

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ имени Д.В. СКОБЕЛЬЦЫНА**

Н.А. Аристова, И.М. Пискарев, В.А. Ушканов

**ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ
АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ**

Препринт НИИЯФ МГУ № 2009-12/856

Москва, 2009 г.

УДК 628.1

Н.А. Аристова, И.М. Пискарев, В.А. Ушканов

i.m.piskarev@gmail.com

**ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ
АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ**

Препринт НИИЯФ МГУ № 2009-12/856

Аннотация

Активированной называется вода, обладающая повышенной биологической активностью. Повышенную биологическую активность имеет вода, насыщенная кислородом и его активными формами, и вода, насыщенная водородом. Рассмотрены научные основы получения этих двух сортов воды и технические решения для её производства. Устройства, созданные авторами, позволяют получать экологически чистыми методами целебную оксигенированную (кислородную) воду и воду с отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом на месте её потребления и в практически неограниченных количествах. Рассмотрены доступные любому потребителю методы качественного анализа питьевой воды.

N.A. Aristova, I.M. Piskarev, V.A. Ushkanov

**THE PHYSICAL METHODS FOR PRODUCTION OF ECOLOGICALLY PURE
ACTIVATED WATER**

Preprint MSU SINP N 2009-12/856

Abstract

The activated is water having abnormally high biological activity. High activity have the water saturated by oxygen and its active forms, and water saturated by hydrogen. The scientific principles and engineering problems are discussed. The devices created by autors are permitted to produce medicinal oxygen water and water with negative ORP using ecologically pure methods on the place its consumer and in unlimited amounts. The simple methods for qualitative analysis of water are discussed.

© Н.А. Аристова, И.М. Пискарев, В.А. Ушканов

© НИИЯФ МГУ, 2009, <http://www.sinp.msu.ru>

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	
Активированная вода.	5
Окислительно-восстановительный потенциал и его измерение	6
Термодинамическая устойчивость воды	7
Структура воды	8
Глава I. Получение оксигенированной (кислородной) воды и её свойства	
Концепция получения чистой и качественной воды	10
Природная технология очистки воды	
Основа технологии	11
Генератор холодной плазмы.	12
Схема обработки питьевой воды генератором холодной плазмы	14
Физико-химические процессы в генераторе холодной плазмы	16
Результаты испытаний генератора БЭР-49-М	19
Получение воды, насыщенной кислородом (спортивная вода)	22
Оперативный контроль качества питьевой воды	
Водопроводная вода	26
Дистиллированная вода	26
Родниковая вода, колодезная вода, речная вода	27
Вода из артезианских скважин	27
Сравнение различных способов очистки воды	
Очистка воды с помощью высокоэффективных фильтров	29
Вода, полученная с помощью дешёвых домашних фильтров	30
Влияние питьевой воды, обработанной установками серии "Пилимин", на здоровье человека и рекомендации по её употреблению.	33
Анализ отзывов потребителей воды	34
Технология применения приборов ПИЛИМИН в разных условиях	
Схема подключения прибора в режиме очистки водопроводной воды	37
Включение прибора для очистки заранее набранной воды	38
Рекомендации по работе с прибором в режиме получения питьевой воды	
Работа в условиях городской квартиры	39
Работа на предприятии общественного питания	41
Работа в коттедже	42
Очистка воды плавательных бассейнов	43
Экономические аспекты применения приборов ПИЛИМИН	
Окупаемость затрат. Очистка питьевой воды	48
Предприятия: кафе, рестораны, столовые, школы	48
Индивидуальные потребители: коттедж, городская квартира	49

	Стр.
Глава II. Приготовление питьевой воды с отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом путём насыщения её водородом	
Вводная часть.	50
Часть I. Получение воды с отрицательным ОВП	
Методика эксперимента.	
Особенности измерения величины ОВП в области отрицательных значений	51
Процедура получения воды, насыщенной водородом, и измерения ОВП	52
Результаты экспериментов	
Свойства воды, насыщенной водородом, и хранящейся в закрытых сосудах	54
Изменение ОВП в открытых сосудах	57
Зависимость ОВП от объёма водорода в бутылки	57
Зависимость ОВП от состава водного раствора и концентрации соли	57
Наблюдение восстановительных реакций в воде, насыщенной водородом	
Восстановление молекулярного иода	60
Восстановление марганца в растворе перманганата калия	60
Окисление металлического железа	61
Оценка возможности бесконтактной активации воды	62
Зависимость ОВП от места проведения анализа	64
Часть II. Оценка механизма активации водорода	
Постановка задачи	65
Установление ОВП при разных концентрациях растворённого кислорода	66
Обсуждение	68
Часть III. Релаксация окислительно-восстановительного потенциала жидкости.	
Постановка задачи	71
Экспериментальная часть	
Приготовление проб	71
Измерения	72
Результаты экспериментов	
Водопроводная вода	72
Чистая вода и отфильтрованная водка	76
Раствор крахмала и газированная вода	77
Пиво	79
Обсуждение	
Кинетика отсчётов в измерительной цепи	79
Причины медленного увеличения ОВП в открытом стакане	80
Возможности практического применения процесса насыщения жидкости водородом	81
Основные результаты главы II.	82
Литература	83

Введение.

Активированная вода.

В современной науке давно существует понятие активированной воды. У этой воды окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) сильно отличается от того значения, которое устанавливается в обычной чистой питьевой воде на воздухе, и вода становится химически и биологически активной.

Основным способом получения (такой) активированной воды была электрохимическая активация. Понятие "электрохимическая активация" появилось в 1974 году, когда было установлено, что вода, получающаяся после электролиза, обладает биологической активностью. На аноде образуется вода, насыщенная кислородом, на катоде - водородом. Выяснили, что это разные сорта воды, и их влияние на живые организмы принципиально отличается.

На аноде образуется вода, насыщенная кислородом и его активными формами. Из стабильных активных долгоживущих форм кислорода сейчас известна перекись водорода. Кислородная вода имеет повышенный окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) по сравнению с обычной водой. Кислородная вода стимулирует химические процессы окисления, получения энергии. Поэтому кислородная вода бодрит, улучшает обмен веществ. Улучшенный обмен веществ способствует очищению организма. Вода с добавками перекиси водорода широко используется для поддержания здоровья космонавтов и лечения ряда болезней [1]. Отдельно понятие "кислородная вода" появилось в 1996 году, когда она стала производиться и продаваться разлитой в бутылки.

На катоде образуется вода, насыщенная водородом. Стабильные активные формы водорода не известны. Водородная вода имеет большой отрицательный окислительно-восстановительный потенциал. В такой воде стимулируются химические процессы восстановления, роста живых организмов, заживление повреждений. Роль водорода в получении воды с отрицательным ОВП признаётся не всеми исследователями. К тому же отрицательный ОВП жидкости можно получить, применяя различные химические добавки. Однако воду с такими добавками вряд ли можно считать экологически чистой.

Таким образом, кислородная вода улучшает снабжение организма энергией, а водородная - способствует его росту. Эти сорта воды соответствуют понятиям, пришедшим из народных сказок: "мёртвая" - кислородная, и "живая" - водородная вода.

Электролиз являлся одним из первых промышленных методов получения активированной воды, обладающей целебными свойствами. Обстоятельствами, ограничивающими возможности применения активированной электролизом воды, является изменение величины рН. При электролизе на аноде рН сильно уменьшается (меньше 6,5), а на катоде - сильно увеличивается (больше 9). Для питьевой воды существуют санитарные нормы, величина рН должна находиться в пределах 6,5 - 9. Кроме того, соли, находящиеся в растворе, подвергаются электролизу, в результате чего могут образовываться вредные или ядовитые вещества. Например, при электролизе раствора поваренной соли образуются ионы ClO^- . Обработанная электролизом даже очень слабо подсолённая вода становится непригодной для питья, пахнет хлоркой. Поэтому воду, получающуюся после электролиза, нельзя считать экологически чистой.

Окислительно-восстановительный потенциал и его измерение.

Напомним, что такое ОВП. С веществами, растворёнными в воде, могут происходить окислительно-восстановительные реакции. Эти реакции связаны с переносом электрона. Если молекула вещества, растворённого в воде, отдаёт электрон, это процесс окисления. Если молекула растворённого вещества получает электрон, это восстановление. Когда мы растворяем в воде вещество, то характер процессов, которые с ним могут происходить, определяется свойствами самой воды. Если вода имеет положительный ОВП, она может только отнимать электроны и тем самым поддерживать реакции окисления. Если вода имеет отрицательный ОВП, она может отдавать электроны, т.е. поддерживать реакции восстановления.

В реакциях окисления, как правило, выделяется энергия, но окисляющееся вещество расходуется. Для органических соединений окисление - это разрушение веществ. Реакции восстановления для органических соединений ведут к их росту, образованию новых, более сложных веществ.

Окислительно-восстановительный потенциал измеряется двумя электродами, вводимыми в раствор. Один - электрод сравнения, потенциал которого относительно нормального водородного элемента (НВЭ, нуля в электрохимии) хорошо известен. Часто используется хлор-серебряный электрод сравнения. Его потенциал зависит от температуры и концентрации раствора КСl, которым заправлен электрод [2]. При температуре 20°C и концентрации раствора КСl 3М потенциал хлор-серебряного электрода относительно НВЭ составляет +201 мВ.

Второй электрод - платиновый. Платина нейтральна, она никак не взаимодействует с веществами, находящимися в растворе, однако ионы растворённых диссоциированных веществ диффундируют в платину. Между ионами, находящимися в растворе, и диффундировавшими в платину устанавливается равновесие, определяющее потенциал платинового электрода.

Разность потенциалов между платиновым электродом и электродом сравнения измеряется милливольтметром с большим входным сопротивлением (порядка 10^9 Ом). Между окислительно-восстановительным потенциалом, который в электрохимии отсчитывается относительно нормального водородного элемента, и потенциалом E , непосредственно измеряемым милливольтметром, существует соотношение:

$$\text{ОВП} = E + V_{\text{сравн}}$$

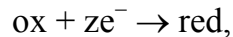
где $V_{\text{сравн}}$ - потенциал электрода сравнения относительно НВЭ. Для хлор-серебряного электрода, упомянутого выше, $V_{\text{сравн}} = +201$ мВ. Про это соотношение не следует забывать, пользуясь портативными коммерческими приборами "карандашами".

Термодинамическая устойчивость воды.

Окислительно-восстановительный потенциал водного раствора определяется активностями окислителей и восстановителей. Выражение для потенциала нейтрального электрода (платинового), помещённого в раствор, содержащий окислитель и восстановитель, имеет вид:

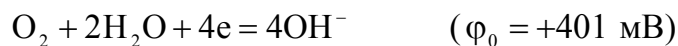
$$E(\text{мВ}) = \varphi_0 + \frac{59,15}{z} \lg \frac{[\text{ox}]}{[\text{red}]}$$

где [ox] и [red] - концентрации окисленной и восстановленной форм,
 φ_0 - стандартный электродный потенциал (мВ) реакции



z - количество электронов, передаваемых за 1 акт окисления-восстановления.

В воде всегда есть окислители и восстановители. Окислительно-восстановительный потенциал чистой воды определяют равновесия:



Из этих равновесий следует, что вода всегда будет самопроизвольно разлагаться с образованием водорода и кислорода, хотя равновесное давление этих газов очень мало. Оно составляет для водорода $2 \cdot 10^{-28}$ атм и 10^{-28} атм для кислорода [3].

Таким образом, в чистой воде окислителем является ион водорода H^+ , который может принять электрон, а восстановителем - ион гидроксила OH^- , который может отдать электрон. При равновесии в нейтральном растворе с $\text{pH} = 7$, когда $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$, ОВП воды, не содержащей растворённые газы, равен нулю.

Если в воде растворены вещества, являющимися окислителем и восстановителем, и эти вещества не взаимодействуют с продуктами диссоциации воды (ионами H^+ и OH^-), то выражение для окислительно-восстановительного потенциала раствора можно записать в виде:

$$\text{ОВП} = \varphi_0 + \frac{59,15}{z} \lg \frac{[\text{ox}]}{[\text{red}]} - 59,15 \cdot \text{pH}$$

Исходя из равновесий для водорода и кислорода в чистой воде, зависимость от pH потенциалов водородного и кислородного электродов при давлении газов 1 атм определяется соотношениями [3]:

$$\varphi_{\text{H}_2} = -59,15 \cdot \text{pH}$$

$$\varphi_{\text{O}_2} = 1230 - 59,15 \cdot \text{pH}$$

Здесь потенциалы выражены в милливольтгах. Эти зависимости представлены на рис. 1.

