном минерализации, характерным для природных вод Японии. (152) Суточное потребление такого католита отдельными пациентами доходило до 2 л. Терапевтический эффект, связанный с употреблением “щелочной ионизированной воды”, полученной на японском электролизере, достигнут при следующих патологических состояниях:

- заболевания желудка и кишечника (гастриты, энтериты, хронические запоры);
- ишемическая болезнь сердца;
- артериальная гипертензия;
- диабет;
- подагра;
- бронхиальная астма, аллергии ;
- астенические состояния, бессонница ;
- нарушения развития ребенка.

Комплексные исследования лечебных свойств ЭХА-сред на основе водно-солевых растворов проведены в Ташкенте (153). Ташкентские исследователи получали анолит и католит на диафрагменном электролизере “Эсперо” статического типа. Характеристики ЭХА-растворов, получаемых на установке “Эсперо”:

анолит - $\text{pH} = 2,5 - 6,5$; ОВП = 400 - 1080 мВ, ХСЭ;

католит - $\text{pH} = 7,5 - 11,5$; ОВП = от (-200) до (-800) мВ, ХСЭ.

Ниже приводятся частные методики применения ЭХА-растворов в комплексном лечении различных заболеваний.

Лечение дизентерии и сальмонеллеза.

Начальный этап включает прием внутрь анолита физиологического раствора хлорида натрия ($\text{pH} = 2,2 \pm 0,2$; ОВП = 1050 ± 50 мВ, ХСЭ) по 50-70 мл 3 раза в день в течение 2 дн. Данная процедура, рассчитанная на быстрое подавление патогенной микрофлоры, подкрепляется анолитными клизмами объемом 30-50 мл ($t^\circ = 37^\circ\text{C}$). Клизмы делают один раз в день. Перед анолитной клизмой проводят обычную очистительную клизму. После анолитной клизмы необходимо полное очищение кишечника.

На втором этапе лечения (с 3-го дня) внутрь принимается католит физиологического раствора ($\text{pH} = 9 \pm 0,4$; ОВП = $(-400) \pm 50$ мВ, ХСЭ) в сочетании с проведением католитных клизм, которые проводят по той же методике, как и клизмы с анолитом. Клизмы лучше делать вечером.

Лечение язвы желудка и 12-перстной кишки.

Начальный этап включает: питье анолита физиологического раствора хлорида натрия ($\text{pH} = 4 \pm 0,5$; ОВП = 600 ± 100 мВ, ХСЭ) по 30-50 мл 3 раза в день в течение 3 дн. Данная процедура рассчитана на устранение дисбактериоза в желудке и кишечнике и на терминальное окисление недоокисленных продуктов типа молочной кислоты, промежуточных продуктов брожения и т.д.

На втором этапе: назначается прием внутрь католита физиологического раствора ($pH = 10 \pm 0,6$; $ОВП = (-550) \pm 150$ мВ,ХСЭ) по 100 мл 3 раза в день в течение 10 дней. Этап рассчитан на общеукрепляющий эффект и на ускорение заживления язвенного дефекта.

Лечение хронического и острого вирусного гепатита.

При хроническом гепатите в дополнении к обычным средствам лечения назначают питье анолита физиологического раствора хлорида натрия ($pH = 4 \pm 0,5$; $ОВП = 600 \pm 100$ мВ,ХСЭ) по 30 мл 3 раза в день в течение 3 дн. Начиная с 4-го дня переходят на прием внутрь католита физиологического раствора хлорида натрия ($pH = 9 \pm 0,4$; $ОВП = (-400) \pm 50$ мВ, ХСЭ по 30 мл 3 раза в день приблизительно в течение 10 дней до полного исчезновения или существенного ослабления симптомов заболевания. При данной патологии анолит также предназначается для устранения желудочно-кишечного дисбактериоза, католит применяется в качестве биостимулятора, рассчитанного на восстановление печеночной ткани.

При остром вирусном гепатите (формы А,В, посттрансфузионный) назначают прием внутрь католита физиологического раствора хлорида натрия ($pH = 9 \pm 0,4$; $ОВП = (-400) \pm 50$ мВ,ХСЭ в дозе 1 мл/кг массы тела в течение 20-25 дн. Для лечения острого гепатита анолит не применялся.

Опыт показал, что питье католита больными острым вирусным гепатитом ускоряет регрессию патологических симптомов по сравнению с контрольной группой больных, получавших традиционные лечебные средства без приема католита. При этом риск осложнений у гепатологических больных, принимавших католит в сочетании с обычными терапевтическими средствами заметно уменьшился.

Дозировка католита в данном случае проводилась очень осторожно, поскольку ЭХА-раствор в процессе всасывания в желудочно-кишечном тракте поступает сначала в систему воротной вены печени и проявляет свою активность в этом органе. Последующее разведение католита в водном секторе организма соответствовало $1 \cdot 10^{-3}$ - $2 \cdot 10^{-3}$. Специалисты фирмы “Эсперо” считают, что католит физиологического раствора хлорида натрия при употреблении его в указанных дозах производит иммунокоррекцию, оказывает антиаллергическое действие, улучшает тканевое дыхание, способствует стабилизации липидных мембран, ускоряет репаративную регенерацию.

Лечение колитов и дискинезии толстого кишечника.

При указанных состояниях назначают внутрь католит 0,2 - 0,3% раствора $CaCl_2$ на дистиллированной воде с добавлением KCl до 0,05-0,1% по 150 мл 2-3 раза в день в течение 10-15 дней (до заметной регрессии симптомов). При неспецифическом язвенном колите тот же католит принимают более длительные сроки - 25-30 дн. в сочетании с католитными клизмами.

Клизмы проводят один раз в сутки (лучше вечером) после обычной очистительной клизмы объемом 1,5 л слабого раствора марганцовки или фурацилина на обычной теплой ($35^\circ C$) кипяченой воде. Через 15-20 мин. проводят клизму с католитом указанной кондиции объемом 200-250 мл, экспозиция 30 мин. Клизмы назначают в течение 7-10 дн. до исчезновения слизи и крови в каловых массах. Долечивание проводят клизмами с масляными эмульсиями и ромашковым отваром в течение 15-20 дн. Авторы методики придают особое значение стимуляции сосудистого тонуса гладкой мускулатуры толстого кишечника “активированными ионами кальция и калия” в составе католита.

Лечение геморроя.

Лечение предусматривает два этапа.

На первом этапе: прием внутрь католита 0,2-0,3% раствора хлористого кальция с добавкой хлористого калия до 0,05-0,1% ($\text{pH} = 9,5 \pm 0,2$; $\text{ОВП} = (-500) \pm 50$ мВ, ХСЭ) по 100 мл 3 раза в день в течение 10 дн.

На втором этапе: прием того же католита по 50 мл 3 раза в день в течение 20 дн.

В дальнейшем с целью профилактики пьют католит 1-2 дн. в неделю в тех же дозах. Здесь также необходимо отметить ограничения суточных доз католита, которые составляли 3/4 - 1,5 стакана в день.

С целью санации воспалительных явлений в заднепроедной области делают примочки, микроклизмы и ванночки с анолитом раствора 0,2-0,3% хлористого кальция и 0,05-0,1% хлористого калия ($\text{pH} = 3,7 \pm 0,2$; $\text{ОВП} = 900 \pm 50$ мВ, ХСЭ) или с анолитом физиологического раствора хлорида натрия ($\text{pH} = 4 \pm 0,5$; $\text{ОВП} = 600 \pm 100$ мВ, ХСЭ). Примочки делают 4-6 раз в день по 15 мин., сидячие ванночки по 15 мин. 2-3 раза в день, микроклизмы объемом 30-40 мл после акта дефекации с экспозицией 15-20 мин. Во всех случаях продолжительность эффективного терапевтического контакта анолита со слизистой прямой кишки и с перианальными кожными покровами составила 1/4 - 1/3 ч.

После анолитных процедур (примочки, ванночки, клизмы) рекомендуются сидячие ванночки с католитом раствора 0,2-0,3% хлористого кальция и 0,05-0,1% хлористого калия ($\text{pH} = 8 \pm 0,5$; $\text{ОВП} = (-400) \pm 50$ мВ, ХСЭ). В отдельных случаях католитные ванночки могут спровоцировать усиление болей, кровянистые выделения и образование трещин кожи и слизистых. Поэтому применение католита в подобных случаях начинают осторожно с кратковременных примочек. При отрицательной реакции на католит ограничиваются применением только анолита.

Общеукрепляющий курс питья католита при переутомлении, при астенических состояниях, а также для ослабленных больных.

Лицам, систематически подвергающимся физическим перегрузкам, переутомлению рекомендуется прием внутрь католита раствора 0,2-0,3% хлористого кальция и 0,05-0,1% хлористого калия ($\text{pH} = 9,0 \pm 1,0$; $\text{ОВП} = (-450) \pm 100$ мВ, ХСЭ по 50-70 мл 3 раза в день в течение 25-30 дней (не более). Далее перерыв в течение 2-3 мес. с последующим повторением курса в зависимости от показаний.

При хроническом бруцеллезе, бронхите, парадонтите, гингивите, стоматите, жирной себорее кожи, аллергических дерматитах, псориазе и больным с абсцессами назначается курс питья католита физиологического раствора хлорида натрия или хлорида калия ($\text{pH} = 9,0 \pm 0,4$; $\text{ОВП} = (-400) \pm 50$ мВ, ХСЭ) по 70 мл 3 раза в день. Продолжительность курса 14-28 дн. При трофических язвах различной этиологии тот же католит пьют 80-100 мл 3 раза в день в течение 20-28 дн. Таким образом, прием внутрь католита минерализованных сред в объеме 1 - 1,5 стакана в сутки в течение месяца является, по-видимому, эмпирическим пределом.

