

Очищенная антиоксидантная питьевая вода от электрохимических водоочистителей «Изумруд-Редокс; предприятие ООО «ДЕЛФИН АКВА».

Можно ли пить водопроводную воду непосредственно из-под крана без дополнительной ее обработки? В России два предприятия очищают питьевую воду на уровне мировых стандартов – водоканалы Москвы и Санкт-Петербурга. Но даже при таких условиях проблему централизованной очистки воды нельзя считать окончательно решенной. Качество воды ухудшается по мере ее прохождения по крайне изношенной водопроводной сети (в Москве – особенно в центре и на юге столицы). В целом по стране качество питьевой воды хуже (в некоторых регионах намного хуже).

Десять лет назад по данным доклада «Об оздоровлении экологической обстановки в Российской Федерации» (2003 г), подготовленном для Госсовета РФ, «в результате употребления недоброкачественной, микробно загрязненной питьевой воды в стране ежегодно регистрировалось от 15 до 30 вспышек острых кишечных инфекций, брюшного тифа и вирусного гепатита А с числом пострадавших до 2,5–3 тысяч человек». Вопрос об обеспечении населения чистой питьевой водой рассматривался Государственной Думой РФ 14 сентября 2010 года. Отмечалось, что примерно в 30% качество питьевой воды не соответствовало установленным нормам, до 7% проб были «недопустимыми по микробиологическими ингредиентами», несмотря на хлорирование и даже при «возможно предельно допустим содержании» (предельно допустимая концентрация (ПДК) хлора в питьевой воде 0,3 мг/л).

Риск загрязнения воды усугубляется форсированными сбросами сточных и паводковых вод весной, осенью, в зимний период после

аномально сильных снегопадов, летом после ливневых паводков. Хлорирование и гиперхлорирование воды (превышение ПДК) в экстремальных ситуациях может оказаться недостаточным для подавления в водопроводных магистралях так называемой «пленочной микрофлоры», отличающейся аномально высокой устойчивостью к дезинфектантам. Бактерицидные концентрации активно действующих веществ (АДВ), необходимые для уничтожения биопленок *значительно выше* концентраций АДВ, официально рекомендованных для дезинфекции [1,2]. Очевидно, в этом кроется причина риска инфекций, связанных с зараженностью водопроводной сети. Переход от жидкого элементарного хлора к обеззараживанию воды гипохлоритом при некоторых положительных моментах этого метода только снижает антимикробный эффект, так как микробицидная активность гипохлорита ниже, чем у элементарного хлора (при прочих равных).

Документы, регламентирующие санитарно-гигиенические качества питьевой воды, содержат более 700 показателей, по отношению к которым определены значения ПДК. Появляются сообщения о нахождении в воде ранее неизвестных загрязнителей: гормоноактивные вещества и другие продукты метаболизма, продукты деструкции фармакологических препаратов. Контролировать такой массив химических показателей практически невозможно и дорого.

Крайнее разнообразие факторов загрязненности питьевой воды требует, чтобы средства дополнительной очистки воды в бытовых условиях были *максимально универсализированными*. В природе самоочищение и обеззараживание воды в подпочвенных горизонтах осуществляется на основе химического окисления, восстановления, катализа, сорбции, фильтрации, флокуляции, ионообмена в осадочных породах. (Комбинированная самоочистка воды). Здесь необходимо отметить, что бытовые барьерные фильтры для очистки воды

моделируют природные процессы самоочищения воды, но лишь отчасти. В барьерных фильтрах **практически не применяют технологии направленного регулирования окислительно-восстановительных свойств воды**, хотя подобные механизмы весьма эффективны. При контакте воды с горными породами (особенно в пластах с полиметаллическими включениями, образующими гальванопары, и в зонах действия теллурических токов) вода подвергается электрохимическому воздействию, меняет свою структуру и элементный состав. Это подтверждается высоким качеством родниковой воды в экологически чистой местности.

Прямым подтверждением природной активации воды являются наблюдения у источников в горной местности. Показатель ОВП подземных источников армянского курорта Джермук (Хунзакутский источник №9) на выходе воды из-под земли составляет (-120) мВ ХСЭ а при розливе в бутылки эта же вода приобретает ОВП, равный $(+230)$ мВ ХСЭ. Вода от Карпатского источника «Моршинская» имеет показатель ОВП = (-249) мВ ХСЭ.