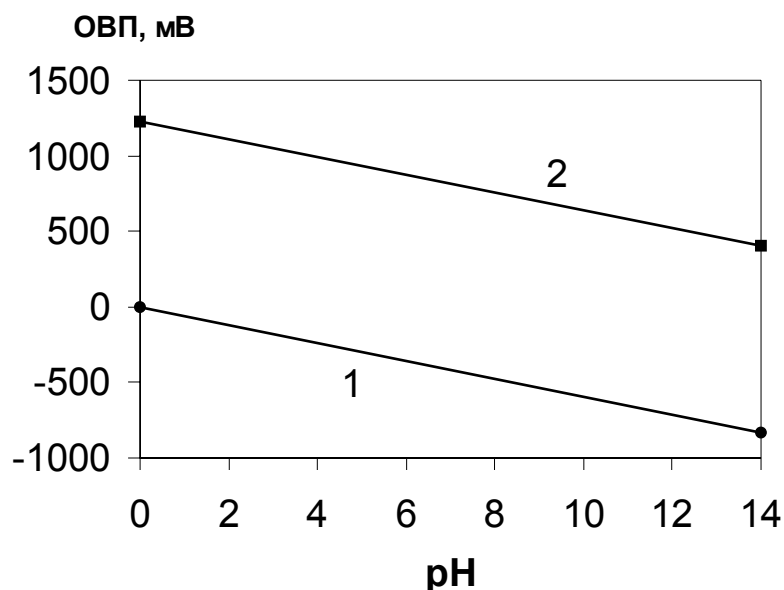


Рисунок 1. Области термодинамической устойчивости воды (см. текст).

В зоне ниже уровня равновесного потенциала для водородного электрода (ниже прямой 1), происходит самопроизвольное разложение воды с образованием водорода. В зоне между прямыми 1 и 2 вода практически стабильна, равновесное давление самопроизвольно образующихся газов здесь около 10^{-28} атм. В зоне выше уровня равновесного потенциала для кислородного электрода (выше прямой 2), происходит самопроизвольное разложение воды с образованием кислорода. Расходование энергии на разложение воды в зонах ниже и выше прямых 1 и 2 приводит к тому, что система стремится принять значения pH и ОВП, находящиеся в зоне термодинамической устойчивости воды между этими прямыми.

Структура воды.

Молекула воды H_2O несимметрична. Атомы водорода, несущие положительный заряд, смещены в одну сторону от центра молекулы, атом кислорода - другую. В результате молекула воды представляет собой диполь: положительный заряд которого сосредоточен в одном конце молекулы, а отрицательный - в противоположном. Если молекулы окажутся ориентированными относительно друг друга разноимёнными полюсами, то они будут притягиваться. Несколько молекул, притянутых последовательно друг к другу, могут образовать кластер, который будет перемещаться в воде как одно целое.

Дополнительно молекулы воды могут скрепляться водородными связями. Кластеры, сгустки молекул, образованные таким образом, могут заметно влиять на макроскопические параметры воды. Молекулы воды, объединённые в большие кластеры, имеют, в принципе, меньшую подвижность, отдельные молекулы. Попадая в организм, такие молекулы труднее впитываются в клетку.

Выпускается вода, имеющая, по утверждению производителей, кластеры размерами в пять молекул (пятикластерная вода, PentaWater [4] должна легче

усваиваться организмом, чем обычная. Однако доказательств того, что в кластере именно 5 молекул, производители не приводят.

Исследованию кластерной структуры воды посвящено много работ [5,6,7]. Обзор последних работ приводится в работе [6]. Качественно все отмечают, что параметры воды при разных видах воздействия на неё меняются. Однако точно определить, сколько молекул воды образуют кластер, пока никому из исследователей не удалось.

Попытки наблюдать структуру воды предпринимали и авторы этой работы. Под микроскопом наблюдалось рассеяние света от лампы накаливания и лазера на угол 90° . Луч света от мощной лампы накаливания фокусировался системой линз в пучок, который на длине 10 мм имел диаметр не более 2 мм. Свет от лазера и лампы накаливания направлялся в кювету из оптического кварцевого стекла толщиной 10 мм. Под углом 90° относительно оси светового пучка располагался объектив микроскопа. Фото представлены на рис. 2. В рассеянном свете видны неоднородности, размер которых лежит в пределах 0,01 - 0,1 мм.

Супранадмолекулярные комплексы воды размером порядка 0,1 мм обнаружены также в работе [8] в пучке рассеянного излучения лазера. Однако однозначно расшифровать подобные картины пока никому не удалось.

В книге Зенина [9] рассмотрены структуры, которые могут образовываться при соединении молекул воды в кластеры. Эти структуры могут по форме напоминать молекулы ДНК. Поэтому не исключено, что генетический код, записанный в молекуле ДНК, читает именно вода.

Таким образом, выполненные в настоящее время исследования позволяют утверждать, что структура воды есть, и она может меняться. Можно качественно указать на приёмы, позволяющие получать более мелкие кластеры воды. Однако вопрос о точном описании кластера воды остаётся открытым.

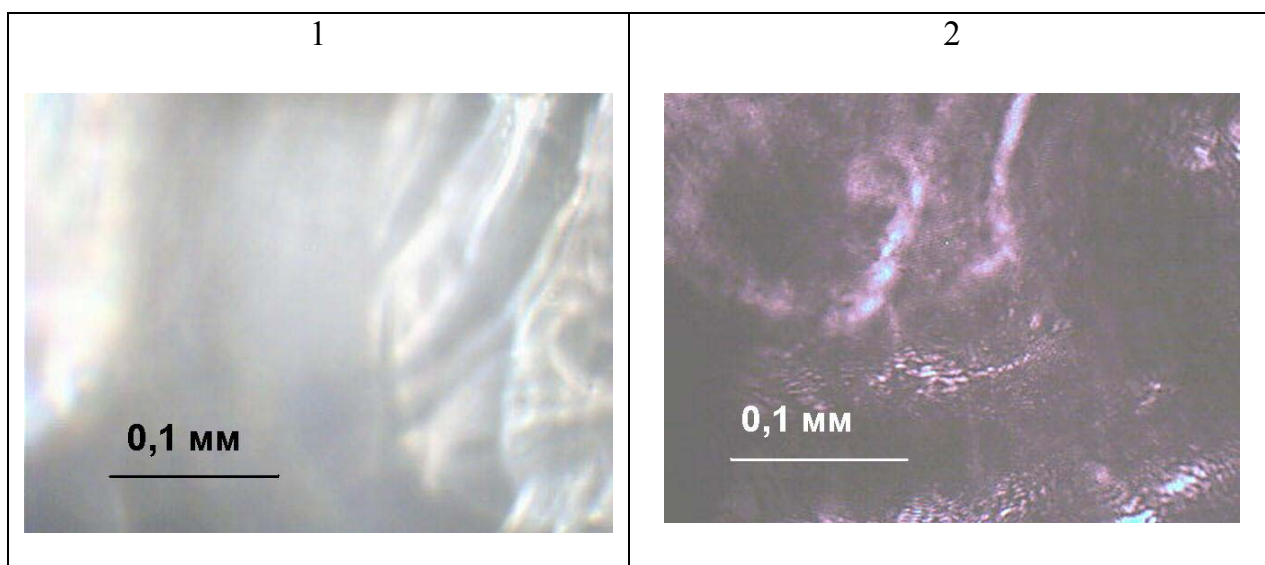


Рисунок 2. Фотография света, рассеянного на угол 90° относительно оси пучка: 1 - лампа накаливания; 2 - лазер. Направление пучка - слева направо, по оси абсцисс.

Глава I. Получение оксигенированной (кислородной) воды и её свойства.

Концепция получения чистой и качественной воды.

Для того, чтобы придать воде какие-либо целебные свойства, её нужно предварительно очистить. На городских станциях водоподготовки вода хорошо очищается, однако, проходя через старую водопроводную систему она может снова загрязниться. Большое значение имеет удаление из воды газообразных продуктов, в частности, хлора. Читатель может возразить, что в книгах Ф. Батмангхелиджа [1 - 3] речь идёт о лечении просто водой, и нет ни слова об её очистке. Однако в стране, где живёт Батмангхелидж (Пакистан) вода берётся из горных ручьёв и рек, и практически нет промышленности, которая могла бы заметно загрязнить эту воду. Воздух в этой стране также чистый, горный, что не создаёт предпосылок для быстрого загрязнения воды, набранной в посуду. Такая вода изначально обладает целебными, живительными свойствами.

В нашей местности исходно чистая и целебная вода существует в родниках и колодцах. Но этой воды очень мало. Доступная нам водопроводная вода требует очистки для того, чтобы ей можно было придать целебные свойства. Известно, что вода из целебных источников обладает наибольшей силой на месте её появления. Поэтому возле целебных источников строят санатории, в которые люди едут издалека. Вода из этих источников, разлитая в бутылки и доставленная в другие города, обладает заметно менее выраженным целебным эффектом. Поэтому естественно предположить, что целебную воду лучше всего готовить на месте её потребления.

Наиболее благоприятной для здоровья человека можно считать воду, на которой он вырос. Предки пили эту воду на протяжении многих поколений, организм привык к такой воде. Наши предки пили воду из рек или из родников (колодцев). Из родников и колодцев вода и сейчас наиболее благоприятна, однако её очень мало, не хватает. Много речной воды, однако, она стала сильно загрязненной, так что воду непосредственно из реки пить нельзя. Речная вода требует очистки.

В качестве альтернативы в настоящее время предлагается вода из скважин. Неглубокие скважины (до 30 м), забирающие воду из слоя песка, дают воду, которая обычно не требует очистки и по своему составу она близка колодезной или родниковой. Однако дебет таких скважин невелик, они склонны к заиливанию и требуют нередко больших эксплуатационных затрат. Глубокие артезианские скважины (более 100 м) обеспечивают большой расход воды, меньше склонны к заиливанию. Однако вода из таких скважин часто содержит соли, не свойственные поверхностным речным водам, и непосредственно для питья, как правило, непригодна. Существуют скважины с целебной водой, но они встречаются редко. Поэтому в основном вода из артезианских скважин требует, как и речная вода, серьёзной очистки.

Производители бутилированной воды, добываемой из скважин, гордо сообщают, что непосредственно из скважин идёт техническая вода, не пригодная для питья, но они применяют сложную многоступенчатую систему очистки.

Таким образом, очистка нужна как речной воде, так и артезианской. Основа речной воды имеет полезный для человека состав, особенно проживающего в данной местности, но содержит техногенные загрязнения. Задача очистки речной воды - удаление техногенных примесей.

Так как вода из артезианских скважин загрязнена солями, нежелательными для употребления или вредными здоровью, то их удаляют высокоэффективными фильтрами, включая обратный осмос. Однако при этом из воды удалятся практически все соли. Чтобы компенсировать отсутствие солей, их искусственно вводят в воду после очистки.

Речная вода проходит очистку на водопроводных станциях. Основные стадии очистки - фильтрация через естественные материалы (гравий, песок) и отстаивание являются аналогом механизмов природной очистки воды. Дополнительно применяются хлорирование или озонирование, которое удаляет окисляющиеся примеси. При этом речная вода сохраняет исходный солевой состав, который является полезным.

После очистки на водопроводной станции вода, независимо от того, какую основную стадию очистки она прошла - хлорирование или озонирование - перед подачей в трубопровод насыщается газообразным хлором или в неё вводится гипохлорит. Введение активного хлора необходимо для того, чтобы обеспечить обеззараживание воды во время её движения по трубам потребителю.

Трубопроводная система городов эксплуатируется десятки лет. За это время трубы заметно загрязнились. Загрязнения труб происходят во время аварий на водопроводных станциях, когда вода без всякой очистки подаётся в водопровод. Аварии не часты, но они всё же случаются (например, при перебоях с подачей электроэнергии). Поэтому водопроводная вода нуждается в очистке от хлора и его соединений, а также от загрязнений, смытых водой со стенок трубы. Содержание этих примесей, как правило, находится в пределах ПДК, поэтому органы санэпиднадзора смело говорят, что вода из водопровода соответствует нормам. Однако потребители часто отмечают неприятный вкус и запах воды, вода быстро загрязняет чайники и кипятильники. Поэтому водопроводная вода тоже нуждается в очистке от загрязнений, которые в неё попадают из труб.