Применение ЭХА-растворов для местной терапии.

ЭХА-растворы используют для санации кожи при воспалениях и нарушениях трофики), для обработки воспаленных и эрозированных слизистых, трофических язв, инфицированных ран, абсцессов. Общий принцип применения ЭХА-растворов для местной терапии основан на двухэтапном использовании анолита, в качестве антисептика, и католита, в качестве биостимулятора. При этом аппликации, промывания, спринцевания с анолитом и католитом проводят или последовательно в течение одного сеанса или в два этапа: сначала в течение нескольких дней только анолит, далее в течение нескольких дней только католит. В течение суток примочки с ЭХА-растворами, промывания, ванночки или спринцевания повторяются 2-4 раза.

Анолит отличается от обычных антисептиков (марганцовка, фурацилин и т.д.) способностью производить окислительную детоксикацию. Католит в качестве электронодонорной среды не имеет прямых аналогов. По механизму действия наиболее близки к католиту масляные эмульсии, витаминизированные среды и смягчающие кремы.

В медицинском центре ташкентской фирмы "Эсперо" для лечения местных воспалительных процессов кожи, слизистых оболочек, инфицированных эрозий, язв, ран, абсцессов *аппликационную терапию всегда начинают с применения анолита.*

Обработку воспалившихся участков кожи (например, при обильной угревой сыпи), полоскание полости рта при стоматитах, гингивитах и парадонтитах сначала проводят анолитом физиологического раствора хлорида натрия ($\text{pH} = 4,0 \pm 0,5$; $\text{ОВП} = 600 \pm 100$ мВ, ХСЭ). Продолжительность воздействия анолитом на кожу до 20 мин., на слизистую ротовой полости - не более 5 мин. После обработки слизистых оболочек анолитом проводят их обработку с помощью католита ($\text{pH} = 9,5 \pm 0,4$; $\text{ОВП} = (-400) \pm 50$ мВ, ХСЭ) в течение 5-10 мин. Полоскание рта католитом после воздействия анолита *обязательно*, поскольку анолит, будучи сильным окислителем, может повредить зубную эмаль.

Кожу после воздействия анолитом обрабатывают католитом физиологического раствора хлорида натрия ($\text{pH} = 11,2 \pm 0,2$; $\text{ОВП} = (-800$ мВ, ХСЭ). Продолжительность аппликаций с католитом 15-20 мин. Для лечения жирной себореи, осложненной угревой сыпью, в связи с накоплением натрия в клетках эпидермиса делают продолжительные аппликации с католитом 0,9% раствора КСl ($\text{pH} = 11,2 \pm 0,2$; $\text{ОВП} = (-800) \pm 50$ мВ, ХСЭ).

При хронических бронхитах производятся ингаляции аэрозолем анолита тех же характеристик продолжительностью до 30 мин. Далее переходят к ингаляциям аэрозоля католита ($9,0 \pm 0,4$; $\text{ОВП} = (-400) \pm 50$ мВ, ХСЭ).

Для влагалищных спринцеваний при неспецифических кольпитах, эрозиях шейки матки, эндоцервицитах используют анолит физиологического раствора хлорида натрия ($\text{pH} = 2,2 \pm 0,2$; $\text{ОВП} = 1050 \pm 50$ мВ, ХСЭ) Продолжительность спринцеваний 4-5 мин. Затем проводят спринцевания католитом физиологического раствора хлорида натрия ($\text{pH} = 9,5 \pm 0,4$; $\text{ОВП} = (-400) \pm 50$ мВ, ХСЭ). Продолжительность спринцеваний католитом до 10 мин.

Анолит физиологического раствора хлорида натрия ($\text{pH} = 2,2 \pm 0,2$; $\text{ОВП} = 1050 \pm 50$ мВ, ХСЭ) применяется для аппликаций на кожу при дерматомикозах и при псориазе (продолжительность воздействия на кожу 20-30 мин.). После этого проводят аппликации с католитом физиологического раствора хлорида натрия ($\text{pH} = 11,0 \pm 0,5$; $\text{ОВП} = (-750) \pm 50$ мВ, ХСЭ). Продолжительность аппликаций с католитом до 30 мин.

Анолит гипертонического раствора хлорида натрия (минерализация 15 г/л; $\text{pH} = 2,1 \pm 0,2$; $\text{ОВП} = 1070 \pm 50$ мВ, ХСЭ) используется на первом этапе лечения для промывания инфицированных ран и абсцидирующих полостей. Продолжительность обработки около 20 мин. После этого в абсцидирующие полости и в гнойные раны закладывают тампон с тем же анолитом на 6-8 ч. Обработка ран и абсцессов анолитом продолжается несколько дней до очищения раневого дефекта от гнойно-некротических масс. Во второй фазе раневого процесса раны и абсцидирующие полости обрабатывают католитом физиологического раствора хлорида натрия ($\text{pH} = 10,5 \pm 0,5$; $\text{ОВП} = (-750) \pm 100$ мВ, ХСЭ). Производят промывание католитом гранулирующих поверхностей в течение 20 мин. с последующими католитными аппликациями до суток. В этом случае заживающая раневая поверхность длительное время находится под действием электронодонорной среды.

Обработка зоны раневого воспаления католитом *противопоказана* до тех пор, пока сохраняется угроза активации микрофлоры. По этой причине не при каких условиях нельзя обрабатывать католитом область рожистого воспаления, поскольку в этом случае латентная инфекция в большой вероятностью сохраняется на всех этапах патологического процесса. Инверсия последовательности применения анолита и католита при лечении воспалений также не допускается.

Трофические язвы венозной этиологии промывают анолитом гипертонического раствора хлорида натрия ($pH = 2,1 \pm 0,2$; ОВП = 1070 ± 50 мВ,ХСЭ) в течение 3-5 мин., а затем переходят к продолжительным аппликациям с католитом физиологического раствора хлорида натрия ($pH = 10,5 \pm 0,5$; ОВП = $(-750) \pm 100$ мВ,ХСЭ). В данном случае кратковременность промывания анолитом связана с тем, что при язвах венозной этиологии количество гнойно-некротического детрита на язвенной поверхности незначительно.

Трофические язвы при диабете содержат значительные количества гнойно-некротических масс. Поэтому такие язвы лечат ЭХА-растворами как инфицированные раны: на первом этапе лечения обработка только анолитом, а далее (после отторжения некротических масс) аппликации или ванночки с католитом.

С нашей точки зрения местное лечение трофических язв ЭХА-растворами малоперспективно, если не устранена основная этиологическая или патогенетическая причина заболевания. Первоначальный быстрый успех от применения ЭХА-растворов сменяется рецидивом. Однако санация трофических язв ЭХА-растворов полезна при подготовке больного к операции (при восстановлении венозного кровообращения) или на фоне антидиабетической терапии (в том числе на фоне питья католита).

По данным медицинского центра фирмы "Эсперо" анолит питьевой воды ($pH = 2,2 \pm 0,2$; ОВП = 1050 ± 50 мВ,ХСЭ) используется для компрессов на область воспаленных сухожилий. Продолжительность компрессов 3 ч. В этом случае аппликации с католитом не применяются.

8.3. Экспериментальное исследование лечебного применения анолита нейтрального, синтезированного на установках СТЭЛ.

В инфицированной ране на первом этапе раневого процесса присутствуют явления воспаления, тканевого распада, очищения раны и отторжения нежизнеспособных тканей на фоне местной гипоксии, ацидоза и ряда других процессов, характеризующих преобладание местного катаболизма. При этом в макрофагах во время фагоцитоза образуются активные электроноакцепторные соединения микроэлементов брома, йода и гипохлорит натрия и калия. (154) Извращение раневого процесса (например, подавление активности протеолитических ферментов за счет ацидоза, незавершенный фагоцитоз, несбалансированный рост грануляций и т.д.) связан с нарушениями электронного равновесия в раневой среде, которое в случае осложнений нуждается в терапевтической коррекции. (155)

В первой фазе раневого процесса с целью ускорения очищения раневого ложа от гнойно-некротических масс оправданно применение сильных окислителей - в том числе перекиси водорода, гипохлорита натрия. На стадии формирования грануляционной ткани целесообразно использование антиоксидантов, гипоксических смесей с управляемой абактериальной средой, низкоинтенсивного инфракрасного лазерного излучения для стимуляции антиперекисных ферментов.

Таким образом, с позиций общетеоретических представлений о течение раневого процесса в первой фазе раневого процесса оправдано применение электроноакцепторных ЭХА-растворов, во второй фазе - электронодонорных. Многие клиницисты считают, что

сокращение продолжительности второй фазы раневого процесса не является самоцелью. Стимуляция развития грануляций нужна только тогда, когда этот процесс нарушен, но не в тех случаях, когда грануляции заведомо нормальны. Поэтому вопрос о целесообразности обработки раневой поверхности католитом может быть исследован только на адекватных экспериментальных моделях. Что касается обработки инфицированной раны анолитом в первой фазе раневого процесса, то показания к такой терапии очевидны. В январе-мае 1993 г. в Центральном институте травматологии и ортопедии (Москва) проходило экспериментальное изучение терапевтической эффективности в первой фазе раневого процесса растворов анолита, синтезированных на установке СТЭЛ. (156)

Эксперименты проводились на взрослых беспородных крысах. Животным под наркозом наносилась стандартная кожно-мышечная рана в области спины размером $2,0 \times 1,5$ см с последующим заражением суточной культурой золотистого стафилококка. В первой группе животных (20 крыс) раневая поверхность обрабатывалась методом аппликаций АН на основе изотонического раствора хлорида натрия ($\text{pH} = 6,5$; ОВП = 800 мВ, ХСЭ; $C_{\text{ок}} = 70$ мг/л). Во второй группе (6 крыс) раневая поверхность обрабатывалась с помощью аппликаций раствором А изотонического раствора хлорида натрия ($\text{pH} = 4,0$; ОВП = 900 мВ, ХСЭ; $C_{\text{ок}} = 70$ мг/л). В третьей группе (10 крыс) поверхность раны обрабатывалась с помощью аппликаций с раствором хлоргексидина 1:400. В четвертой (контрольной) группе (6 крыс) раневая поверхность обрабатывалась аппликациями с физиологическим раствором. Продолжительность аппликаций 30 мин. 1 раз в день.