Существует бытовое представление о том, что потребительские качества воды тем лучше, чем она более приближается к дистиллированной и при этом дефицит полезных биомикроэлементов в воде компенсируется присутствием этих элементов в пище. Однако экологически чистые природные пресные воды содержат значительное количество необходимых для организма микроэлементов, *которые поступают в организм с водой в форме свободных ионов*, вступающих в связь с молекулами ферментных белков, и участвуют в каталитических (ферментных) реакциях. Версия о том, что питьевая вода вообще должна содержать как можно меньше солей, с точки зрения физиологии некорректна. Микроэлементы в продуктах питания, естественно, нужны организму, но они, как правило, связаны с крупными органическими молекулами

и мало влияют на осмотический статус внутренней среды организма. Эти микроэлементы участвуют в физиологических процессах по своим особым механизмам, отличающимся от механизма действия ионов, поступающих в организм с водой (3). Микроэлементы воды и пищи в физиологическом отношении не всегда равноценны и взаимозаменяемы.

Сумма твердых веществ в питьевой воде (в их числе микроэлементы) не должна быть ниже 100 мг/л. [4]. Максимально допустимое содержание твердых веществ в питьевой воде (сухой остаток) по существующим нормативам не должен превышать 1000 мг/л. При продолжительном потреблении дистиллированной воды (минерализация 5 мг/л) в организме возникают нарушения водно-минерального обмена вследствие реакции осмо-ориентированных полей печени, что приводит к повышенному выбросу в кровь натрия из тканевых жидкостей. Кровь сгущается, и создаются предпосылки для гипертонической болезни. Наиболее негативным моментом питья дистиллированной или деионизованной воды является отсутствие ионов кальция, магния и калия. Объем выпитой дистиллированной воды внутри организма стремится к равновесию с внутренней средой организма по показателю минерализации за счет солевого состава других клеток, что вызывает явление так называемого «солевого шока» на клеточном уровне. [5]. Избыточное потребление минеральных веществ (в том числе микроэлементов) с водой в свою очередь приводит ко многим заболеваниям (это хорошо известно).

Отчетливое представление о том, какой именно должна быть «идеальная» питьевая с учетом различных географических и климатических условий пока не сформулировано, но граничные требования к питьевой воде в принципе известны.

В начале 70-х годов прошедшего XX века было открыто явление электрохимической активации (ЭХА) пресной воды и водно-солевых

растворов [6]. Суть открытия заключалась в том, что при обработке воды в электролизере с полупроницаемой перегородкой между анодом и катодом в анодной и катодной камерах синтезируются анолит и католит, содержащие соответственно продукты анодного или катодного синтеза. Раздельная обработка воды в анодной и катодной камерах называется *униполярной*.

В средствах массовой информации анолит называли «мертвой водой» (за биоцидные свойства), католит называли «живой водой» (как биостимулятор). В 1990 году технология ЭХА была использована для очистки и кондиционирования питьевой воды, - создан бытовой электрохимический водоочиститель типа «Изумруд» на основе проточного электрохимического диафрагменного модуля (модуль ПЭМ) [7]. В аппарате «Изумруд» пресная питьевая вода «из-под крана» последовательно проходила через электродные камеры, разделенные полупроницаемой мембраной. Аппарат содержал ряд вспомогательных блоков, в том числе сорбционный, каталитический, флотационный для удаления взвешенных частиц. Таким образом, было создано устройство, моделирующее *весь комплекс факторов самоочищения воды в природе*, обеспечивающее универсализацию технологии очистки.

В установке «Изумруд» продукты анодного синтеза (сильные окислители) обеспечивают следующие эффекты:

- полную деструкцию находящихся в воде микробных клеток;
- инактивацию органических соединений (в том числе микробных токсинов);
- инактивацию гидрофобных токсинов по реакции окислительного гидроксирования;
- коагуляцию или полную деструкцию органических загрязнений.

Из анодной камеры вода поступала в вихревую реакционную камеру, где происходило завершение окислительных процессов.

Дальнейшая обработка воды в установке происходила в каталитической, сорбционной и (или) флотационной камерах, выполняющих функцию удаления мутных взвесей и корпускул, образовавшихся на предшествующих этапах обработки. Затем вода поступала в катодную камеру. В катодной камере воды приобретала следующие характеристики:

- показатель pH устанавливался в диапазоне 7 – 8 логарифмических единиц;
- окислительно-восстановительный потенциал, измеренный платиновым электродом относительно хлор-серебряного электрода сравнения (ХСЭ) устанавливался в диапазоне (–50) – (–250) мВ;
- завершающая инактивация перекисных радикалов.