Таким образом, и артезианская, и водопроводная вода требуют очистки, однако исходный состав воды, более полезный для человека, имеет водопроводная вода. Для очистки артезианской воды используются приёмы, в корне меняющие её состав и структуру. Для очистки водопроводной воды лучше всего подходит методика, основанная на природных принципах очистки воды, происходящих в атмосфере и в поверхностном слое земли (в песке).

Природная технология очистки воды.

Основа технологии.

Таким образом, водопроводная вода имеет хороший состав, однако она загрязнена. Идеальным способом очистки воды является полное окисление всех содержащихся в ней примесей. Хорошо известна и широко применяется очистка воды методом озонирования. Однако озон - селективный окислитель. Имеется много веществ, которые практически не взаимодействуют с озоном. При взаимодействии с озоном органические соединения разлагаются до конечных продуктов, стойких к озону, либо окисляющихся им очень медленно. Есть опасные для здоровья органические соединения, (например, фенол) которые сами быстро разрушаются озоном, однако продукты взаимодействия фенола с озоном (например, щавелевая кислота) оказываются практически стабильными. Далеко не все продукты окисления озоном сложных органических соединений являются безвредными.

Применение сильных окислителей (хлор, озон) для разложения органических соединений приводит к появлению вторичных соединений (хлорорганика, озониды), токсичность которых может быть выше токсичности исходных веществ. Только гидроксильные радикалы полностью окисляют все соединения до уровня нейтральных солей. В частности, органические соединения окисляются до углекислого газа и воды. В настоящее время за рубежом интенсивно развивается новое направление, основанное на использовании в качестве окислителей гидроксильных радикалов, которое получило название "улучшенные окислительные технологии" (Advanced Oxidation Technologies, AOT's).

В научно-исследовательском институте ядерной физики имени Д.В.Скобельцына (НИИЯФ МГУ) совместно с Нижнетагильским технологическим институтом (филиалом) Уральского политехнического университета (УПИ) создан генератор холодной плазмы нового типа [4, 5]. Плазма образуется в газовой фазе при вспышечном коронном электрическом разряде на воздухе в насыщенных парах воды. На основе генератора реализован новый подход к задаче очистки воды, заключающийся в том, что осуществляется окисление всех веществ, растворенных в воде. Одновременно протекают другие физико-химические процессы, придающие воде целебные свойства.

Генератор холодной плазмы.

Электрический разряд является одним из способов генерации химически активных частиц [6]. Больше всего электрический разряд используется для получения озона [7]. Однако озон является селективным окислителем, есть много соединений, которые практически не взаимодействуют с озоном. Поэтому представляет большой интерес генерирование универсальных высоко активных окислителей, к числу которых относятся гидроксильные радикалы. Гидроксильные радикалы с большой вероятностью гибнут во взаимодействиях между собой на месте образования. В работе [8] найдены условия, при которых время жизни радикалов составляет ~ 1 сек. Этого времени достаточно, чтобы извлечь радикалы из разрядной камеры с эффективностью порядка 50% и осуществить контактирование с обрабатываемой жидкостью. Наличие в числе активных частиц гидроксильных радикалов принципиально меняет ход окислительных процессов в жидкости, так как радикалы инициируют цепные реакции. Поддержание цепных процессов в обработанной жидкости позволяет, несмотря на малый абсолютный выход радикалов, получить результаты, недостижимые с помощью озонирования. В данной работе рассмотрены конструктивные особенности прибора, реализующего принципы генерации активных частиц, предложенные в обзоре [6] и патентах [4, 5, 9].

Холодная плазма вспышечного коронного электрического разряда при отрицательной полярности высокого напряжения на разрядном электроде образуется в области высокой напряжённости электрического поля. Если выбрать рабочее напряжение, обеспечивающее начало образования лавин, и ограничивать ток в разрядной цепи, то на электроде возникают импульсы Тричела [10]. При образовании лавины ток в цепи начинает возрастать. Ограничение тока на балластном резисторе приводит к падению высокого напряжения, которое уменьшается ниже порога образования лавины. При этом

ток разряда падает и напряжение снова повышается. Образуются импульсы тока амплитудой ~ 200 мА, следующие с частотой ~ 100 кГц. Длительность импульса порядка 0,1 мкс. Напряжённость электрического поля при возникновении импульсов Тричела достигает 300 кВ/см [11]. Если разряд происходит на воздухе в присутствии паров воды, то образуются первичные активные частицы: озон, радикалы OH^\bullet и H^\bullet .

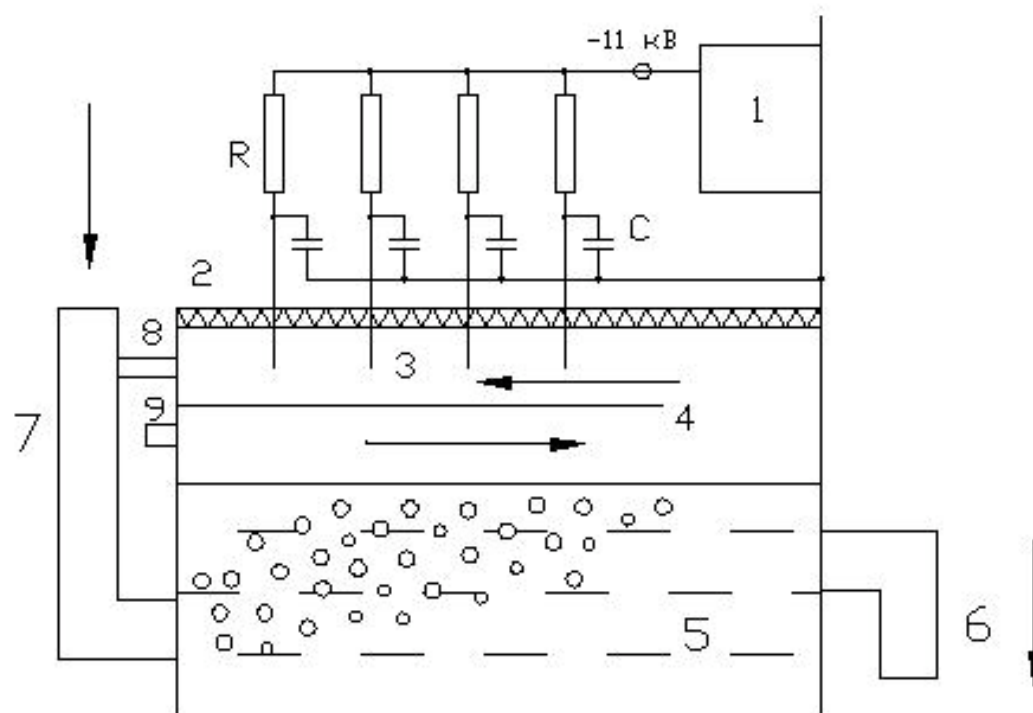


Рисунок 3. Эскиз генератора. 1 - источник питания; 2 - изолятор; 3 - разрядные электроды; 4 - заземлённый электрод; 5 - обрабатываемая вода; 6 - слив обработанной воды; 7 - эжектор; 8 - трубка вывода активных частиц; 9 - трубка подачи свежего воздуха или кислорода.

Эскиз генератора представлен на рис. 3. Прибор состоит из корпуса, в котором находится обрабатываемая вода 5, разрядные электроды 3 и заземлённый электрод 4. Разрядные электроды закреплены во фторопластовом изоляторе 2 толщиной 5 мм. На каждый разрядный электрод 3 через RC-цепочку подаётся высокое напряжение 11 кВ отрицательной полярности от источника питания 1. RC-цепочка ($R = 20$ МоМ, 6 шт по 3,3 МоМ типа С2-33м, 1 Вт; $C = 34$ пф, последовательно 2 шт 68 пф типа С5-15, 6,3 кВ) используется для формирования разряда требуемого типа. Источник питания представляет собой генератор тока, обеспечивающий в рабочем режиме ($V = -11$ кВ, $I = 4$ мА) динамическое выходное сопротивление 0,5 МоМ.

Вспышечный коронный электрический разряд возникает между разрядными электродами 3 и заземлённым электродом 4. Ток разряда с каждого электрода 70 - 100 мкА. Величина разрядного промежутка 6 мм. Для того, чтобы

обеспечить концентрацию поля на каждом электроде, расстояние между электродами должно составлять не менее 25 мм, длина каждого электрода не менее 25 мм. Диаметр разрядных электродов 2 мм. Материал электродов - проволока из нержавеющей стали. Электроды специально не затачивались, достаточно острия, возникающего на краях при обрезании проволоки. Фотография разряда, образующегося между электродами 3 - 4 внутри камеры генератора, приведена на рисунке 4.

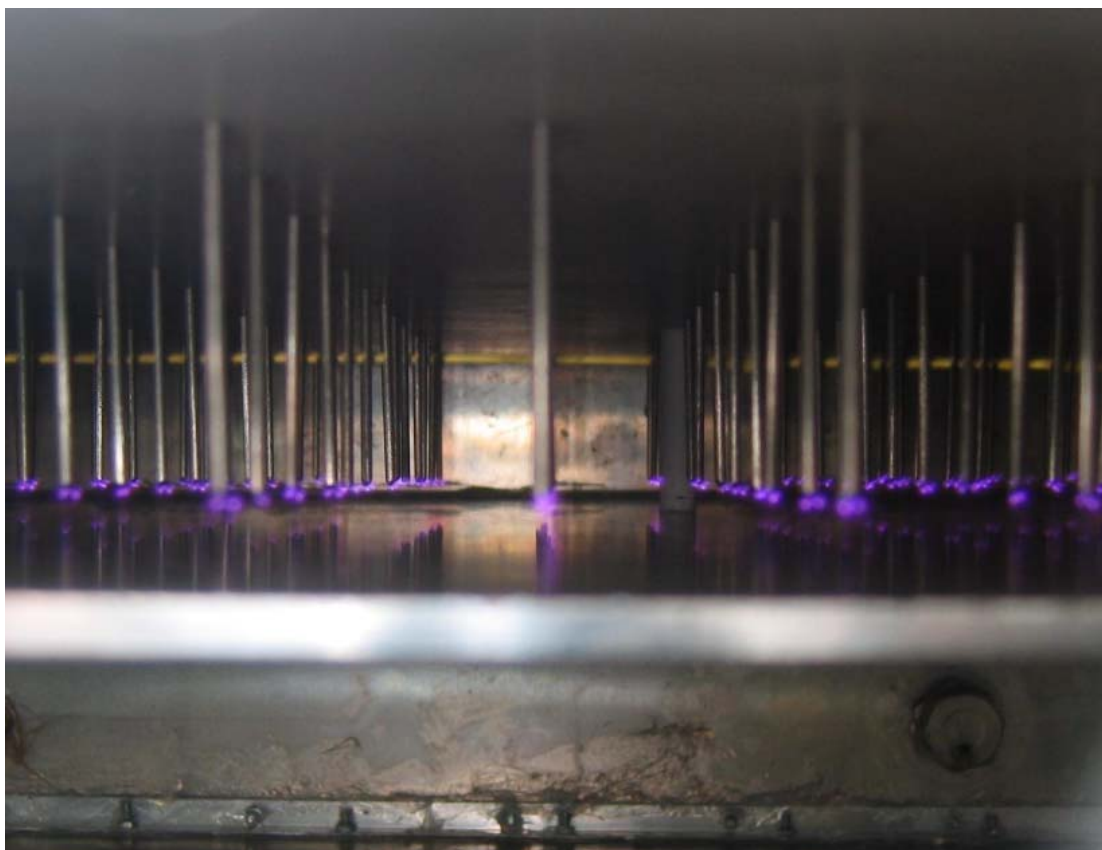


Рисунок 4. Вид разряда в камере генератора.

Схема обработки питьевой воды генератором холодной плазмы.