Получены следующие результаты.

У животных первой группы ни в одном случае не наблюдался рост микробов в ране через 3,6 и 24 ч после аппликации. При 3-кратной обработке раневого дефекта АН рана покрывалась чистым струпом, который возникал уже на 2 сутки. Ни у одного животного данной группы нагноения не было отмечено.

У крыс 2 группы через 3 ч. от начала воздействия рост микроорганизмов в ране отсутствовал, через 6ч. - незначительный бактериальный рост отмечен у 2 крыс, а через 24 ч. он наблюдался уже у 5 крыс. При обработке раны А при точном воспроизведении манипуляций, как и при работе с АН, раневая поверхность покрывалась темно-бордовым струпом на 2-3 дн. В процессе образования струпа рана заполнялась рыхлыми, обильно кровоточащими, разрастающимися грануляциями со значительным количеством серозного отделяемого.

При обработке инфицированной раны раствором хлоргексидина у животных 3 группы через 3 ч. отмечен рост микробов в ране у 6 крыс из 10, через 6 и 24 ч. - уже у всех 10 крыс. Признаки нагноения в ране: пленки серо-зеленого цвета, отечность по краям раны, вялость животных. В 3 группе 3 крысы погибли от различных раневых осложнений.

В контрольной группе во всех случаях на следующие сутки после операции отмечались признаки интенсивного гнойного процесса в ране, далее наступала гибель животных от раневой инфекции.

При обработке инфицированных ран у подопытных крыс раствором гипохлорита натрия, полученного на установке ЭДО, могут возникать пышные, сильно васкуляризированные грануляции, что свидетельствует о некотором раздражающем действии этого лечебного раствора. (157)

Раствор гипохлорита натрия в электролизерах бездиафрагменного типа синтезируется из физиологического раствора хлорида натрия, концентрация гипохлорита в растворе достигает 600-1000 мг/л. АН, полученный на установке СТЭЛ и использованный в данном эксперименте имел значение $C_{\text{ок}} = 70$ мг/л. Такое же значение $C_{\text{ок}}$ было в

растворе А, полученном на установке СТЭЛ. По-видимому преимущество АН относительно указанных здесь растворов гипохлорита и А, определяется следующими моментами:

спецификой спектра сильных окислителей и особенностями диссоциации хлорноватистой кислоты в среде АН ;

высокой проникающей способностью кислород содержащих сильных окислителей в составе АН ;

относительно низкой концентрацией сильных окислителей с повышенной токсичностью, в частности молекулярного и атомарного хлора ;

нейтральными значениями рН, близкими к рН раневого содержимого ;

высоким окислительным потенциалом.

При этих условиях АН совместим с жидкими белковыми средами и не вызывает грубой коагуляции белковых коллоидов. Высокие моющие свойства АН способствуют отторжению из раны омертвевших тканей.

ЭХА-растворы уже используются в ветеринарной практике, в частности для лечения инфицированных язв, возникающих у девятипоясных броненосцев в условиях вивария. Партия этих экзотических животных (88 голов) была поставлена в 1979-85 г.г. из США на противолепрозную станцию в районе Астрахани в рамках программы “Иммунология лепры”. Броненосцы использовались для экспериментального моделирования лепрозных поражений. Однако при содержании в неволе у них образовывались локальные язвы на панцире, на лапах и на хвосте. Язвы были инфицированы вульгарной бактериальной и грибковой микрофлорой. Лечение этих язв обычными антисептиками оказалось малоэффективным. После промывания язв раствором А с последующими примочками с католитом (рН = 12 ; ОВП = (-600) мВ, ХСЭ, продолжительность примочек по 20 мин.) язвы быстро очищались и заживали в короткие сроки с полной регенерацией соединительно-тканых, костных и хитиновых элементов. Таким образом, проблема оздоровления ценных подопытных животных была решена полностью. (158)

ЭХА-растворы использовались также для санации нейротрофических поражений у больных лепрой (159) Лепрозные язвы и свищевые ходы обрабатывались попеременно изотоническими растворами А (рН = 2 ; ОВП = 1100 мВ, ХСЭ) и К (рН = 12 ; ОВП = (-370) мВ, ХСЭ). В результате воспалительные явления стихали и заживление лепрозного дефекта происходило в среднем за 35,5 сут. Разумеется, это нельзя считать “излечением от проказы”, так как вероятны последующие рецидивы. Но состояние лепрозных больных после местного применения ЭХА-растворов существенно улучшалось.

8.4. Сравнительный анализ различных направлений лечебного применения ЭХА-растворов.

Как следует из доступных литературных источников в настоящее время существуют два способа получения ЭХА-растворов для внутреннего применения: катодная обработка низкоминерализованной питьевой воды (12) и униполярная анодная или катодная обработка водно-солевых растворов минерализацией от 0,2 - 0,3 г/л до 9 г/л (153). В первом случае больным различными хроническими заболеваниями рекомендовано питье “щелочной ионизированной воды” (то есть католита) практически без ограничений по объему и продолжительности курса. Во втором случае прием ЭХА-растворов внутри строго дозирован. Различные электролизеры в зависимости от их конструкции пригодны для обработки воды только с определенным уровнем минерализации. Так, если расстояние между электродами велико, а содержание в воде солей незначительно, то электрическая цепь в реакторе не будет замкнута и электролиз не пойдет или пойдет

очень медленно. Для ускорения процесса получения ЭХА-воды ее обычно подсаживают, что дает возможность увеличить ток, проходящий через анодную и катодную камеры.

Основным условием ЭХА является режим униполярной обработки. При этом интенсивность ЭХА воды (H₂O) определяется участием в процессах электролиза *самой воды*, а не присутствующих в ней минеральных компонент. Показателем условий электрохимической обработки и активации воды является предложенный Е.А.Репетиным коэффициент электрохимического преобразования (K_{эп}), который позволяет оценить интенсивность (глубину) электрохимических преобразований водной среды в зависимости от минерализации и определяется выражением:

$$K_{эп} = I \cdot Q^{-1} \cdot C^{-1} \cdot F^{-1} \quad (15)$$

где I - сила тока, А; Q - объемная скорость протекания воды через электрохимический реактор, л/с ; C - исходная минерализация воды, моль/л ; F - число Фарадея, приблизительно равное 96500 Кл/моль.

Для электролизеров статического типа K_{эп} определяется выражением:

$$K_{эп} = I \cdot t \cdot V^{-1} \cdot C^{-1} \cdot F^{-1} \quad (16)$$

где t - продолжительность электрохимической обработки, с; V - объем электродных камер электролизера (анодной или катодной), л; прочие обозначения см. формулу (15).

Из формулы (15) следует, что, при прочих равных, K_{эп} возрастает обратно пропорционально C. В случае электрохимической обработки с минерализацией менее 0,2 г/л роль структурных аномалий собственно воды и неустойчивых суперактивных ионов, молекул и свободных радикалов существенно преобладает по показателям физиологической активности над факторами стабильных продуктов электрохимического превращения. По мере увеличения параметра C физиологическая значимость метастабильных характеристик ЭХА-растворов заметно снижается и возрастает значимость стабильных продуктов электролиза.

Японская вода с незначительным содержанием солей пригодна для получения анолита и католита, являющихся активированными по признакам метастабильности. Но она обладает низкой электропроводностью, что не позволяет достигнуть высоких значений тока в электролизерах с большим расстоянием между электродами.

Японские установки для производства “ионизированной воды” имеют значительное межэлектродное пространство, в котором электролиз проходит при низкой напряженности электрического поля (порядка 10²-10³ В/см). В этом случае активация водной среды ограничена в ту меру, в какую ограничена величина удельного расхода электричества, затраченного на процесс электрохимической обработки. При увеличении времени электролиза удельный расход электричества, на единицу объема обработанной воды теоретически может быть сколь угодно большим. Соответственно, в водной среде с низкой и даже сверхнизкой минерализацией могут быть достигнуты экстремальные значения рН и ОВП. Такие же значения рН и ОВП достигаются при электрохимической обработке воды при большем значении тока, но за меньшее время.

Свойства ЭХА-растворов с равными показателями рН и ОВП при значительных различиях степени их минерализации трудно сопоставимы. Поэтому дозы и продолжительность курса питья японской деминерализованной “щелочной воды” нельзя сравнивать с терапевтической схемой приема внутрь ЭХА-растворов с высокой минерализацией, получаемых на ташкентских электроактиваторах “Эсперо”.

Минерализованная вода объемом V л, статическим или протекающим в единицу времени, при уровне минерализации C моль/л содержит массу минеральных соединений (M), равную V·C . Если во всем объеме раствора содержится 1 моль солей (например, хлорида натрия), то для полного электролиза этой минеральной компоненты необходим

расход 96500 Кл электричества. Для полного электролиза массы M минеральных соединений в произвольном объеме воды необходимо количество электричества, равное $96500 \cdot M$ Кл, что соответствует $96500 \cdot C$ Кл/л. Например, физиологический раствор хлорида натрия имеет уровень минерализации 0,15 моль/л. Для полного электролиза солей в составе физиологического раствора требуется расход электричества 14475 Кл/л. Аналогичный расчет показывает, что для полного электролиза солей в питьевой воде минерализацией (0,2-0,3 г/л, что эквивалентно 0,0025-0,005 моль/л) требуется расход электричества приблизительно 250-500 Кл/л. Для полного электролиза минеральных компонент, присутствующих в деминерализованной воде в концентрации $2 \cdot 10^{-4}$ моль/л ($\chi = 25 \text{ мкСм} \cdot \text{см}^{-1}$), требуется расход электричества около 20 Кл/л.