Изложение технологического цикла обработки воды в установке типа «Изумруд» дано в прошедшем времени, так как речь идет о морально устаревших моделях образца 1990 – 2005 годов.

Последовательность этапов обработки воды в установках типа «Изумруд» в различных моделях менялась в зависимости от цели и условий эксплуатации. Сравнительные характеристики воды питьевой обычно и обработанной по разным технологиям показаны в таблице 1.

Табл. 1. Сравнительные характеристики обычной питьевой воды (1), «живой воды» (католита) (2), воды от установок «Изумруд» (3), воды, очищенной с помощью барьерных фильтров (4).

W	pH	ОВП мВ*	C _s г/л	Полезные микроэлементы	Микробы
1	6 - 9	(+150) – (+400)	0,1 – 1,0	(+)	(+)
2	8,5 - 11	(–400) – (–800)	0,2 – 5,0	(+)	(–)
3	7 – 8	(–50) – (–250)	0,1 – 1,0	(+)	(–)
4	6 - 9	(+100) – (+300)	0,05 – 0,3	(±)	(±)**

Обозначения: W – вода; мВ* - измерение платиновым электродом относительно ХСЭ; C_s – минерализация; (+) – есть; (±) – возможна задержка микроэлементов; (±)** - возможно заражение воды при развитии микрофлоры в картридже.

Вода, подвергнутая электролизу в режимах униполярной обработки, переходит в *метастабильное состояние*. Одним из характерных показателей метастабильности является положительное (в анолите) или отрицательное (в католите) смещение ОВП в область аномальных значений относительно стабильных показателей при данных рН с последующим возвращением ОВП к стабильным значениям в течение нескольких часов или суток. Повышенная реакционная активность анолита и католита наблюдается именно в этот период (период релаксации).

Границы термодинамической устойчивости воды при нормальных условиях определяются уравнениями:

- нижняя граница: $\varphi(\text{H}_2 \text{ н.в.э}) = - 59 \times \text{pH} \text{ мВ} \quad (1)$

- верхняя граница: $\varphi(\text{O}_2 \text{ н.в.э}) = 1230 - 59 \times \text{pH} \text{ мВ} \quad (2)$

Где Н.В.Э. – нормальный водородный электрод.

При рН = 7 диапазон значений потенциала, в пределах которого вода сохраняет термодинамическую устойчивость в соответствие с формулами (1) и (2) составляет: $(-413) - (+817) \text{ мВ}$, НВЭ с промежуточным значением $(1230:2) - (59 \times 7) = 202 \text{ мВ НВЭ}$. Потенциал по шкале ХСЭ приблизительно на 200 мВ *выше* по шкале НВЭ. При измерении ОВП водопроводной воды платиновым электродом относительно ХСЭ показатели ОВП обычно находятся в диапазоне от $(+150)$ до $(+400) \text{ мВ}$, что соответствует $\approx (-50) - (+200) \text{ мВ НВЭ}$. Значения ОВП водопроводной воды $> (+400) \text{ мВ ХСЭ}$ обнаруживались обычно в период весенних паводков, что очевидно является признаком санитарного неблагополучия.

Для внутренней среды организма характерны показатели ОВП \approx от (-50) до $(-220) \text{ мВ ХСЭ} \quad (8)$. В таблице 1 показано, что ОВП обычной питьевой воды и воды, очищенной барьерными фильтрами,

существенно превышает аналогичные показатели внутренней среды организма. При суточном потреблении обычной воды в объеме около 1,5 – 2 литра (3,5 – 5% от объема водного сектора организма) разность ОВП всасываемой воды и тканевых структур (в том числе осмо-ориентированных полей печени и ретикулярных иммунокомпетентных клеток) может достигать нескольких сотен милливольт. ОВП тканей на путях всасывания воды временно повышается, что требует включения компенсаторных механизмов, корректирующих сдвиг тканевого ОВП. Для здорового организма это не представляет непосредственной опасности. Большинство наших продуктов питания являются кислотообразующими. В итоге организм постоянно испытывает *«кислотное давление»* при нормальных значениях рН крови в диапазоне слабо щелочных значений (7,35 – 7,42) при отрицательных показателях ОВП крови и тканевой жидкости. Предполагается, что постоянное несоответствие кислотно-щелочного статуса воды и пищевых продуктов с одной стороны и внутренней среды организма рано или поздно приводит к изнашиванию биологических структур со всеми вытекающими негативными последствиями.