Эскиз установки для дополнительной очистки водопроводной воды представлен на рисунке 5. Установка состоит из генератора холодной плазмы и дополнительного угольного (коксового) фильтра, предназначенного для нейтрализации активных частиц после обработки паров воды плазмой. Перед подачей в генератор вода проходит фильтр, свойства которого зависят от состава и качества воды. Если вода сильно загрязнена, и содержит железо (больше 0,5 мг/л), соли жёсткости значительно больше ПДК, и др. необходимо использовать технику, ориентированную на удаление именно этой примеси. Для водопроводной воды достаточно использовать песчаный фильтр. При обработке водопроводной воды подача кислорода в камеру генератора не обязательна. Принудительная подача кислорода (воздуха) желательна в случае сильного насыщения воды хлором, что происходит обычно летом в жаркую погоду. При всех условиях, подача кислорода улучшит качество воды, позволит повысить концентрацию растворенного кислорода и сделает её особенно полезной.

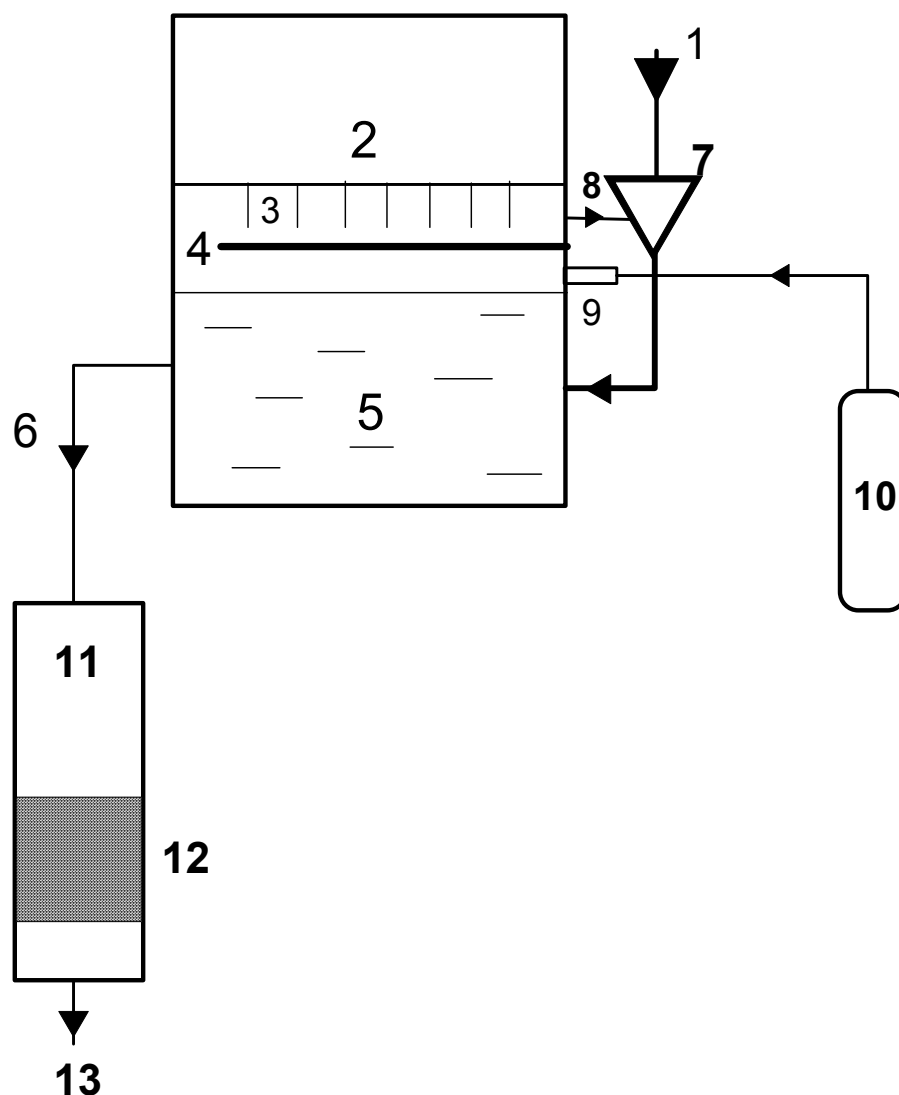


Рисунок 5. Эскиз установки для обработки питьевой воды холодной плазмой вспыхечного коронного электрического разряда. Цифрами на рисунке обозначены: 1 - вход обрабатываемой воды; 2 - резисторная матрица; 3 - разрядные электроды; 4 - земляной электрод; 5 - резервуар с обрабатываемой водой; 6 - выходная труба; 7 - эжектор; 8 - всасывающая трубка; 8 - обратный воздушный клапан, через который может подаваться кислород; 10 - кислородный баллон; 11 - фильтр; 12 - кокс; 13 - выход обработанной воды.

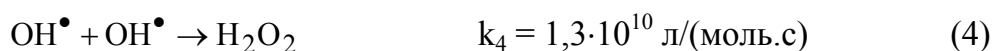
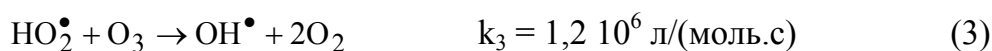
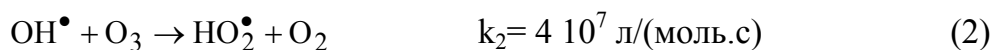
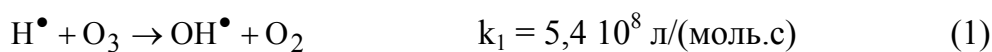
Обрабатываемая вода по трубе 1 подается на вход эжектора 7. Если вода загрязнена механическими примесями, то на входе нужен дополнительный фильтр с пористостью 1 - 2 мкм. Если обрабатывается водопроводная вода, которая содержит хлор, то для его удаления на входе нужен песчаный фильтр, на выходе которого хлор переходит из раствора в газовую фазу. Холодная плазма образуется в зоне разряда в насыщенном парами воды воздухе или кислороде между электродами 3 и 4 и высасывается из области разряда эжектором 7 через трубку 8. В эжекторе газ перемешивается с водой в соотношении 1:1. Водогазовая смесь поступает в резервуар 5. Время нахождения воды в резервуаре 5 порядка 2 - 3 минут. Здесь почти все газы отделяются от воды и через разрядную полость (зазор между электродами 3 и 4) снова всасываются в эжектор. Поэтому

при большом содержании растворённых в воде газов необходима принудительная подача в камеру воздуха или чистого кислорода. Его количество также определяется расходом на окисления и уносом с потоком воды. При расходе воды $0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ подача кислорода должна быть порядка 10 л/ч . Избыточная подача кислорода недопустима, так как она приводит к выдуванию активных частиц из генератора, что будет означать снижение эффективности прибора и появление запаха озона в помещении, где находится прибор.

Неизрасходованный озон используется повторно, его концентрация в газовой фазе после включения высокого напряжения возрастает и достигает стационарной концентрации примерно через 15 минут. По мере расходования кислорода (и озона) на окисление примесей воды и унос с потоком воды в растворенном виде, давление в камере генератора уменьшается, и свежий воздух подсасывается через обратный клапан 9. Клапан представляет собой длинную трубку, через которую свободно проходит воздух, а в обратную сторону диффундирует озон. Длина трубки выбрана достаточно большой, так что озон не может утекать из камеры генератора с заметной вероятностью, так как диффундирующий озон увлекается обратно засасываемым воздухом. Воздух в помещении, из которого засасывается воздух в генератор, должен быть чистым, в противном случае будет происходить вторичное загрязнение воды. Отделение газов от воды продолжается и в трубе, соединяющей генератор и фильтр 6. В одну сторону (вниз) через трубу идет вода, в обратную (вверх) - озон-воздушная смесь. Поэтому труба должна иметь большой диаметр. Проходя через слой углерода (кокса), вода освобождается от наиболее реакционно-способных частиц (радикалов), которые расходуются во взаимодействиях с углеродом. Растворенный в воде озон и кислород окисляют углерод, получаются карбонат-ионы CO_3^{2-} . При взаимодействии этих ионов с ионами металлов, которые могут быть в воде, получаются нерастворимые соединения. В растворе остаются только карбонаты щелочных металлов. Поэтому обработанная вода часто имеет более щелочную реакцию, чем исходная. Отстаивание воды от выпадающих в осадок соединений можно осуществлять в промежуточной ёмкости, где будет накапливаться обработанная вода. Таким образом, уголь расходуется, однако его запаса хватит на весь срок службы прибора. Пример процесса извлечения тяжёлого металла на примере ионов меди дан в работе [12]. Этот процесс возможен в воде, имеющей достаточную жёсткость.

Физико-химические процессы в генераторе холодной плазмы.

При вспышечном коронном электрическом разряде в воздухе при наличии паров воды образуются первичные активные частицы: озон, радикалы OH^\bullet и H^\bullet . Концентрация озона намного больше концентрации радикалов, так как выход озона больше, и он не полностью расходуется и накапливается в процессе работы. В присутствии большого количества озона, генерируемого при электрическом разряде, если $[\text{O}_3] \gg [\text{H}^\bullet], [\text{OH}^\bullet], [\text{HO}_2^\bullet]$ происходят реакции:

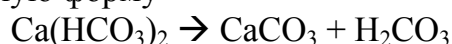


Т.е. радикалы взаимодействуют в первую очередь с озоном, так как его концентрация намного больше, чем концентрация радикалов. В результате атомы (радикалы) H^\bullet превращаются в радикалы OH^\bullet , в газовой фазе остаются радикалы OH^\bullet и HO_2^\bullet , которые не погибают, а взаимодействуя с озоном, превращаются один в другой: $\text{OH}^\bullet \leftrightarrow \text{HO}_2^\bullet$. Радикалы "живут" в динамике, и на поддержание их жизни расходуется озон. Образуется озono-гидроксильная смесь, время жизни которой порядка 1 сек [9]. Озono-гидроксильная смесь высасывается через трубку 8 в эжектор и смешивается с водой. Эффективность вывода радикалов при длине трубки не более 10 см составляет 30 - 50%.

Наличие гидроксильных радикалов в газовой смеси принципиально изменяет химические процессы, происходящие в воде. Сам озон является селективным окислителем, имеется много веществ, с которыми он практически не взаимодействует. В отличие от озона, активные частицы, образующиеся в холодной плазме, являются универсальным окислителем, их реакционная способность в миллионы раз больше реакционной способности озона. Поэтому степень очистки воды холодной плазмой намного выше, чем при обработке озоном. Особенно эффективен новый метод очистки воды при малом содержании примесей (как в случае речной воды), так как расход электроэнергии на генерацию необходимого количества активных частиц будет мал. В обрабатываемой воде в камере генератора создается концентрация растворенного озона не менее 1 мг/л. Такой концентрации озона достаточно для полной дезинфекции воды. Воду непосредственно с выхода генератора можно использовать для дезинфекции посуды, рук, пищевых продуктов.

Перед тем, как поступить к потребителю, вода должна пройти стадию разложения активных частиц. Для этого вода пропускается через угольный (коксовый) фильтр. Фильтр полностью поглощает все высоко активные частицы, находящиеся в воде, и частично разлагает озон. Остаточный озон консервирует воду, разливаемую в бутылки, что позволяет долго хранить её без ухудшения качества. Концентрация активного кислорода, длительное время сохраняющаяся в воде, составляет ~ 0,05 мг/л. Пролонгированный антимикробный эффект обеспечивается присутствием в воде следов перекиси водорода и коллоидными частицами, несущими электрический заряд, полученный ими при обработке воды холодной плазмой.

Соли жесткости, растворенные в воде, частично переходят в нерастворимую форму



В обычной воде этот процесс происходит на горячих поверхностях (стенках чайника или нагревательных элементах), поэтому они покрываются налетом карбоната кальция. После обработки воды предлагаемым способом карбонат образуется во взвешенном состоянии и значительно меньше оседает на горячих поверхностях, тем самым уменьшается карбонатная жесткость воды.

Органические соединения при взаимодействии с радикалами разлагаются до углекислого газа и воды. Относительно малый выход гидроксильных радикалов компенсируется тем, что они инициируют цепные реакции, которые могут продолжаться долго после первичного контакта радикалов с водой [6]. Длина цепи, количество актов окисления на один первичный радикал, может составлять 1000 и более.

Динамика установления концентрации озона внутри камеры, аналогичной камере генератора, детально исследовалась в работе [6]. Концентрация озона, растворённого в воде, вытекающей из камеры прибора (трубы 6) при следующих параметрах: расход обрабатываемой водопроводной воды 0,5 м³/ч, количество разрядных электродов - 49, суммарный ток электрического разряда на всех электродах 4 мА представлена на рис. 6.