Если при электрохимической обработке водно-солевой среды удельный расход электричества ($I : Q = q$ Кл/л или $I \cdot t : V = q$ Кл/л) меньше расчетной величины $96500 \cdot C$ Кл/л или, соответственно, $96500 \cdot M$, то $K_{\text{эл}} < 1,0$. Это указывает на относительно малую вовлеченность молекул (растворителя) воды в процесс электролиза, поскольку количество молей электрохимически преобразованных веществ в каждом литре воды, прошедшей обработку в реакторе, меньше количества молей электролитов в том же объеме исходной воды. В электролизерах проточного типа величина q может быть изменена или увеличением I за счет повышения напряжения тока или регулируемые изменениями Q . В электролизерах статического типа величина q легко регулируется изменением времени работы электрохимического устройства. Таким образом, существующие технические средства в принципе способны обеспечить режим электрохимической обработки, при котором $K_{\text{эл}} > 1,0$. В этом случае количество молей электрохимически модифицированных веществ превышает количество молей растворенных в воде электролитов, что указывает на высокую степень вовлеченности молекул самой воды в процесс электрохимического разложения.

Медицинский центр ташкентской фирмы “Эсперо” использует для лечебных целей католит водно-солевых растворов высокой минерализации, для которых по условию $K_{\text{эл}} < 1,0$. Японская фирма Ionica Co, Ltd рекомендует для оздоровительного питья католит ультрапресной питьевой воды, полученный в режиме электрохимической обработки, при котором вероятны значения $K_{\text{эл}} > 1,0$. Следовательно, японская “ионизированная вода” лучше соответствует определению ЭХА воды. Значения рН японского католита питьевой воды (рН = 10,5) и ташкентского католита физиологического раствора (рН = $10 \pm 0,6$), предназначенного для восстановительной терапии (например, при язве желудка и 12-перстной кишки), почти совпадают. Однако рекомендуемые дозы для этих разновидностей католита существенно различны, что, по-видимому, связано с их физико-химическими и фармакологическими особенностями.

Для сравнения биологической активности католита физиологического раствора хлорида натрия и воды, приближающейся по минерализации к дистиллированной, проводили тестирование указанных ЭХА-сред по показателю подвижности размороженных сперматозоидов. Ниже приводим описание этого эксперимента.

Элемент ПЭМ со специальным защитным покрытием рабочих камер подключали к источнику тока Б5-47. В катодную камеру с помощью перфузионного насоса подавали тестируемую водную среду в режиме протекания со скоростью 40 мл/мин или 0,00067 л/с. В анодную камеру в капельном режиме (1 кап/с) подавали компенсирующий 0,3% раствор хлорида натрия. В качестве тестируемых сред использовали дистиллированную воду и физиологический раствор хлорида натрия.

В контрольных экспериментах подачу водных сред в катодную камеру ПЭМ осуществляли при выключенном токе. В основных экспериментах дистиллированную воду или физиологический раствор хлорида натрия обрабатывали в катодной камере током силой 0,03 А. Контрольные и основные пробы на выходе катодной камеры ПЭМ исследовали по показателям рН, ОВП, χ и интегральной подвижности клеточного тест-объекта (I_s). Полученные результаты представлены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Биологическая активность образцов католита водных сред с различными значениями $K_{эп}$.

Тестируемые пробы	χ мСм·см ⁻¹	q Кл/л	$K_{эп}$	рН	ОВП мВ,ХСЭ	I_s %
Дистиллированная вода, контроль	0,01	0	0	5,1	250	96
Физиологический раствор, контроль	17,0	0	0	5,5	310	98
Католит дистиллированной воды	0,025	45	2,3	10,0	-180	110
Католит физиологического раствора	17,0	45	0,003	8,1	-100	95

Примечание: повышение электропроводности католита дистиллированной воды, по-видимому, связано с электроосмотическим переносом катионов из анодной камеры.

В разделе 4.2 было показано, что увеличение удельного расхода электричества при катодной обработке водных сред до 90 Кл/л создает в них условия, несовместимые с подвижностью размороженных сперматозоидов. В данном эксперименте катодная обработка водных сред проводилась при удельном расходе электричества 45 Кл/л, что создает оптимальные условия для подвижности жгутиковых клеток. Католит дистиллированной воды, полученный на элементе ПЭМ, стимулирует подвижность размороженных сперматозоидов приблизительно на 15% относительно исходной дистиллированной воды, исходного физиологического раствора и католита физиологического раствора. Такой католит по минерализации и характеристикам рН близок к “щелочной ионизированной воде”, вырабатываемой электролизерами фирмы Ionica Co, Ltd. Однако необходимо учитывать, что физические условия в работающем элементе ПЭМ кардинально отличаются от условий электрохимической обработки воды в электролизере статического типа, поэтому в данном случае для корректного анализа необходимы параллельные исследования на натуральных образцах сравниваемых устройств.

ЭХА-растворы в зависимости от уровня минерализации исходной воды характеризуются различными соотношениями факторов активности, условно показанными в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Соотношение факторов активности ЭХА-воды в зависимости от минерализации

Тип воды	Минерализация г/л	Соотношение факторов электроактивации при $K_{эп} = 1$
Ультрапресная	< 0,3	$\Phi_3 > \Phi_2 > \Phi_1$
Пресная	0,3 - 1,0	$\Phi_3 \geq \Phi_2 > \Phi_1$
Слабосоленоватая	1,0 - 3,0	$\Phi_3 = \Phi_2 \geq \Phi_1$
Солоноватая	3,0 - 10,0	$\Phi_3 < \Phi_2 \leq \Phi_1$
Соленая	> 10	$\Phi_3 \ll \Phi_2 \ll \Phi_1$

Факторы Φ_1, Φ_2, Φ_3 , обозначенные в табл. 8.2, соответствуют: Φ_1 - устойчивые химические соединения ЭХА-растворов (кислоты в анолите, щелочи в католите); Φ_2 - неустойчивые (метастабильные) высокоактивные частицы; Φ_3 - структурные аномалии растворителя (воды).

В соответствии с логикой табл. 8.2 активность электрохимически обработанных растворов соленой и солоноватой воды определяется в наибольшей степени стабильными продуктами электролиза и в наименьшей степени - факторами активации собственно воды. По мере снижения минерализации в ЭХА-средах возрастает роль метастабильных высокоактивных частиц и структурной перестройки молекул воды.

Увеличение $K_{эп}$ способствует усилению активности факторов Φ_3 .

Медицинский центр фирмы “Эсперо” использовал для местной терапии (промывания, аппликации) анолит и католит соленой и солоноватой воды, а для приема внутрь - анолит и католит пресной, слабосоленой и солоноватой воды. При этом для растворов повышенной минерализации (до 9 г/л) объемы лечебных доз анолита и католита, предназначенных для питья, были существенно ограничены. По рекомендациям фирмы “Эсперо” для проведения курса общеукрепляющей терапии применялся католит пресной воды с содержанием солей около 0,3 г/л не более 210 мл в день в течение месяца. По-видимому, католит ультрапресной воды, получаемый в электролизере японской фирмы Ionica, отличается от католита пресной воды большей глубиной структурных модификаций собственно воды, что соответствует энергетической неравновесности водной среды без существенных химических превращений. Это обстоятельство снижает фармакологический риск и позволяет принимать католит ультрапресной воды внутрь продолжительное время в дозах, соизмеримых с суточным объемом обычной питьевой воды. Реальная степень активации воды в установке фирмы Ionica может быть установлена только в процессе медико-технических испытаний.

Российский ГОСТ 2874-82 (“Вода питьевая”) ограничивает верхнее значение рН воды величиной 9,0. Поэтому полная замена питьевой воды католитом ультрапресной воды с $pH > 9,0$ в условиях России юридически необоснована. Технология униполярной

электрохимической обработки питьевой воды с помощью элементов ПЭМ дает возможность получения больших объемов ЭХА-воды в широком диапазоне значений минерализации, удельного расхода электричества и коэффициента электрохимической проработки с заданными показателями рН, ОВП, а также совместимости к биологическими объектами. На этой основе предстоит разработка отдельных стратегий лечебного применения ЭХА-сред с учетом характеристик минерализации, S_{ox} (для анолита), рН, ОВП, q , $K_{эп}$, показателей элементного состава и степени релаксации активированного раствора. Воспроизводимость экспериментов с “живой” и “мертвой” водой зависит от правильности установки сочетаний 7 или 8 относительно независимых параметров, что требует соответствующего технического и лабораторного оснащения. Таким образом медико-биологические исследования в области ЭХА становятся самостоятельным научным направлением, которое должно развиваться в рамках общенациональной программы.

8.5. Ванны общие с католизом.

По данным фирмы “Эсперо” общие ванны с католизом оказывают на организм тонизирующее, укрепляющее и восстанавливающее действие. Продолжительность католизных ванн строго ограничена временем 6-7 мин. При погружении человека в ванну с католизом около 2/3 кожного кровотока осуществляется по участкам кожи, контактирующим с электронодонорной жидкой средой. При этом восстановительные значения ОВП передаются в кровь через кожные покровы.