«Живая вода» (католиз) имеет ОВП, резко превышающий ОВП живых тканей. ОВП воды от установки типа «Изумруд» практически совпадает с показателями внутренней среды. Соответственно, «изумрудная вода» сама по себе не нарушает окислительно-восстановительное равновесие (перекисный гомеостаз) в организме. Поскольку «изумрудная вода» очищена от загрязнителей, ее биологическая ценность очевидна.

Физиологические испытания «изумрудной воды» выявили следующие моменты:

- потенцирование свойств антиоксидантных препаратов (снижение ОВП в растворах препаратов) (9).

- тонизирующее и иммуностимулирующее действие в опытах с лабораторными животными (10).
- увеличение отношения концентраций в крови сульфгидрильных и дисульфидных групп $[SH]/[SS]$, характеризующее отношение нативных белков, обогащенных электронами и водородными связями и денатурированных белков (находящихся в состоянии парабиоза по Д.Н.Насонову). Показатель повышения устойчивости перекисного гомеостаза (11).
- повышение устойчивости лабораторных животных к токсическому действию производных изопрена (12).

Биологическая активность «живой воды» также подтверждается рядом данных:

- общий анаболический эффект (13).
- повышение пролиферативной активности по показателям митотического индекса (13)
- активация тканевого дыхания (13).
- значительное повышение устойчивости лабораторных животных (мышь линии СВА) к сублетальной дозе рентгеновского излучения (14).
- анаболическое действие на организм крупных млекопитающих (свиньи) (15. 16).
- Повышение показателей гуморальной защиты, в частности бактерицидной активности сыворотки крови (17).
- антистрессовое действие ЭХА католита выявлено в опыте при ингаляции католита в верхние дыхательные пути белых крыс на фоне действия холода (-15°C). ЭХА католит в форме аэрозоля осуществлял коррекцию активации продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в легочной ткани (18).

- потенцирование действия антидепрессантов при лечении больных тревожно-депрессивными состояниями и некоторыми другими психическими расстройствами (19).
- терапевтическое действие приема католита внутрь при диабете, гипертонии, облучении (20).

Общим моментом, определяющим сходство эффектов положительного физиологического и терапевтического влияния на теплокровный организм «изумрудной» и «живой» воды является общее снижение для них смещение ОВП в область отрицательных значений. Разница заключается в том, что установка типа «Изумруд» является водоочистителем, а технология получения «живой воды» не предусматривает функции очистки. ОВП «живой воды» снижается до экстремальных величин. Поэтому режим приема внутрь «живой воды» (католита) должен быть строго регламентирован. Питье «изумрудной воды» возможно в произвольном режиме. Рекомендуется пить воду от установки «Изумруд» курсами в течение 2-3 недель с перерывом на 1-2 недели под контролем показателей здоровья.

В 2006 году начался серийный выпуск усовершенствованных установок «Изумруд» моделей К1 и К2. В марте 2009 года были получены данные испытаний установки «Изумруд К2» по очистке образцов воды, взятой из низовий Волги. Испытания проводились лабораторией Астраханского водоканала. Была получена очищенная вода удовлетворяющая требованиям СанПиН 2.1.4. 1074-01. Учитывая крайнюю загрязненность воды из дельты реки, в которую загрязнения попадают на всем протяжении русла 3530 км и площадью водосбора 1,36 миллионов км², полученный результат очистки можно считать близким к эмпирическому пределу. С 2011 года работы по совершенствованию электрохимического водоочистителя продолжены в системе ДЕЛФИН-ГРУПП.

Появление новых типов электрохимических реакторов, разработка новых универсальных подходов к технологии очистки и кондиционирования воды, применение новых материалов и технологий их использования привели в 2011 году к созданию установок ИЗУМРУД следующего поколения — установок ИЗУМРУД-РЕДОКС.

Установки ИЗУМРУД-РЕДОКС имеют производительность от 50 до 500 литров в час. Включают модели в различных вариантах исполнения — от бытовых до специальных: в том числе установки для работы в сверхтяжелых условиях, в местностях после применения бактериологического оружия или загрязненных боевыми отравляющими веществами и другими токсическими компонентами.