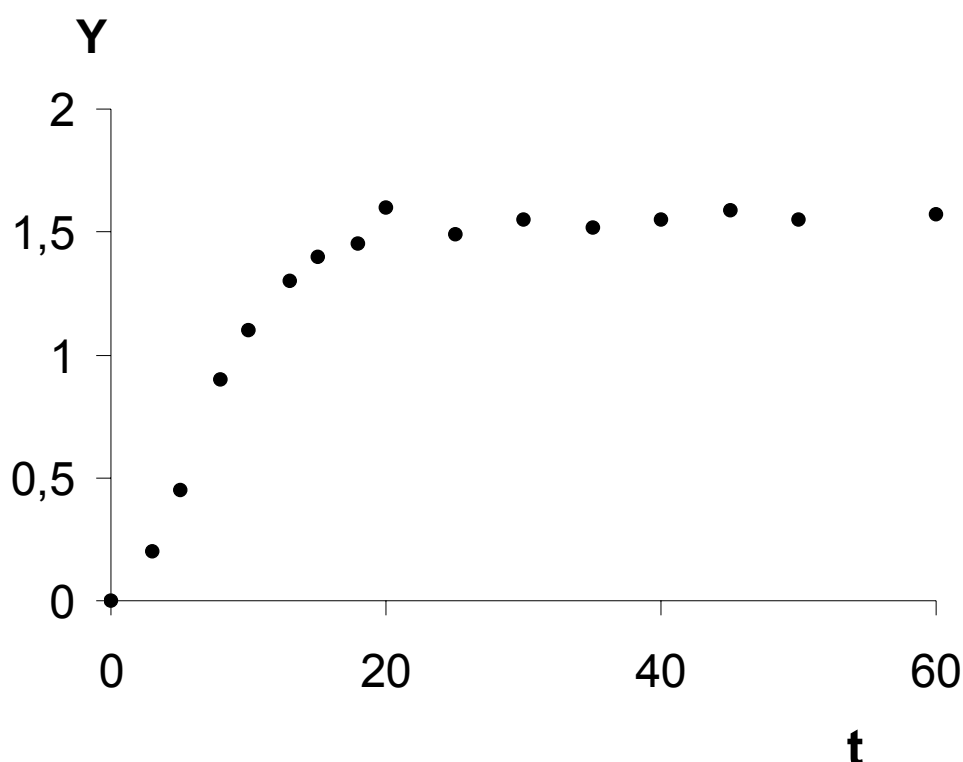


Рисунок 6. Установление стационарной концентрации озона, растворённого в воде, на выходе из генератора. t - время с момента включения электрического разряда, минуты; Y - концентрация озона, растворённого в воде, мг/л.

Из рис. 6 видно, что концентрация озона достигает стационарного состояния через 30 минут и составляет $\sim 1,5$ мг/л ($3 \cdot 10^{-5}$ моль/л). Концентрация озона оказывается достаточно большой для удовлетворения условия $[O_3] \gg [OH^\bullet], [HO_2^\bullet], [H^\bullet]$ через 15 минут. Поэтому характерной особенностью работы генератора является время готовности, которое определяется временем установления стационарной концентрации озона в газовой полости, и составляет не менее 15 минут. В стационарном состоянии концентрация озона,

растворённого в воде внутри камеры генератора 5, составляет $\sim(1 \div 1,5)$ мг/л. В случае получения питьевой воды все радикалы, остающиеся в воде, должны быть уничтожены, а концентрация озона - уменьшена до уровня ПДК. Для этого вода после трубы 6 пропускается через коксовый (угольный) фильтр. На поверхности углерода все радикалы гибнут, концентрация озона уменьшается до ПДК (меньше 0,3 мг/л). Применение кокса вместо обычного древесного угля (например, марки БАУ) связано с тем, что из древесного угля при большом потоке воды вымывается много частиц неизвестного состава. В результате содержание взвеси и мутность воды после фильтра из древесного угля может оказаться больше, чем в исходной воде.

Результаты испытаний генератора БЭР-49-М.

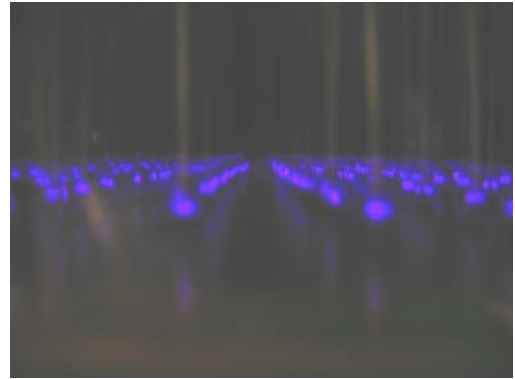
Физические принципы и конструктивные особенности, изложенные выше, легли в основу приборов серии "Пилимин" марки БЭР-49-М. Испытывался прибор для очистки воды с генератором холодной плазмы, имеющем 49 разрядных электродов, суммарный ток электрического разряда 4 мА, поток обрабатываемой воды составлял 0,5 м³/ч. Измерялся выход активных частиц. Для этого использовались дозиметрические жидкости: раствор в дистиллированной воде KI концентрацией 5 г/л и щавелевой кислоты концентрацией 1 г/л. Выход окисления иода позволял определить суммарное количество всех окислителей (озона и радикалов), высасываемых из разрядной полости эжектором и контактирующих с жидкостью. Количество молекулярного иода, образовавшегося при окислении, определяли титрованием тиосульфатом натрия. Содержание щавелевой кислоты в исходной и обработанной воде определяли перманганатным методом.

Расходование щавелевой кислоты возможно только в результате окисления гидроксильными радикалами, так как константа скорости реакции окисления озоном очень мала [13]. Таким образом, выход окисления ионов иода определял суммарное количество всех окислителей, а выход окисления щавелевой кислоты определял количество гидроксильных радикалов, извлечённых из разрядной полости. Установлено, что выход озона составляет 120 ± 10 моль/моль электронов (молекул на один прошедший в разрядной цепи электрон), а выход гидроксильных радикалов 15 - 20 моль/моль электронов. Полный выход радикалов составлял 32 моль/моль электронов [6]. Отсюда эффективность вывода радикалов из разрядной камеры составляет около 50%. Это соответствует образованию озона 0,8 г/ч и гидроксильных радикалов $1,5 \cdot 10^{-3}$ моль/ч при мощности генератора 40 Вт.

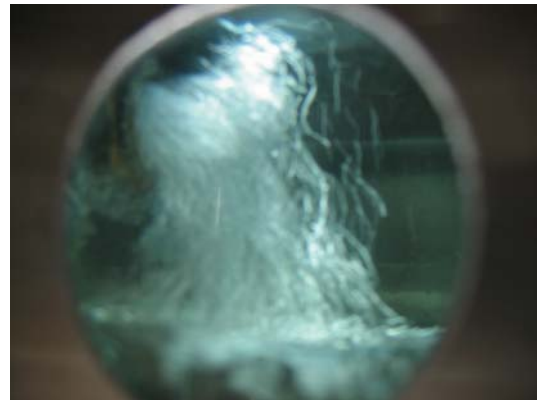
При измерении выхода радикалов делали контрольный опыт. В раствор щавелевой кислоты вводили углекислый натрий концентрацией 5 г/л. Ионы CO_3^{2-} с намного более высокой скоростью взаимодействуют с гидроксильными радикалами, чем щавелевая кислота. Поэтому радикалы "перехватываются" ионами CO_3^{2-} и окисление щавелевой кислоты не происходит. Фактически измеренный выход окисления щавелевой кислоты с добавлением Na_2CO_3 составил 0 ± 2 моль/моль электронов. Выполненный дополнительный эксперимент подтверждает, что частицы, окисляющие щавелевую кислоту - радикалы. Фото прибора марки БЭР-49-М для очистки питьевой воды и насыщения её кислородом, представлено на рис. 7.



Внешний вид генератора,
смонтированного в кухонном шкафу



Разряд в верхней камере



Процесс в водяной камере

Рисунок 7. Внешний вид генератора холодной плазмы для очистки и получения насыщенной кислородом воды производительностью 250 л/ч, смонтированного в навесном кухонном шкафу. В разрядной камере (верхние два маленьких окошка) виден вспыхивающий коронный электрический разряд на электродах. В нижней водяной камере (нижнее большое окно) видно впрыскивание газо-жидкостной смеси.

Эффективность водоочистного устройства в части некоторых загрязняющих компонентов и результаты анализа водопроводной воды г. Москвы, обработанной прибором ПИЛИМИН, приведены в таблицах 1 - 3.

Таблица 1. Эффективность водоочистного устройства в части некоторых загрязняющих компонентов.

Наименование загрязняющего компонента или показателя качества	Норматив (ПДК) по СанПин 2.1.4.1074	Диапазон концентраций загрязняющих компонентов в очищаемой воде мг/дм ³	Степень очистки, %
Фенол, мг/л	0,001	0,001 - 0,005	более 89%
Хлор остаточный, мг, л свободный общий	0,3 - 0,5	0,5 - 2,0	(85 ± 10)%
	0,8 - 1,2	1,0 - 2,2	(59 ± 10)%
Перманганатная окисляемость, мг О/л	5	5 - 8	(72 ± 10) %
Железо, мг/л	0,3	0,3 - 0,64	(88 ± 8)%
Медь, мг/л	1,0	0,95 - 1,0	более 98%
Мутность, ЕМФ	2,6	15 ± 3	(98 ± 2)%

Таблица 2. Результаты измерений антимикробных свойств обработки.

Показатель	ПДК	Результат до обработки	Результат после обработки	НД на методы испытаний
Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов	КОЕ/мл Не более 100	Обнаружено 300 КОЕ	Не обнаружено	МУК 4.2.1018-01

Таблица 3. Результаты анализа обработанной прибором ПИЛИМИН водопроводной воды г. Москвы.

№	Показатели	Результат измерений	ПДК	Единица измерения
1.	Запах неопред.	1	2	Баллы
2.	Цветность	5,3	20	Градусы
3.	Мутность	< 0,5	2,6	ЕМФ
4.	Водородный показатель	7,53	от 6 до 9	Единицы рН
5.	Перманганатная окисляемость	2,56	5	мг О/л
6.	Общее железо	< 0,1	0,3	мг/л
7.	Аммиак и аммонийные соли	0,23	2	мг/л
8.	Нитраты по нитрат-иону	2,81	45	мг/л
9.	Нитриты по нитрит-иону	0,02	3,3	мг/л
10.	Общая жёсткость	3,1	7	мг-экв/л
11.	Фториды	0,095	1,2	мг/л
12.	Марганец	0,03	0,1	мг/л
13.	Щёлочность	2,25	10	мг-экв/л
14.	Бикарбонаты	137,3	Не норм.	мг/л
15.	Кальций	45,2	Не норм.	мг/л
16.	Хром (Cr ⁶⁺)	<0,01	0,05	мг/л
17.	Свинец	<0,01	0,03	мг/л
18.	Цинк	0,07	5	мг/л
19.	Медь	<0,01	1	мг/л
20.	Связанный остаточный хлор	<0,05	от 0,1 до 1,2	мг/л
21.	Растворённый кислород	14 ^{*)}	Не норм	мг/л

^{*)} - при температуре обрабатываемой воды +7°С и при подаче в камеру только воздуха.

Получение воды, насыщенной кислородом (спортивная вода).

Известно, что вода, насыщенная кислородом, способствует усилению процессов обмена веществ в организме. Приём такой воды снимает усталость, повышает работоспособность. Применение кислородной воды спортсменами повышает выносливость, положительно влияет на спортивные результаты. Кислород не является допингом, и не относится к числу веществ, запрещённых к употреблению.

Обычная технология получения насыщенной кислородом воды достаточно сложная. Приготовленная вода разливается в бутылки и доставляется потребителям. Нами на базе приборов серии "Пилимин" создана технология получения воды, насыщенной кислородом и его активными формами, непосредственно у потребителя. Концентрация растворённого кислорода от 9 до 70 мг/л в зависимости конкретных условий производства. Воду можно пить непосредственно из выходной трубки установки, либо заливать в ёмкости разного объёма. В закрытых бутылках вода сохраняет повышенное содержание кислорода не менее месяца, хотя лучше всего использовать воду в течение суток.