Кровоток через участки кожи, контактирующие с католизом, составляет ориентировочно 0,3 л/мин. Общий кровоток в организме 5,5 л/мин. При этих условиях и при продолжительности ванны 7 мин. приблизительно 1/3 объема циркулирующей крови (около 1,5 - 2 л) подвергнется чрезкожной обработке раствором, заполняющим ванну. После разведения жидкой фракции обработанной крови в объеме водного сектора организма около 4% внутренних водных сред будут хранить “память” о чрезкожном действии католиза в ванне.

Объем общей ванны 200-250 л. Чтобы заполнить такую ванну за 7 мин. нужна установка производительностью 30-35 л/мин. или около 2 м³/ч. Такая производительность обеспечивается установками СТЭЛ соответствующего типоразмера. Итоговая температура ванн не менее 33°C. Частота проведения ванн с католизом - один раз в два-три дня. Курс лечения включает 10 ванн. При злоупотреблении католизными ваннами возможно общее ухудшение здоровья и нарушения деятельности сердца.

8.6. Применение ЭХА в экстремальной медицине.

Опыт последних лет показал, что в очагах массовых катастроф существует потребность в больших объемах очищенной питьевой воды, а также водных сред медицинского назначения. В основном традиционные технические средства водоочистки отличает ограниченная эффективность, малая экономичность, необходимость в дополнительных реагентах. Наилучшие из этих методов - обратный осмос и дистилляция - имеют низкую производительность и не позволяют получать воду с заданными характеристиками рН и ОВП. Электрохимические методы обработки питьевой воды и способы получения ЭХА-растворов санитарно-гигиенического назначения лишены указанных недостатков.

Малогабаритные установки “Изумруд” могут питаться от переносных источников тока и способны обеспечить получение большое количество кондиционированной воды биологически активной питьевой воды в полевых условиях.

ЭХА-растворы типа К, А, АН могут использоваться в экстремальной медицине для:

- детоксикации организма; антиоксидантного воздействия на организм (питье католита, параэнтеральное введение жидких сред, приготовленных на катодно обработанной деминерализованной воде и т.д.) ;
- детоксикации организма методом непрямого электрохимического окисления гидрофобных токсинов;
- безреагентного приготовления в полевых условиях большого количества моющих, дезинфицирующих и стерилизующих растворов;
- многократной отмывки диализаторов “искусственной почки” для повторного использования у одного и того же больного.

В перспективе электрохимические методы должны быть использованы для создания полевых моделей аппаратов гемодиализа с полной регенерацией диализного раствора в замкнутом контуре.

Особый интерес для экстремальной медицины представляют следующие свойства электрохимических активаторов: функциональный универсализм, малогабаритность, мобильность, экономичность, сравнительно низкое энергопотребление, возможность подключения к любым напорным источникам воды, энергопитание от передвижных источников тока, длительное функционирование без замены рабочих элементов, регулирование рН и ОВП водных сред в широком диапазоне.

При катастрофах типа Чернобыльской или Аральской, при которых в среде появляется множество лучевых факторов или сильных окислителей, активированный католит, обладающий электронодонорными свойствами, представляется уникальным средством противолучевой и противоокислительной защиты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ .

Патоморфологическая картина поражений жизненно-важных органов при хронических заболеваниях или при возрастной дегенерации разнообразна, но она содержит один общий элемент - ***нарушение стабильности клеточных мембран, их биологический износ.*** Универсальная роль в патогенезе мембранно-клеточных поражений принадлежит свободным радикалам, которые вызывают деструкцию биополимеров. (47, 48, 85) Содержание свободных радикалов в организме повышено в тканях с интенсивным метаболизмом, при облучении, при наличии очага злокачественного роста, при старении клеток, а также в случае стресса и перенапряжения. Повышение содержания свободных радикалов в организме сопровождается уменьшением общей противоокислительной активности, в частности, снижением антиоксидантной активности липидных комплексов. Молодые активно пролиферирующие регенерирующие ткани характеризуются высоким уровнем противоокислительной активности.

При введении в организм различных веществ, не образующихся в самом организме (в том числе лекарственных препаратов) , происходит образование реакционноспособных метаболитов, оказывающих токсическое действие в клетках. Это не побочная реакция в основном оксигенационном цикле, а необходимая стадия процесса окисления, сопровождающаяся образованием токсических реакционных метаболитов в форме свободных радикалов. Модификация макромолекул под действием свободных радикалов обуславливает ряд патогенетических эффектов: цитостатический, канцерогенный, мутагенный, аллергический, токсический, иммунодепрессивный. (160) В сущности, это и есть полная совокупность механизмов развития болезней внутренних органов, тканей и кожных покровов.

Некоторые вещества - ингибиторы свободнорадикальных процессов, не обладающие сами по себе противоокислительной активностью, способны увеличивать антиоксидантные свойства липидов и усиливают радиопротекторный эффект эндогенных антиоксидантов. Ингибиторы радикалов, экзогенные антиоксидантные препараты в оптимальных дозах восполняют дефицит эндогенных противоокислителей и уменьшают масштаб поражений, связанных со свободнорадикальными реакциями. Передозировка экзогенных ингибиторов радикалов приводит **к усилению** эффекта облучения. По-видимому, избыточные молекулы ингибиторы радикалов уязвимы для квантовых воздействий и сами становятся источником дополнительной радикализации. (85)

Данный момент представляется важным. В разделе 4.5 показано, что система противоокислительной защиты организма является многокомпонентной, хорошо детерминированной. При этом выпадение хотя бы одного элемента антиоксидантной защиты нарушает работу всей системы. Следовательно, противоокислительная терапия должна быть комбинированной и точно адресованной. Дозы антиоксидантов не могут быть произвольными. В организм должны поступать те конкретные антиоксидантные препараты, которые предназначены для восполнения дефицита определенных соединений, реально отсутствующих во внутренней среде. Так бесполезно насыщать организм токоферолом (витамином Е), если из антирадикальной биохимической цепочки выпал аскорбат. Равным образом бесполезно применять сверхдозы аскорбиновой кислоты или витаминов группы В, если в тканях имеется дефицит глутатиона и других SH-соединений. Если ОВП внутренних биологических сред выходит за пределы оптимального диапазона, то во всех случаях общая надежность антиоксидантной защиты организма будет низкой.

Попытка искусственного форсирования введения в организм экзогенных антиоксидантов легко может привести к парадоксальному отрицательному эффекту. В то же время регулирование общего окислительно-восстановительного фона тканевой среды способно вызвать генерализованный эффект и оказать синхронное воздействие на все химические звенья антирадикальной цепи.

Низкий, но постоянный уровень токсических липоперекисей в интактных тканях животных составляет 10^{-9} - 10^{-8} моль/мг в составе липидных фракций различных органов. В норме по содержанию липоперекисей на первом месте головной мозг и нервная ткань (нервы, сетчатка), далее (из числа изученных) в убывающем порядке - печень, сальник, селезенка, мышцы. При дыхании чистым кислородом, при физическом утомлении и при раздражении коэффициент кратности увеличения содержания липоперекисей относительно исходного уровня, принятого за 1,0, в тканях печени в целом и в митохондриях гепатоцитов достигает $10 \pm 0,5$, в нервах, сетчатке, мышцах, сальнике - 3 ± 1 . Существует хорошо выраженная положительная коррелятивная связь уровня продуктов перекисного окисления с интенсивностью тканевых процессов катаболизма и деградации. Напротив, преобладание анаболизма и процессов восстановления тканевых структур сопровождается усилением фона противоокислительной активности. (47,48)

Следовательно, свободные радикалы с достаточным основанием претендуют на роль медиаторов повреждения в патогенезе молекулярной патологии. Продукты ПОЛ сопровождают всякую стресс-реакцию и являются неспецифическим компонентом общего адаптационного синдрома Селье. (161) В фазе стрессовой тревоги (alarm) происходит активация ПОЛ, в фазе адаптации преобладает ингибирование ПОЛ, при развитии стрессового истощения (exhaustion) вновь происходит активация ПОЛ. В эксперименте на крысах показано, что эмоционально болевой стресс (ЭБС) активирует ПОЛ в тканях головного мозга, в частности в зонах синапсов. При кратковременном ЭБС

изменения системы антиоксидантной защиты достаточны для нормализации уровня продуктов ПОЛ. При длительном ЭБС, приводящем к невротизации животных, повышенный уровень содержания продуктов ПОЛ в головном мозге сохраняется в отдаленные сроки, особенно в области синапсов. (162)

Активация процессов ПОЛ нарушает структуру и функции клеточных мембран, изменяя степень гидрофильности и вязкости мембранных липопротеидов, а также степень олигомеризации мембранных белков и характер их взаимодействия с липидами. Одно из следствий активации ПОЛ - изменение условий функционирования рецепторных и синаптических комплексов и нарушение качества передачи нервных импульсов. Снижение электронодонорных свойств клеточных мембран, в результате действия продуктов ПОЛ, уменьшает их способность нести отрицательный электрический заряд, необходимый для правильного контактного взаимодействия клеток.

Очевидно, что при самой спокойной, размеренной и обеспеченной жизни взрослый человек вынужден в течение дня утилизировать не менее 3000 пищевых килокалорий и поглощать 200-250 мл кислорода в минуту. При этом в организме неизбежно происходит образование липоперекисей и других агентов радикального окисления. Свободные радикалы также поступают во внутреннюю среду извне, и это обстоятельство усугубляется нарастанием уровня антропогенных загрязнений во внешней среде. Ориентировочный расчет показывает, что если в 1 мг клеточных липидов содержится в среднем 10^{-9} молей свободных радикалов (минимальный уровень радикального фона), то при общем содержании липидов в живых тканях порядка 10^3 мг/кг свободнорадикальный фон тканевой среды составит 10^{-6} моль/л. Такую концентрацию свободных радикалов нельзя считать пренебрежимо малой. Низкие концентрации свободных радикалов действуют на организм *непрерывно* и в соответствии с известным правилом “эффект = доза \times время” вызывает ультрамикроскопические структурные повреждения, которые отчасти необратимы по законам энтропии.