Установки рассчитаны на удаление из воды двухвалентных ионов железа на $92 \div 95\%$ при исходной концентрации загрязнителя 3 мг/л (то есть при десятикратном превышении ПДК). Эффект удаления двухвалентных ионов железа достигается анодным окислением. Частицы, образующиеся в результате коагуляции при анодном окислении, удаляются во флотационном реакторе на $55 \div 80\%$. Эффективность превращения хлоркислородных оксидантов в каталитическом реакторе составляет $60 \div 70\%$. Эффективность превращения ионов кальция в гидроксид при исходной концентрации кальция в воде 5 мг/л - $40 \div 45\%$, что соответствует умягчению воды. Превращение трехвалентных ионов железа в гидроксид при исходной концентрации ионов 0,1 мг/л - $80 \div 90\%$. Снижение перманганатной окисляемости воды от исходного уровня 10 мг/л - $70 \div 85\%$, что характеризует удаление из воды органических загрязнений. Показатель pH воды остается в области нейтральных значений при управляемом смещении ОВП в область отрицательных

(противоокислительных) значений. Содержание в воде полезных микроэлементов сохраняется на уровне физиологических нормативов.

Источники информации

1. Л.Г.Пантелеева, Т.И.Карпова с соавт. Оценка бактерицидной активности дезинфицирующих средств против легионелл на модели биопленок. Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. 2008. №2. С. 117 – 119.
2. Т.И. Карпова, Ю.Д.Дроница, Н.В.Алексеева, Ю.М.Романова. Формирование биопленок *Legionella* spp. в эксперименте. Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. 2008. №1. С. 3 – 7.
3. Д.Ашбах. Живая и мертвая вода – новейшее лекарство современности. «Питер». Москва. 2008. С. 117 – 119.
4. Нутриенты воды. Отчет ВОЗ. ETS/80, Женева. 1980
5. А.Д.Ноздрачев с соавт. Физиология (учебник). М. 2002. 1089 с.
6. ?
7. ?
8. В.И.Прилуцкий, В.М.Бахир. В кн. «Электрохимически активированная вода: аномальные свойства, механизм биологического действия. Изд. ВНИИИМТ АО НПО «Экран». Москва. 1997. С. 33 – 41, 124 – 130.
9. Там же. С. 64-65, 179.
10. Л.В.Аристовская с соавт. В кн. 2 Всероссийская конференция «Методы и средства стерилизации и дезинфекции в медицине». ВНИИИМТ. Москва. 1992. С. 49-50. (заключение института им. А.Н.Сысина от 27.05.1992 г.).
11. В.В.Торопков, Э.Б.Альтшуль, Е.В.Торопкова. Комплексная экспериментальная оценка влияния воды, прошедшей очистку на установке «Изумруд», на теплокровный организм. (Отчет). Кафедра коммунальной гигиены и биологической химии

Санкт-Петербургской Государственной Медицинской Академии им. И.И.Мечникова. Санкт-Петербург. 1996. 38 с.

12. Там же.
13. См. в книге В.М.Бахир. Электрохимическая активация. Ч.2. ВНИИИМТ. Москва. 1992. С. 200 – 201.
14. В.М.Бахир, А.Х.Касымов с соавт. Способ получения жидкости с биологически активными свойствами. А.с. СССР № № 1121905; 1121906; 1121907.
15. М.А.Апаликов, В.С.Зоотеев, А.Г.Рябов, Ю.Н.Ульянов. Влияние электрохимически активированной воды на откормочные качества свиней. В кн. Третий международный симпозиум «Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности». Доклады и краткие сообщения. Академия медико-технических наук РФ. Москва. 2001. С. 170 – 177.
16. М.А.Апаликов. Продуктивные качества молодняка свиней при использовании активированной воды (католита) : Дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.04, 06.02.02 : Самара, 2004 144 с. РГБ ОД, 61:05-6/21.
17. Информация о технологии. Код ГРНТИ 683918. Наименование: Применение католита раствора натрия хлорида. Область применения: животноводство. Дата регистрации: 27.11.2003. Латвия.
18. К.С.Голохваст, В.В.Чайка. Гистофизиология системы местного иммунитета дыхательных путей при общем охлаждении и при коррекции католитом. Дальневосточный Государственный Технический Университет. Интернет-сообщение. 2007.

19. Патент РФ №2363480. 10.08.2009. Антидепрессивное средство. Патентодержатель: ГОУ «Воронежская государственная медицинская академия им. Н.Н.Бурденко».
20. Д.Ашбах. (ФРГ). Живая и мертвая вода – новейшее лекарство современности. Изд. «Питер». Москва. 2008. С. 80-142.