Обработанная вода, кроме молекулярного кислорода, содержит его активные формы, что существенно улучшает усвоение кислорода организмом. В насыщенной кислородом воде полезно купаться, так как дыхание через кожу играет важную роль. Предполагается производство воды, насыщенной кислородом, на месте её потребления (в спортивном комплексе) с помощью приборов серии "Пилимин".

Источником воды является водопровод. Водопроводная вода, получаемая очисткой речной на городских станциях водоподготовки, по своему составу наиболее благоприятна для жителей данной местности. Используемая нами технология очистки и обеззараживания воды, её насыщения кислородом, является природной. Она основана на природных материалах и процессах, аналогичных атмосферным. Солевой состав воды полностью сохраняется.

Рассмотрим механизм получения оксигенизированной (оксигенированной, кислородной) воды. В обычной воде на воздухе концентрация растворённого кислорода составляет при комнатной температуре 5 - 7 мг/л. В приборах ПИЛИМИН вода смешивается с газом, высасываемым из разрядной камеры, в соотношении 1:1 и насыщается кислородом до предела его растворимости при данной температуре и парциальном давлении. На воздухе и при комнатной температуре предельная концентрация кислорода в воде составит 9 мг/л. При температуре воды 3 - 5 °С предельная концентрация растворённого кислорода составит 12 - 14 мг/л. При работе на воздухе (парциальное давление кислорода 0,21 атм) мы получаем концентрацию растворённого кислорода, определяемую температурой воды. Т.е. летом при температуре воды около 20 °С получаем 9 мг/л, а зимой при температуре воды 3 - 5 °С, получим 12 - 14 мг/л.

Если подавать в камеру генератора чистый кислород и его парциальное давление будет 1 атм, т.е. в 5 раз больше, то получим концентрацию растворённого кислорода также в 5 раз больше, т.е. летом порядка 45 мг/л, а зимой 60 - 70 мг/л. Для обеспечения режима предельного насыщения кислородом его расход составит 5 - 10 л/ч.

Здесь приводились данные только по молекулярному кислороду, роль которого для дыхания невелика, поскольку кислород человек получает из воздуха. Наибольший интерес представляют активные формы кислорода, которые стимулируют усвоение кислорода клетками. Известно, что человек может погибнуть от удушья даже в том случае, если ему дали кислородную подушку. И только активные формы кислорода могут его в этом случае спасти.

Кислородная вода производится на заводах, удалённых от потребителя. В частности, вода ОКСИ производится в Краснодаре. Доставка в крупные города занимает много времени. За это время концентрация кислорода сильно падает. Согласно данным авторов воды ОКСИ [14], сразу после изготовления она содержит кислорода от 29 до 34 мг/л, а через 30 дней остаётся от 8 до 16 мг/л. Столько же кислорода содержит вода ПИЛИМИН сразу после приготовления и в течение первых суток даже при обработке воды на воздухе при парциальном давлении кислорода 0,21 атм. Содержание активных форм кислорода в воде ОКСИ падает намного быстрее. Поэтому свежеприготовленная вода ПИЛИМИН намного полезнее и эффективнее, чем привозная. Устройств, позволяющих получать кислородную воду на месте потребления, кроме приборов ПИЛИМИН, нет.

"Кислородный коктейль", получаемый путём введения в воду кислорода из баллона, не имеет ничего общего с кислородной водой, так как газообразный кислород мгновенно улетучивается из воды. Вода вспенивается, оказавшись в стакане с открытой поверхностью. К тому же в "кислородном коктейле" совсем нет активных форм кислорода, которые в кислородной воде играют решающую роль.

Приготовление воды на месте потребления позволяет улучшить её качество по сравнению с привозимой и обеспечивает возможность потреблять такую воду практически неограниченно. Производительность установки составляет 400 - 500 литров в час. За 2 - 3 часа можно получить не менее 1000 литров воды, насыщенной кислородом. Стоимость кислородной воды, поставляемой в бутылках, от 18 до 50 рублей за литр. При указанной выше производительности затраты на приобретение и размещение установки окупаются за неделю.

Растворённый кислород, насыщающий воду при обычных технологиях (кислородный коктейль), вводится за счёт повышенного давления. Такая вода, наливаемая в стакан, пенится, и кислород сразу улетучивается. В нашей технологии растворённый кислород улетучивается из стакана медленно. Физические основы такого явления будут рассмотрены далее.

Спортсмены, один раз попробовавшие воду ПИЛИМИН, сразу оценивают её свойства, и стараются пить только её. Пример размещения прибора ПИЛИМИН в спортивном комплексе МГУ представлен на рисунке 8.



Рисунок 8.
Размещение прибора ПИЛИМИН в спортивном комплексе Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Оперативный контроль качества питьевой воды.

В настоящее время ни для кого не секрет, что питьевая вода по целому ряду причин может оказаться некачественной. Все понимают, что необходимо прилагать какие-то усилия для того, чтобы пить по возможности более чистую воду.

Бизнесмены предлагают большой выбор услуг по улучшению качества питьевой воды. Это различные очистные устройства и готовая к употреблению питьевая вода. Однако не следует забывать, что задача бизнеса - получение прибыли, а не забота о вашем здоровье. И прибыль увеличивается, если технологические приёмы по очистке воды упрощать, сокращать и, вообще, не применять. В очистных приборах при массовом выпуске можно использовать более дешёвые некондиционные детали и материалы. Например, в фильтры можно засыпать недостаточно подготовленный и плохо очищенный фильтрующий материал. Всё это делает актуальной задачу оперативного контроля качества потребляемой вами воды и приобретаемых для её очистки приспособлений.

В настоящее время известно около 1300 веществ, опасных для здоровья. Предельно допустимые концентрации (ПДК) этих веществ в воде доходят до единиц и десятков микрограмм на литр. Обнаружение таких количеств вещества является сложной и дорогостоящей задачей. Поэтому даже в крупных специализированных лабораториях испытания воды проводятся по сильно ограниченному числу основных параметров (обычно 10 - 25 параметров по выбору заказчика анализа). В воде могут содержаться ядовитые вещества с концентрацией, в десятки раз превышающей ПДК, однако если вы не заказываете найти именно это вещество, то при стандартном анализе оно не будет обнаружено. Например, присутствие цианидов или фенола с концентрацией в 10ПДК не повлияет на результаты стандартного анализа.

При анализе воды существует стандартная процедура выпаривания и определения сухого остатка. Взвешивание осадка позволяет определить общее содержание солей в воде. Наблюдение цвета осадка и характера его изменения при нагревании до температуры выше 100 °С позволяет сделать качественные выводы о составе примесей воды. Выпаривание воды может производить каждый у себя дома. Для определённости следует выпаривать одинаковое количество воды. В своих опытах, результаты которых будут ниже, мы выпаривали всегда 0,5 литра воды. Для выпаривания нужна только колба из химического стекла (чтобы склянка не лопнула при нагреве и кипячении). Колбу можно взять объёмом 250 мл и по мере выпаривания добавлять в неё оставшуюся воду.

Количество осадка позволяет оценить общее содержание солей, окрашивание осадка - наличие загрязняющих примесей. Соли, не вредные для здоровья, при выпаривании дают белый осадок. Любое окрашивание свидетельствует о наличии опасных примесей. Опасные примеси дают, как правило, чёрный или коричневый оттенок. Разница в характере воды хорошо видна на стадии, когда её осталось немного. На рис. 9 слева представлена колба 1, в которой находилась водопроводная вода, справа цифрой 2 обозначена колба, в которой выпаривалась дистиллированная вода.

Когда осадок уже получен, можно определить, являются ли загрязняющие вещества органическими или неорганическими соединениями. Для этого колбу нужно нагреть до температуры существенно выше 100 °С, т.е. поставить колбу на огонь или на горячую конфорку и выдержать 1 - 2 минуты. Органические соединения начнут разлагаться. Осадок начнёт чернеть. Появится запах гари. По запаху можно даже догадаться, что это было за вещество. После прокаливания органических соединений и их полного выгорания осадок остаётся белым. Если осадок - неорганические соли, то в процессе прокаливания запах не появляется и окрашивание осадка, как правило, остаётся, хотя цвет может немного измениться. Рассмотрим теперь осадок, образующийся после выпаривания 0,5 л воды разного вида.

Природная вода.

Водопроводная вода. На станциях водоподготовки вода чистая. Однако, проходя трубы, которые, как правило, сильно загрязнены, вода сама загрязняется. Типичный пример остатка от выпаривания почти всей водопроводной воды представлен на рис. 9 (колба 1), высушенный осадок - на рис. 10 (колба 1). Окрашивание остатка воды и осадка свидетельствует о наличии вредных примесей.



Рисунок 9. Остаток от выпаривания 0,5 л воды на конечной стадии. Объём колбы 250 мл. 1 - вода водопроводная; 2 - вода дистиллированная.

Дистиллированная вода, полученная в стеклянном дистилляторе и хранившаяся не более суток после выпаривания, не оставляет ничего. Из рис. 9 (колба 2) видно, что после выпаривания почти всей пробы воды (0,5 л) её цвет и прозрачность остаются такими же, как в исходной воде. Вода из металлического дистиллятора, хранившаяся в стеклянном сосуде больше недели, оставляет небольшой белый налёт на дне колбы.



Рисунок 10. Осадок от выпаривания 0,5 л воды: 1 - водопроводная вода; 2 - вода, очищенная установкой серии Пилимин.

Родниковая вода. Если родник бьёт из толщи земли, осадок получается белый (см. рис. 11, колба 1). Наблюдается небольшое окрашивание осадка, свидетельствующее о некотором, но не опасном, загрязнении. Распределение осадка по поверхности стекла характеризует солевой состав: при наличии гидрокарбонатов вся поверхность колбы остаётся покрытой белым налётом. Если гидрокарбонатов нет - осадок лежит на дне.

Встречаются родники, выходящие из земли в поле (см. рис. 12, колба 1). Осадок такой воды часто бывает окрашен в коричневый цвет, как видно из рисунка 12. Это свидетельствует о наличии загрязнений.

Колодезная вода. Вода из хорошо очищенных колодцев даёт только белый осадок (рис.11 и 12, колбы 2). Весной во время таяния снегов и половодья в колодец может попадать вода с поверхности. Тогда осадок будет окрашен в коричневый цвет. Поэтому весной после половодья колодец нужно обязательно прочистить, вычерпать всю воду.

Речная вода. Всегда оставляет коричневый осадок, свидетельствующий о её загрязнении (рис. 13, колба 1).

Вода из артезианских скважин. Осадок всегда белый, если нет железа (рис.13, колба 2). При наличии железа осадок красно-бурый. Вода из скважин может содержать избыточное количество солей кальция и гидрокарбонатов. При закипании такая вода становится белой. В процессе кипячения в колбе раздаются резкие хлопки и колба начинает подпрыгивать. Хлопки связаны с тем, что карбонаты и соли кальция оседают на горячее дно, при кипении куски осадка с грохотом отрываются от стекла и колба подпрыгивает. Выпарить всю воду в этом случае не удастся, колба будет всё время скакать, ударяться о поверхность нагревателя, и может разбиться либо ускакать с нагревателя, опрокинуться и разбиться. Воду, содержащую избыток солей и примеси железа, можно пить

после того, как довести до кипения, дать отстояться сутки и для питья слить сверху слой прозрачной воды.

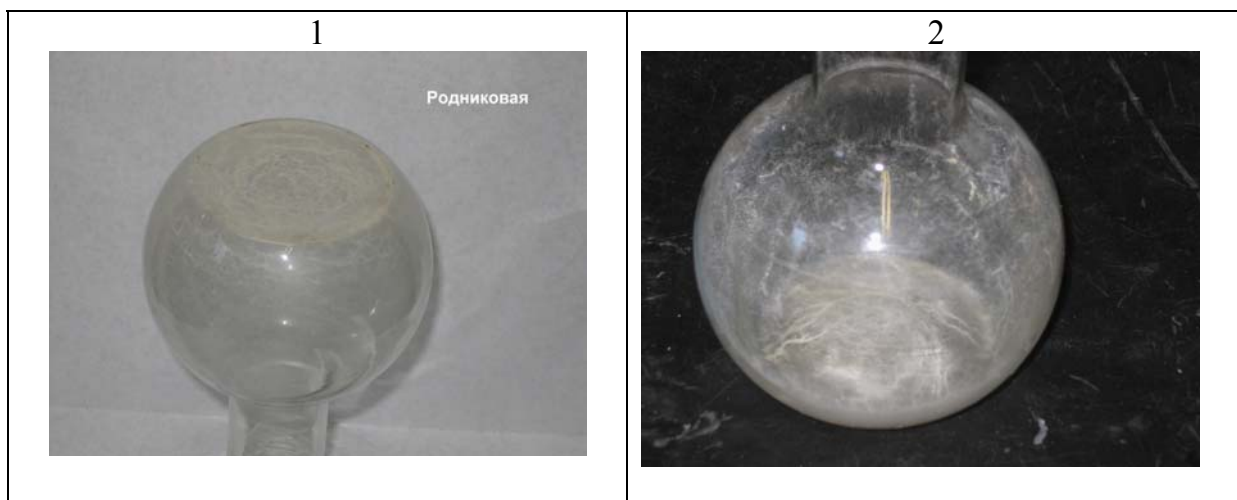


Рисунок 11. Осадок от выпаривания 0,5 л родниковой воды (колба 1) и колодезной воды с малым содержанием солей (колба 2).