Таким образом, во внутренней среде организма существует субклинический токсический свободнорадикальный или перекисный фон, который дополняется естественными метаболическими токсинами и шлаками. Считается, что концентрации указанных токсических агентов не приводят к видимым физиологическим нарушениям, если они не выходят за пределы так называемой “нормы”. Однако хорошо известно, что эпизодические сеансы детоксикации у практически здоровых людей (потогонные процедуры, очистительные клизмы, энтеросорбенты) приводят к улучшению физической формы. Это доказывает реальность субклинического самоотравления организма при формально хорошем общем состоянии. Энтеросорбенты, предназначенные для связывания кишечных токсинов, всегда указываются в списках геропротективных факторов наряду с антиоксидантами, витаминами, некоторыми микроэлементами, а также *факторами связывания тяжелых металлов*. (163) Катодная активация питьевой воды создает в организме *электронодонорный противooksидлительный фон, усиливает действие эндогенных и экзогенных антиоксидантов*. Электрохимическая очистка воды снижает ее токсичность по содержанию *тяжелых металлов* в сотни раз. Таким образом, *потребление катодно активированной (католита) при соблюдении необходимых мер фармакологической и токсикологической предосторожности решает значительную часть задач по защите организма от аутоинтоксикации и экзогенной интоксикации с участием агентов электроноакцепторного действия*.

Электроактивированная вода обладает высокой способностью проникать через биологические барьеры и за счет этого усиливает вымывание из организма токсических продуктов. Длительно существующие электронно-неравновесные состояния жидких сред встречаются в природе достаточно часто. Это относится ко многим напиткам,

характеризующимся регрессией ОВП порядка 100-400 мВ (виноградный и томатный сок, хлебный квас, легкие виноградные вина, пиво, тонизирующие и витаминизированные напитки) (см. табл. 3.1). Обычная (неактивированная) питьевая вода, в том числе бутилированная родниковая вода с ОВП = 250-350 мВ, ХСЭ находится в электроно равновесном состоянии (регрессия ОВП отсутствует). Минерализованные воды типа “Нарзан”, “Ессентуки” (в бутылках) имеет небольшую регрессию ОВП 20 - 60 мВ. Однако образец свежей марциальной воды после суток хранения имел регрессию ОВП, равную 169 мВ. Предполагается, что родниковые воды непосредственно у выхода на поверхность также активированы и характеризуются сдвигом ОВП в сторону электронодонорных значений (см. раздел 4.11).

Все указанные здесь напитки, характеризующиеся регрессией ОВП, а также свежая родниковая вода, обладают очевидным оздоравливающим действием. Это относится и к легким спиртным напиткам, употребляемых в дозах, исключающих существенное опьянения или патологическое привыкание. Известно, что в США благодаря культуре широкого применения фруктовых соков и тоников с относительной электронодонорной активностью резко уменьшилась частота злокачественных опухолей желудка. Но общая онкологическая смертность остается в США на высоком уровне, то есть по мере вытеснения рака желудка за счет *местной* противоокислительной защиты слизистой желудка напитками с антиоксидантными свойствами в организме под влиянием общих причин возникают другие очаги малигнизации. Можно надеяться, что дополнение арсенала антиоксидантных напитков катодно активированной водой, употребляемой для питья, для варки пищи и в технологиях приготовления фруктовых, овощных соков, тоников и лекарственных смесей, будет способствовать *генерализации* противоокислительного фона в организме, повышению стабильности его перекисного гомеостаза и увеличению сопротивляемости токсическому действию электроноакцепторных факторов (в том числе канцерогенов, мутагенов, радиомиметиков, иммунодепрессантов, ксенобиотиков и антиметаболитов).

Электронодонорные свойства воды, пищевых продуктов и лекарственных препаратов не являются “абсолютно полезными” в том смысле, что стратегия выживания и укрепления здоровья требует употребления только одних антиоксидантов и исключения окислителей. ЭХА-среды с электроноакцепторными свойствами и квантовые воздействия на организм могут быть использованы для окислительной детоксикации. Уникальность детоксицирующего действия анодно активированной воды в том, что она способствует окислительному гидроксигированию *гидрофобных токсинов*, которые после перехода в гидрофильную форму легко удаляются почками, потовыми железами, печенью и другими органами экскреции. Соответственно, курсы электронодонорной и электроноакцепторной терапии должны чередоваться в зависимости от медицинских показаний.

Действие факторов ЭХА на жидкие биологические среды создает в них определенные микроэкологические условия, влияющие на процессы размножения, роста, дифференцировки, миграции и функционирования клеток.

ЭХА-вода - отнюдь не панацея. Тем не менее, феномен ЭХА лежит в основе суммы технологий направленного регулирования гомеостаза внутренней среды организма на электронно-энергетическом уровне, что создает предпосылки изменения биохимического и биофизического статуса человека возможно впервые за все время его существования со времен древности.

Использование ЭХА-воды в качестве биологически активной системы представляется перспективным в качестве стимулятора восстановительных процессов в организме, регулятора метаболизма, средства детоксикации и предупреждения ряда заболеваний.

ЭХА-растворы применяются во многих лечебных, санитарно-гигиенических, биологических и промышленных технологиях. Сфера изучения и практического приложения ЭХА непрерывно расширяется.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

1. И.В.Давыдовский Проблемы причинности в медицине (этиология). Госиздат медицинской литературы. Москва. 1962. С. 48-53.
2. Ю.М.Сокольский Омагниченная вода: правда или вымысел. "Химия". Ленинград. 1990. С. 27-40.
3. И.Д.Зайцев, Э.И.Креч Применение и познание временно активированной воды. (ж) Химическая промышленность. 1989. №4. С.44-47.
4. Г.А.Крестов Основные понятия современной химии. Б.Д.Березин "Химия". Ленинград. 1983. С.24.
5. В.М.Бахир Электрохимактивация - новая техника, новые технологии. Об электрохимической активации и воде "живой" и "мертвой". Вып.1. ВНИИИМТ. Москва. 1990.
6. В.М.Бахир Электрохимактивация - новая техника, новые технологии. История и сущность. Вып.2. ВНИИИМТ. Москва. 1990.
7. В.М.Бахир Регулирование физико-химических свойств технологических водных растворов униполярным электрохимическим воздействием и опыт его практического применения. Дисс. к.т.н. Казань. 1985.
8. В.М.Латышев Неожиданная вода. Изобретатель и рационализатор. №2. 1981. С. 20-22.
9. В.М.Бахир Электрохимактивация - новая техника, новые технологии. Электрохимические реакторы РПЭ. Вып. 4. ВНИИИМТ. Москва. 1991.
10. В.М.Бахир Электрохимическая активация. Ч.1. ВНИИИМТ. Москва. 1992. С. 220-226.
11. Н.А.Лопаткин Эфферентные методы в медицине. Ю.М.Лопухин Медгиз. Москва. 1989. С. 320-338.
12. Информационный проспект фирмы Ionica Co, Ltd, 2577-8. ИККУ, Kochi City Kochi, 780. Japan.
13. Т.М.Lotts Redox Shock. Water quality association. 20 Annual convention and exhibition. March. 1994. Phoenix. Arisona. P.20.
14. А.Сент-Дьерьи Биозлектроника. "Мир". Москва.

1971. С. 11-13.
15. Г.В.Сумаруков Окислительное равновесие и радиочувствительность организмов. Атомиздат. Москва. 1970. С.4.
16. Л.Стайер Биохимия. "Мир". Москва. Т.2. 1985. С.72-74.
17. Ф.Б.Штрауб Биохимия. АН Венгрии. Будапешт. 1985. С.181.
18. БМЭ, изд.2, 1958, т.7. С.558.
19. Г.В.Сумаруков Цитированный источник. С. 6-7.
20. Г.В.Сумарков Там же. С. 34-36.
21. Г.В.Сумаруков Там же. С. 21-65.
22. Г.В.Сумаруков Там же. С.66-92.
23. Международный энциклопедический словарь (МЭС 891) "Электробиология".
24. Л.С.Лилич Окислительно-восстановительные и другие
М.К.Хрипун донорно-акцепторные реакции в растворах. ЛГУ. Ленинград. 1978. С.3.
25. Химия и жизнь. 1988. №5. С.41.
26. В кн. Новые методы дезинфекции и стерилизации в медицине. Дагомыс. 1991. С.2.
27. Химия и жизнь. 1988. №5. С.37.
28. Химия и жизнь. 1985. №7. С.67.
29. Ю.А.Фурманов Химия и жизнь. 1985. №7. С.66.
30. Т.В.Плешакова В кн. Всероссийская конференция
В.И.Прилуцкий "Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности". Тез. докл. Ч.2 ВНИИИМТ. Москва. 1994. С.5-7.
31. Т.Эрдеи-Груз Явления переноса в водных растворах. "Мир". Москва. 1976. С. 222-243, 516-577.
32. Г.В.Сумаруков Цитированный источник. С. 45-53.
33. И.Л.Герловин Основы единой теории всех взаимодействий в веществе. Энергоатомиздат. Ленинград. 1990.
34. В.М.Бахир Электрохимическая активация. Ч.1. ВНИИИМТ. Москва. 1992. С. 197-204.
35. R.Giller (Ed.) В кн. Circulation, respiration, and metabolism. Springer-Verlag. 1985. p. 443-444.
36. Е.А.Лужников Клиническая токсикология. "Медицина". Москва. 1982. с. 168, 205.
37. Г.В.Сумаруков Цитированный источник. С. 31-35.
38. А.с. СССР 1121905.

39. А.с. СССР 1121906.
40. P.S.Malchesky,
Т.Нориuchi,
М.Emura,
Y.Nose
Aggregation of macromoleculs
in therapeutics temperature effect
and membrane plasma filtration.
В кн. Flocculation in biotechnology
and separation system. Ed. Yaattia.
Amsterdamm. 1987. P. 481- 498.
41. А.П.Еськов
Р.И.Каюмов
Количественный экспресс-метод оценки
токсичности полимеров с использованием
клеточного тест-объекта. Методические
рекомендации. Минздрав СССР. 1987.
42. В.И.Прилуцкий
Р.И.Каюмов
А.П.Еськов
В кн. Всероссийская конференция
“Электрохимическая активация в
медицине, сельском хозяйстве,
промышленности”. Ч.2. Тез. докл.
НПО “Экран”, ВНИИИМТ, 1994. С.47-52.
43. В.В.Лукашов
В кн. Новые методы дезинфекции и
стерилизации в медицине. Дагомыс.
1991. С. 9-10.
44. И.И.Гительзон
И.А.Герсков
Эритрограммы как метод клинического
исследования крови. СО АН СССР.
Красноярск. 1959.
45. J.S.Grey
The multiple factor theory of respiration
regulation, AAF Scool of Aviation Med.
Randolf Field, Texas, Prodject 386, Rep.1,
May 7, 1945.
46. Отчет 72-59 ВНИИИМТ. 1972.
47. Ю.П.Козлов
Свободнорадикальное окисление липидов
на биомембранах в норме
и при патологии. В кн. Биоантиокислители
“Наука”. Москва. 1975. С. 5-14.
48. А.И.Журавлев
Биоантиокислители в живом организме.
В кн. Биоантиокислители. “Наука”.
Москва. 1975. С. 15-29.
49. О.Н.Воскресенский
Значение системного биологического
ингибирования перекисей липидов
в атерогенезе. В кн. Биоантиокислители.
“Наука”. Москва. 1975. С.121-125.
50. A.L.Tapel
Geriatrics. 1968. V.23. P.97. Цит. по кн.
Биоантиокислители. “Наука”. Москва.
1975. С. 123.
51. Ф.Б.Штрауб
Цит. источник. С. 158, 166.
52. В кн. Circulation, respiration, and
metabolism. Ed. by R.Gillers.
Springer-Verlag. 1984. P.424.
53. М.Д.Бриллиант
А.И.Воробьев
Роль липидов в распределении
эритроцитов на кислотной
эритрограмме. В кн. Вопросы

- биофизики, биохимии и патологии эритроцитов. СО АН СССР. "Наука". Москва. 1967. С. 123-131.
54. В кн. Изменения системы крови при воздействии радиации и бензола. Ред. И.И.Гительзон. "Наука". Новосибирск. 1990. С.19.
55. Отчет по НИР "Применение озона в медицине, сельском хозяйстве и технике". Всероссийский электротехнический институт. Истра. 1992.
56. Б.Н.Тютюнников Химия жиров. "Пищевая промышленность". Москва. 1966. Сю 168.
57. В.А.Исаева
Е.А.Базанов
В.Б.Спиричев Свободнорадикальные процессы и старение соединительной ткани. В кн. Биоантиокислители. "Наука". Москва. 1975. С. 135-138.
58. Е.П.Сидорик
Е.А.Балглей
Т.Н.Юрковская
И.Б.Каганович Связь активности биоантиоксидантов с процессами пролиферации при гепатоканцерогенезе и регенерации печени. Там же. С. 179-181.
59. А.В.Алексеев
Е.Б.Бурлакова
А.А.Вайсон Изменения антиокислительных свойств липидов на разных стадиях клеточного цикла. Там же. С. 53-57.
60. Старение и долголетие. Фонд радикального продления жизни. Вып.1. 1992. 33 с.
61. H.Selye Syndrome produced by diverse noxious agents. Nature. №3479. P.32.
62. H.Selye Physiology and pathology of exposure to stress. Montreal. 1950.
63. Б.Н.Тарусов
Ю.П.Козлов
О.Р.Кольс
И.М.Лимаренко Свободнорадикальные процессы в биологических системах. Труды МОИП. Т.16. "Наука". Москва. 1966. С.218.
64. С.А.Паничева
В.И.Прилуцкий Новый способ повышения сохранности мясного сырья. В кн. Всероссийская конференция "Методы и средства стерилизации и дезинфекции в медицине" Москва. 1992. С.168-170.
65. И.И.Иванов
М.Н.Мерзляк
Б.Н.Тарусов Витамин Е, биологическая роль в связи с антиоксидантными свойствами. В кн. Биоантиокислители. "Наука". Москва. 1975. С.45.
66. В.В.Бражников
Е.М.Бражников
С.С.Ващун с соавт. А.с. СССР №882307. 1981

67. А.с. СССР. №104758. Бюлл. изобретений. №35. 23.09.1983.
68. А.К.Мартынов
Т.А.Ушакова
Р.Г.Ахмеджанов
Метод электрохимического окисления крови - способ элиминации продуктов ПОЛ в крови обожженных собак. В кн. Новые методы дезинфекции и стерилизации в медицине. Дагомыс. 1991. С.28.
69. Б.И.Чистов
В.И.Прилуцкий
О возможности природной редокс-активации природных вод. В кн. Всероссийская конференция "Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности". Ч.2. ВНИИИМТ НПО "Экран". Москва. 1994. С.84-87.
70. Т.М.Lotts
Where oxidation reduction media work. Water technology. V.17. №2. Feb.1994. P.77-79. National trade publication USA.
71. В.М.Бахир
Электрохимическая активация. Ч.2. ВНИИИМТ. Москва. 1992. С.200-221.
72. В.И.Белова
М.В.Соболева
И.М.Цвилова
В.Н.Герасимова
А.С.Белова
Влияние электрохимически активированных растворов на ультраструктуру клеток синегнойной палочки. В кн. Всероссийская конференция "Методы и средства стерилизации и дезинфекции в медицине". ВНИИИМТ. Москва. 1992. С. 66-67.
73. А.А.Ющенко
М.Ю.Юшин
О.А.Итурганова
Влияние электрохимически активированных растворов на жизнеспособность бактерий. В кн. 2 Всероссийская конференция "Методы и средства стерилизации и дезинфекции в медицине". ВНИИИМТ. Москва. 1993. С. 24-26.
74. Л.Г.Пантелеева
с соавт.
Дезинфицирующие свойства "нейтральных анолитов", вырабатываемых в установках СТЭЛ-МТ-1 и СТЭЛ-4Н. В кн. Всероссийская конференция "Методы и средства стерилизации и дезинфекции в медицине". ВНИИИМТ. Москва. 1992. С.74-75.
75. Н.В.Рамкова
Л.В.Евтикова
Применение для стерилизации растворов, получаемых электрохимическим путем. Там же. С. 76-77.
76. С.В.Поликарпова
О.И.Сухова с соавт.
Опыт применения нейтрального анолита, получаемого на установке СТЭЛ-МТ-1М

с целью дезинфекции, предстерилизационной очистки и стерилизации в отделениях реанимационного профиля и ЛОР-кабинете. Там же. С.78-80.

77. Н.П.Кирбасова
Л.Н.Гуджинская
С.А.Паничева
Опыты работы по практическому применению электрохимически активированных солевых и антисептических средств в научном центре акушерства, гинекологии и перинатологии РАМН.
В кн. 2 Всероссийская конференция “Методы и средства стерилизации и дезинфекции в медицине”. ВНИИИМТ. Москва. 1993. С.29-32.
78. С.В.Мальгинов
В.М.Мельникова
с соавт.
Применение раствора гипохлорита в травматологии и ортопедии.
Там же. С.15-17.
79. А.А.Шпат
Опыт использования аппаратов СТЭЛ в Латвии. Там же. С. 13-14.
80.
В кн. Вредные химические вещества. Ред. В.А.Филов. Неорганические соединений У-У111 групп. Л. “Химия”. 1989. С. 375, 380.
81. С.А.Алехин
с соавт.
В кн. Всероссийская конференция “Методы и средства стерилизации и дезинфекции в медицине”. ВНИИИМТ. Москва. 1992. С.99-108.
82. В.М.Бахир
А.Х.Касымов
с соавт.
Способ получения жидкости с биологически активными свойствами.
А.с. СССР №№ 1121905, 1121906, 1121907.
83. С.Н.Александров
Влияние радиопротекторов на эффект сокращения жизни облученных биологических объектов. В кн. Проблемы природной и модифицированной радиочувствительности. “Наука”. Москва. 1983. С. 6-14.
84. С.П.Ярмоненко
Управление тканевой радиочувствительностью и лучевой терапией опухолей. Там же. С. 240-250.
85. Н.М.Эммануэль
Физико-химические принципы повыше-

- ния радиочувствительности опухолей и радиационной защиты нормальных тканей. Там же. С. 227-240.
86. В.М.Бахир
Электрохимическая активация. Ч.1. ВНИИИМТ. Москва. 1992. С.204-205.
87.
Методические рекомендации по применению активированной воды в производстве мяса бройлеров. ВНПО. "Союзптицепром". Загорск. (ныне Сергиев-Посад). 1990.
88. В.И.Филоненко
В.Г.Шоль
О.В.Богатова
Поение мясных кур родительского стада электроактивированной водой. В кн. Всероссийская конференция. "Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности". Ч.2. ВНИИИМТ. АО НПО "Экран". Москва. 1994. С. 69-70.
89. В.И.Филоненко
В.Г.Шоль
О.В.Богатова
Режимы поения мясных кур родительского стада. Там же. С. 71-72.
90. В.Г.Шоль
О.В.Богатова
С.И.Спирина
Поение ремонтного молодняка мясных кур электроактивированной водой. Там же. С. 72-74.
91. О.В.Богатова
Влияние ЭАВ на гематологические показатели крови цыплят. Там же. С. 74-75.
92. О.В.Богатова
Использование питательных веществ корма при поении бройлеров электроактивированной водой. Там же. С.75-76.
93. О.В.Богатова
Изучение влияния электроактивированной воды на усвоение витаминов при поении бройлеров. Там же. С.76-77.
94. В.И.Филоненко
О.В.Богатова
С.И.Спирина
В.М.Бахир
Режимы поения бройлеров. Там же. С. 77-78.
95. А.А.Шпат
Применение продуктов электролиза раствора поваренной соли в сельском хозяйстве. Аналитический обзор. Рига. 1990.
96. А.П.Воротынцев
А.М.Пулавский
И.Л.Лир
В.М.Бахир
с соавт.
Способ получения моющего раствора для удаления белковых загрязнений. А.с. СССР № 1623198.