Рисунок 12. Осадок от выпаривания воды из родника, бьющего в поле (колба 1), и колодезной воды с нормальным содержанием солей (колба 2).

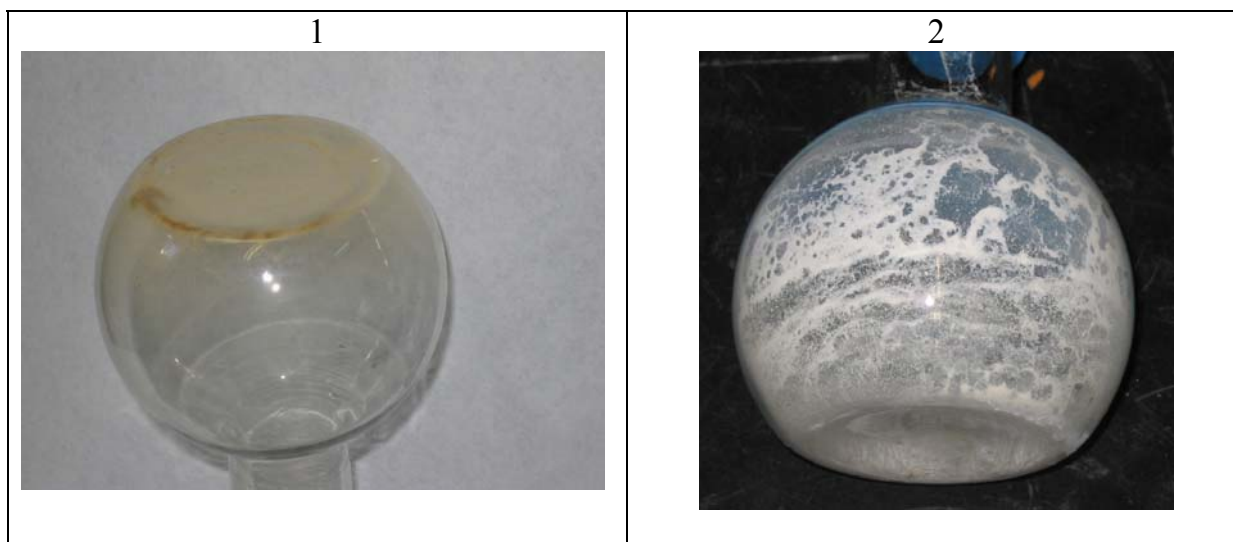


Рисунок 13. Осадок после выпаривания 0,5 л воды: речная (колба 1), из артезианской скважины (колба 2).

Сравнение различных способов очистки воды.

Очистка воды с применением высокоэффективных фильтров.

Такой способ очистки широко используется при промышленном получении воды, разливаемой в бутылки. Источником воды является, как правило, артезианская скважина. Вода из скважины практически с гарантией не содержит загрязнений, характерных для поверхностных вод, обусловленных остатками органических веществ. Однако артезианская вода может содержать техногенные загрязнения, обусловленные захоронением промышленных отходов в подземные полости. Непосредственно из скважины вода часто оказывается непригодной для питья из-за большого содержания солей кальция, железа, сероводорода и других неорганических соединений. Поэтому такая вода перед разливом в бутылки подвергается тщательной многоступенчатой очистке, включающей отстаивание, фильтрование, озонирование. Вода становится чистой, в ней не остаётся практически ничего. Однако вряд ли такую воду следует считать полезной, так как организму требуются соли, и природная питьевая вода, на которой выросли люди, содержит их довольно много.

Пример родниковой воды приведён на рис. 14 (колба 1) в сравнении с промышленно разливаемой водой Белогорье, прошедшей многоступенчатую фильтрацию (колба 2).

Другой пример приведён на рис. 15. Колба 1 - вода, очищенная по природной технологии прибором серии Пилимин с сохранением солевого состава, колба 2 - вода, прошедшая сложную многоступенчатую очистку, включающую обратный осмос, и разливаемая под торговой маркой "Королевская вода". Согласно результатам анализа, помещённым на сайте производителя [15], в этой воде почти ничего нет. Осадка действительно практически нет, и содержание солей намного меньше, чем в природной воде. Однако такую ситуацию вряд ли можно считать полезной. В отличие от неё, вода, полученная по природной технологии в генераторе холодной плазмы серии Пилимин [16], полностью сохраняет солевой состав.

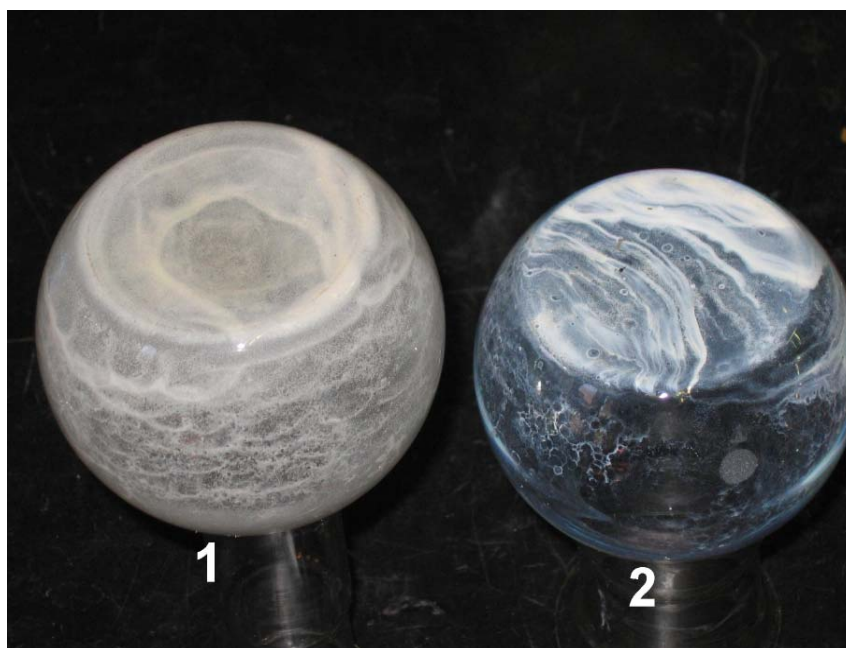


Рисунок 14. Осадок от выпаривания 0,5 л воды: природная питьевая родниковая (колба 1), вода Белогорье, производится в Нижнем Тагиле (колба 2).



Рисунок 15. Осадок от выпаривания 0,5 л воды: полученной по природной технологии с сохранением солевого состава на установке серии Пилимин (колба 1), Королевская вода (колба 2).

Вода, полученная с помощью дешёвых домашних фильтров.

Пример такой воды приведён на рис. 16 и 17. Из рисунков видно, что простые фильтры могут убирать некоторое количество загрязнений. Сравните колба 2 на рис. 16 с водопроводной водой (колба 1 на рис. 16). Однако из-за некачественной загрузки картриджа количество загрязнений может возрасти

(колба 1, рис. 17). Вода, полученная по природной технологии [16], чистая и имеет хороший солевой состав (колба 3 на рис. 17).



Рисунок 16. Осадок от выпаривания проб воды объёмом 0,5 литра: 1 - исходная водопроводная вода, 2 - вода после пористого титанового фильтра.

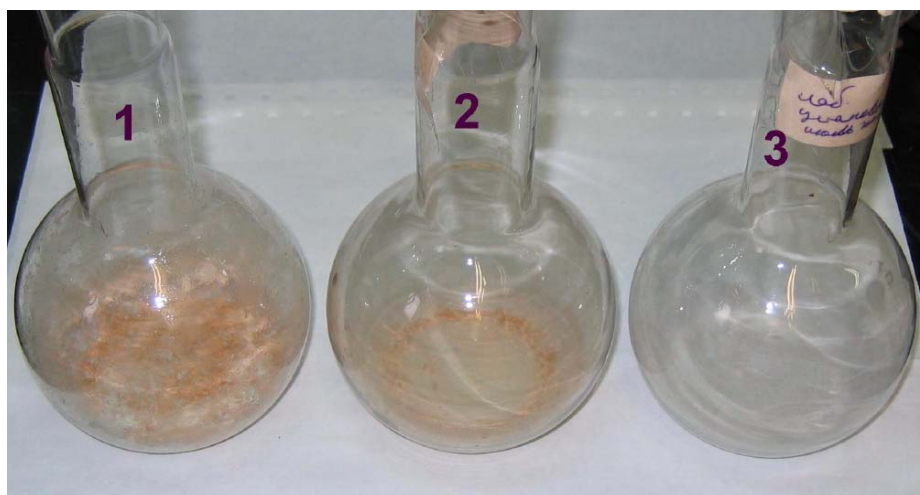


Рисунок 17. Осадок после выпаривания 0,5 л воды, очищенных бытовыми фильтрами типа "кувшин" с угольным картриджем: колба 1 - фильтр Аквафор, колба 2 - фильтр Брита, колба 3 - установка серии Пилимин.

Ситуацию с дешёвыми фильтрами можно выделить в отдельную категорию. Часто эти фильтры оказываются плохо подготовленными. При испытании фильтров сертификационными органами задача ставится так. Готовится раствор, в который искусственно вводятся загрязнения. Этот раствор пропускается через фильтр, после чего делается химический анализ на содержание загрязняющих веществ после фильтра. Если их содержание уменьшилось более, чем в два раза, фильтр признаётся сертифицированным. Чем сам фильтр загрязнил воду, не определяется. Это трудно сделать, всего загрязняющих веществ известно около 1300, и определять их все нет никакой возможности. Интегральные параметры, такие как цветность, мутность, запах, рН могут хотя и меняться, но оставаться в норме. Поиском появившихся

веществ никто не занимается. Практика работы с фильтрами показала, что, как правило, фильтры очищают воду от уже имевшихся примесей, но добавляют вместо них новые, которые уже никто не идентифицирует. Пример такой ситуации приведён на рисунках 18 и 19.



Рисунок 18. Остаток после частичного выпаривания колодезной воды: 1 - пропущенной через угольный фильтр; 2 - исходной.



Рисунок 19. Полностью выпаренный осадок колодезной воды: 1 - пропущенной через угольный фильтр; 2 - исходной.

Слева на рис. 18 в колбе 1 остаток от выпаривания 0,5 л воды, пропущенной через угольный фильтр. Справа - выпаривалась исходная вода (колодезная). Видно, что после угольного фильтра вода стала жёлтой, чего не было в исходной. На рис. 19 осадок после полного выпаривания. Осадок тоже жёлтый. Исходная вода имеет белый осадок. Таким образом вещества, бывшие в воде, поглотились, а новые - появились. Величина рН воды увеличилась с 7,6 до 8,55. Этот параметр остался в норме, однако факт его увеличения свидетельствует о появлении новых веществ в воде. Что это за вещества, насколько они опасны - не ясно. Этого никто не анализировал.

Влияние питьевой воды, обработанной установками серии "Пилимин", на здоровье человека и рекомендации по её употреблению.

Основными факторами, положительно влияющими на здоровье, являются:

- повышенная концентрация кислорода;
- наличие легко усваиваемых активных форм кислорода;
- пониженное значение окислительно-восстановительного потенциала у отстоявшейся воды;
- удаление из воды сильно токсичных веществ (например, фенолов), которые могут содержаться в воде в малых количествах.