97. С.Я.Ланина
В кн. Всероссийская конференция
“Методы и средства стерилизации и
дезинфекции в медицине”. ВНИИИМТ.
Москва. 1992. С.112-113.
98. С.Я.Ланина
С.А.Паничева
Н.М.Страхова
Там же. С. 114-115.
99. С.А.Паничева
с соавт.
Там же. С. 130-131.
100. С.Я.Ланина
С.А.Паничева
В кн. Всероссийская конференция
“Электрохимическая активация в
медицине, сельском хозяйстве,
промышленности”. Ч.2. ВНИИИМТ.
Москва. 1994. С. 36-37.
101. С.Я.Ланина
С.А.Паничева
Там же. С. 37-39.
102. В.М.Бахир
Электрохимическая активация. Ч.1.
ВНИИИМТ. Москва. 1992. С. 208-209.
103. В.М.Бахир
Там же. С. 207.
104. В.М.Бахир
Электрохимическая активация. Ч.2.
ВНИИИМТ. Москва. 1992. С.168-179.
105. В.М.Бахир
Там же. С. 179-180.
106. В.М.Бахир
Там же. С. 189-195.
107. В.М.Бахир
Там же. С. 196-199.
108.
Отчет ВНИИ хлебопекарной промыш-
ленности Минхлебопродуктов СССР.
1987.
109. Г.Г.Романюк
В.Л.Касперович
В кн. 1У Всесоюзная конференция
“Электрофизические методы обработки
пищевых продуктов и сельскохозяйст-
венного сырья”. Москва. 1989. С.75-76.
110. А.И.Бывальцев
с соавт.
Там же. С. 203.
111. А.И.Бывальцев
с соавт.
Там же. С. 204.
112. Г.В.Маслова
с соавт.
Там же. С. 204-205.
113. А.А.Кочеткова
с соавт.
В кн. Всероссийская конференция
“Методы и средства стерилизации и
дезинфекции в медицине”. ВНИИИМТ.
Москва. 1992. С. 112-113.
114. С.А.Алехин
с соавт.
Там же. С. 152-153.
115. Д.Халмирзаев
с соавт.
Там же. С. 162-163.
116. С.А.Паничева
А.А.Кочеткова
Там же. С. 198-199.
117. С.И.Спирина
с соавт.
В кн. Всероссийская конференция
“Электрохимическая активация в

- медицине, сельском хозяйстве,
промышленности”. Ч.1. ВНИИИМТ.
Москва. 1994. С. 76-77.
Там же. С. 96-97.
118. Л.Г.Ипатова
с соавт.
119. А.А.Кочеткова
С.А.Паничева
- В кн. Всероссийская конференция
“Электрохимическая активация в
медицине, сельском хозяйстве,
промышленности”. Ч.2. ВНИИИМТ.
Москва. 1994. С. 33-36.
Там же. С. 11-14.
Там же. С. 118-120.
120. А.Ю.Попов
121. З.Ж.Челидзе
с соавт.
122. В.А.Ломачинский
123. А.А.Шпат
- Там же. С. 130.
В кн. 2 Всероссийская конференция
“Методы и средства стерилизации и
дезинфекции в медицине”.
ВНИИИМТ. Москва. 1993.
С. 14-15.
124. А.А.Шпат
- В кн. Всероссийская конференция
“Электрохимическая активация в
медицине, сельском хозяйстве,
промышленности.” Ч.2.ВНИИИМТ.
Москва. 1994. С. 46.
125. В.М.Бахир
- Электрохимическая активация. Ч.2.
ВНИИИМТ. Москва. 1992. С.121-
-134.
126. В.М.Бахир
127. В.М.Бахир
128. В.М.Бахир
129. В.М.Бахир
130. В.М.Бахир
131. В.М.Бахир
- Там же. С. 134-140.
Там же. С. 140-151.
Там же. С. 151-160.
Там же. С. 160-168.
Там же. С. 180-181.
Там же. С. 182-188.
132. С.А.Алехин
с соавт.
- В кн. Всероссийская конференция
“Методы и средства стерилизации и
дезинфекции в медицине”.
ВНИИИМТ. Москва.1992. С.154-
-155.
133. С.А.Алехин
Т.В.Мгребришвили
134. С.А.Алехин
с соавт.
135. С.А.Алехин
с соавт.
136. Т.Л.Черкасова
- Там же. С. 158-159.
Там же. С. 160-161.
Там же. С. 176-177.
В кн. Всероссийская конференция

- О.В.Черкасова “Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности”. Ч.2. ВНИИИМТ. Москва. 1994. С. 10-11.
137. С.А.Паничева с соавт. В кн. Всероссийская конференция “Методы и средства стерилизации и дезинфекции в медицине”. ВНИИИМТ. Москва. 1992. С.205-209.
138. Д.Виньярд С.А.Паничева В кн. Всероссийская конференция “Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности”. Ч.1. ВНИИИМТ. Москва. С. 105-107.
139. Enima Solution. Rwanda Project Progress Report. Ad. 1. 15 November 1994.
140. БМЭ, изд.2, т.7, с. 372.
141. Н.Р.Деряба А.Л.Матусов И.Ф.Рябинин Человек в Антарктиде. Л. “Медицина”. 1975. С.102-103.
- 142.Н.Р.Деряба И.Ф.Рябинин Адаптация человека в полярных в полярных районах земли. Л. “Медицина”. 1977. С. 237.
143. Ю.М.Лопухин О науке, творчестве и здоровье. Москва. “Знание”. 1991. С. 148-149.
144. J.Williams Can POU offer protection from pathogens ? Water technology. V.17. №12. 1994. P. 60-63.
145. J.T.Lundquist Electrochemical system graduated porous bed section. US Patent. 3.919.062. Nov. 11. 1975. Заявка 59-30476. Яп. 1984.
146. Цит. по кн. Ю.А.Ершов, Т.В.Плетнева. Механизмы токсического действия неорганических соединений. Москва. “Медицина”. 1989. С.32.
147. Т.D.Luckey В.Venugopal Там же. С.33.
148. Клиническая токсикология. Москва. “Медицина”. 1982. С. 338-341.
149. Е.А.Лужников Электрохимические свойства синтетических активированных углей. В кн. Новые методы дезинфекции и стерилизации в медицине. Дагомыс. 1991.
150. В.В.Стрелко Н.Т.Картель

151. Л.В.Аристовская
В.Н.Федосеева
Н.В.Стомахина
с соавт.
99-100.
В кн. 2 Всероссийская конферен-
ференция “Методы и средства
стерилизации и дезинфекции в
медицине”. ВНИИИМТ. Москва.
1993. С. 49-50.
152.
Kadaku to kyoiku - Chem.
Education. 1993. V.4. №2.
P. 101-103.
153. С.А.Алехин
с соавт.
В кн. Всероссийская конференция
“Методы и средства стерилизации
и дезинфекции в медицине”.
ВНИИИМТ. Москва. 1992.
С. 83 - 108.
Цит. источник. С. 334.
154. Н.А.Лопаткин
Ю.М.Лопухин
155. В.Н.Шилов
В.И.Сергиенко
В кн. Новые методы дезинфекции
в медицине. Дагомыс. 1991. С.24-
-25.
156. Н.В.Локтионов
с соавт.
В кн. 2 Всероссийская конферен-
ция “Методы и средства стерили-
зации и дезинфекции в медицине”
ВНИИИМТ. Москва. 1993. С.9-
-12.
157. В.И.Сергиенко
Сообщение на клинической кон-
ференции Центрального институ-
та травматологии и ортопедии.
Москва. 13.05.1993.
158. А.А.Ющенко
В кн. Всероссийская конференция
“Методы и средства стерилизации
и дезинфекции в медицине”.
ВНИИИМТ. Москва. 1992.
С. 142-143.
159. А.А.Ющенко
Е.И.Шац
М.Ю.Юшин
В кн. Всероссийская конференция
“Электрохимическая активация
в медицине, сельском хозяйстве,
промышленности”. Ч.2.
ВНИИИМТ. Москва. 1994.
С. 3-5.
160. А.И.Арчаков
И.И.Карузин
Окисление чужеродных соедине-
ний и проблемы токсикологии.
Вестник АМН СССР. 1988.
№1. С. 14-28.
161. Ф.З.Меерсон
Адаптация, стресс, профилак-
тика. “Медицина”. Москва.
1981.
162. Н.С.Нилова
Л.Н.Полежаева
Система перекисного окисления
липидов головного мозга крыс

163.

в условиях эмоционально болевого стресса различной длительности. Вопросы мед. химии. Т.39. №6. 1993. С. 28-31.
Старение и долголетие. Вып.1. Фонд радикального продления жизни. 1992. С. 1-2.