Многочисленными потребителями воды наблюдались следующие положительные реакции, возникающие при регулярном приеме обработанной сырой воды, а также использования этой воды для приготовления пищи (в первую очередь, чая, кофе, компота):

- улучшение работы желудочно-кишечного тракта, печени и почек;
- повышение работоспособности;
- усиление действия уже принимаемых лекарственных препаратов;
- применение воды во время застолья и на следующее утро значительно уменьшает похмельный синдром.

Люди, на которых вода из установки серии "ПИЛИМИН" может оказать лечебное действие, как правило, сразу это чувствуют. Вода кажется им особенно вкусной. Их постоянно тянет пить очищенную воду. Обычную воду они воспринимают как очень невкусную. "Горячий период" любви к воде может продолжаться несколько месяцев. За это время недостатки здоровья проходят. Пациенты находят подтверждение этому, наблюдая себя визуально, либо обследовав орган, вызывавший беспокойство. После выздоровления "горячий период" проходит, потребность в очищенной воде становится не такой острой. Другая вода уже не кажется им совсем отвратительной. Они продолжают пить очищенную воду не в прежних количествах по мере возможности.

Вода содержит легко усваиваемые активные формы кислорода, после её приема активизируются процессы в организме, в первую очередь в желудке. Поэтому не следует пить эту воду на пустой желудок. После приема воды на пустой желудок не позднее, чем через полчаса, следует что-нибудь съесть. Спокойно можно пить воду после еды. Рекомендованное специалистами количество выпиваемой воды - до 2,5 литров в день. Наилучший эффект наблюдается при полном отказе от употребления неочищенной воды, желательно употреблять только воду, обработанную установками серии "Пилимин", и использовать обработанную воду для приготовления всех напитков и супов, однако целебный эффект наблюдается уже от приема 0,5 литров кислородной воды в день.

Положительный эффект от приема воды ощущается в первую очередь на органах, которые непосредственно контактируют с водой. Вода нормализует процессы в желудке независимо от того, какой характер отклонений наблюдался у потребителя. Устраняется изжога. Если после приема пищи в желудке ощущается дискомфорт, достаточно запить плохо воспринимаемую пищу водой, и вы сразу забудете о своих проблемах.

Вода хорошо промывает печень и почки. При длительном приеме воды нормализуются многие проблемы с этими органами.

От простуды хорошо помогает полоскание водой горла. При насморке следует закапать в ноздрю полную пипетку и высморкаться. Повторять эту процедуру с обеими ноздрями до полного очищения носа. По мере того, как нос будет очищаться, нужно добиваться того, чтобы вода из носа попадала в носоглотку. При этом возникает ощущение сильной горечи во рту. По окончании полоскания носа нужно прополоскать горло этой же водой, горечь исчезнет. Полоскание носа и горла позволяет вылечить гайморит.

Регулярное и длительное применение воды уменьшает или устраняет совсем боли в суставах. Улучшается кровообращение, повышается работоспособность, уменьшаются головные боли.

Признаком того, что вода вам очень полезна, являются субъективные приятные вкусовые ощущения, появляющаяся тяга пить именно эту воду в больших количествах.

Добавление в ванну при купании 10 - 20 литров свежеработанной воды улучшает общее состояние человека, сон становится крепче. Работающая установка создает в помещении запах свежести, очищается воздух, уменьшается аллергический насморк.

В приготовлении напитков, содержание воды в которых близко к 100%, качество воды играет решающую роль. Известен целый ряд напитков (например, армянский лимонад), вкус которых невозможно повторить в другой местности, на другой воде. Приготовление напитков также является предметом искусства. На воде ПИЛИМИН специалисты могли бы создать новые сорта напитков.

Широкое применение воды ПИЛИМИН позволило выявить мнения потребителей:

- кофе становится заметно вкуснее;
- чай лучше заваривается, не ощущается привкус материала пакетика;
- вкус компотов заметно отличается в лучшую сторону, компот больше похож на сок.

В воде ПИЛИМИН снимается временная жёсткость, гидрокарбонаты превращаются в карбонаты. В результате известковый налёт не оседает на стенках чайника. Карбонат кальция, выпадающий в осадок при кипячении, скапливается на дне в виде твёрдого осадка, который периодически нужно удалять, ополаскивая чайник водой.

Известно, что при заварке чая обычной водой стенки заварного чайника покрываются коричневым налётом, который не просто смыть. При использовании воды ПИЛИМИН стенки чайника остаются чистыми в течение многих лет. Мыть чайник не нужно, только ополаскивать, удаляя старую заварку. Коричневый налёт появляется только на конце носика чайника.

Установлено опытным путём, что регулярное кипячение воды ПИЛИМИН в частично загрязнённой посуде приводит к её очистке.

Анализ отзывов потребителей воды

Наиболее характерные отзывы потребителей воды ПИЛИМИН приведены в таблице 4. В первую очередь следует отметить, что спортсмены достаточно высокого уровня всегда пьют воду с большим удовольствием. Проблем со здоровьем у этих людей, как правило, нет, но прилив бодрости они ощущают.

Все потребители воды разделились на три примерно равные группы.

- Вода безразлична. Пьют любую, не замечая разницу.

- Вода нравится, и пьют с удовольствием. Влияния на здоровье не ощущают, но в первую очередь потому, что этих проблем нет.

- Вода нравится, и пьют с большим удовольствием. Влияние на здоровье ощущают либо сразу, в случае пищевого отравления, либо через некоторое время, от 1 месяца до 2 лет пользования водой. Это означает, что кислородная вода - не панацея. Это обязательный ежедневный продукт.

Есть и скептики, которые отказываются не только пить, но даже пробовать воду ПИЛИМИН. Их мнения суммированы в таблице 5.

Пробуя какой-либо продукт, человек оценивает его на вкус. Из общих соображений можно предположить, что вкус сигнализирует человеку, насколько ему нужен данный продукт. Прожив уже немало на этом свете, человек меняет естественные реакции, и, видимо, даже забывает про них. Это относится и к воде. У человека должен быть датчик качества воды, подсказывающий, какая вода лучше. Если человеку всё равно, какую воду ему пить, то это означает, что датчик качества воды у него в организме испорчен. Дети, которым не нравилась бы вода ПИЛИМИН, пока ещё не встречались.

Таблица 4. Отзывы потребителей воды ПИЛИМИН.

Потребитель	Характеристика потребителя	Его наблюдения
Олег (51 год)	Мастер спорта	Вода очень нравится, похожа на родниковую
Сергей (31 год)	Чёрный пояс	Вода очень нравится
Юрий (67 лет)	КМС	Вода нравится, пьёт с соком
Ирина (41 год)	Мастер спорта	Вода нравится, пьёт вся семья
Александр (54 года)	КМС, хозяин фирмы	Вода нравится, пьёт днём вместо кофе. Сотрудникам покупает бутылированную.
Борис (71 год)	Преподаватель	Вода повышает работоспособность, промывает почки
Александр (47 лет)	Бухгалтер	Вылечил расстройство желудка
Оксана (28 лет)	Повар	Пьёт вместо кофе
Люба (43 года)	Бухгалтер	Перестало болеть горло
Юрий (46 лет)	Бизнесмен	Вылечил дисбактериоз
Рауф (69 лет)	Научный сотрудник	Проходит дисбактериоз
Бэлла (63 года)	Администратор	Вода напоминает грузинскую горную. Прошли проблемы с желудком.
Валентина (69 лет)	Научный сотрудник	Промываю утром глаза, стало лучше. Прошли проблемы с желудком.

Татьяна (31 год)	Повар	Прошли проблемы с желудком.
Ольга (33 года)	Повар	Как будто помолодела, пропала одышка.
Жанна (68 лет)	Преподаватель	Улучшение сна, улучшение памяти, прошли проблемы с желудком.
Александр (57 лет)	Вахтер	Прошла изжога, уменьшает похмельный синдром, реже простуда.
Слава (54 года)	Инженер	Улучшилось общее состояние, прошли проблемы с желудком, перестали выпадать волосы.
Валерий (56 лет)	Инженер	Улучшение работоспособности.
Татьяна (47 лет)	Инженер	Прилив бодрости, улучшение сна.
Людмила (66 лет)	Администратор	При промывании глаз утром и вечером исчезло ощущение засорённости и дискомфорта в глазах, лучше с желудком.
Мария (51 год)	Бизнесмен	Улучшение работы желудка. Пить эту воду хочется постоянно.
Галина (59 лет)	Администратор	Прошёл узловой зуб. Приложила справку.
Иван (31 год)	Милиционер	Место травмы на голове заросло волосами. Перестали беспокоить желудок и поджелудочная железа.
Наталья (57 лет)	Строитель, бабушка	Внуки дерутся из-за воды
Игорь (66 лет)	Научный сотрудник	Вылечил желудок и печень, после обливания перестали болеть ноги.

Таблица 5. Мнения скептиков о возможности употребления новой воды.

№№	Мнение
1а.	Мне это ещё не нужно (возраст до 25 лет).
1б.	Мне это не нужно (возраст 40 - 50 лет).
1в.	Мне это уже не нужно (возраст 80 лет).
2.	Я жил 50 (60, 70) лет, пил воду из крана, и дальше буду пить. Ничего мне не нужно.
3.	Мне уже 80 лет, и мне не стоит менять образ жизни (пить другую воду). Вот лет 20 назад я бы стал её пить.
4.	Я пил новую воду год, чувствую себя лучше (хорошо). А что будет через 30 лет?
5.	В этой воде слишком много кислорода, пить не буду.
6.	Она лечебная, её нельзя много пить.
7.	У меня уже есть обратнoсмотический фильтр. Воду из него я не пью (не вкусная), но выбрасывать фильтр - жалко.
8.	Говорят, что вода полезная. И ты в это веришь?
9.	Что будет, если выпить стакан вашей воды?
10.	А мы пьём из крана!
11.	Это всё реклама!

Технология применения приборов ПИЛИМИН в разных условиях.

Схема подключения прибора в режиме очистки водопроводной воды.

Схема представлена на рисунке 20.

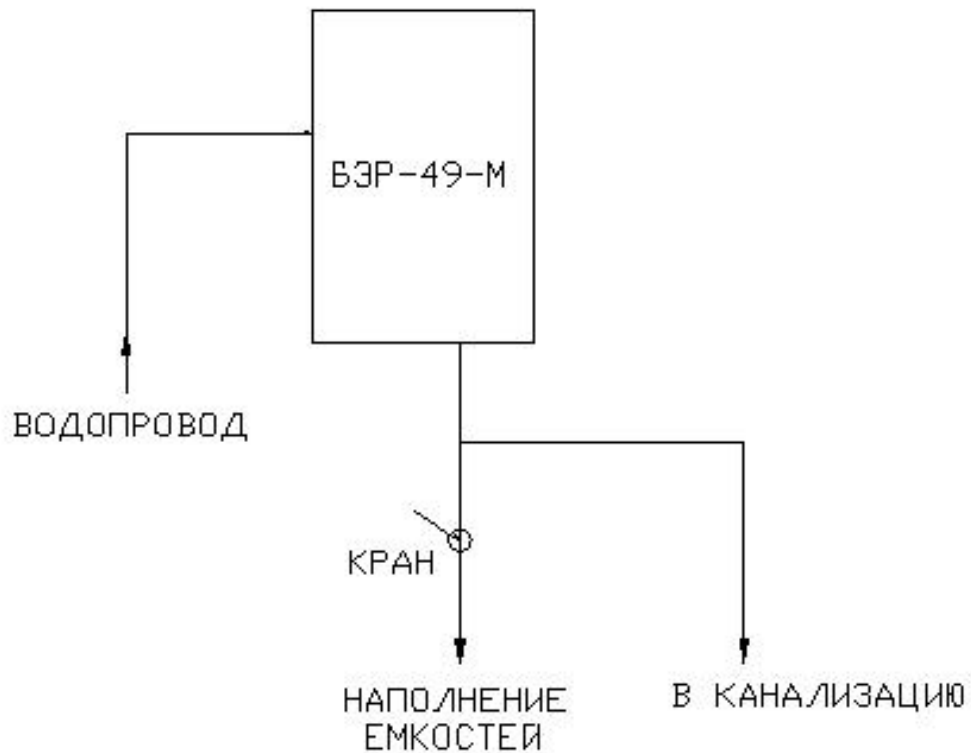


Рисунок 20. Схема подключения прибора. Прибор подключается аналогично стиральной машине.

Вода из водопроводной сети подается на вход генератора через шланг, входящий в комплект прибора, и соединённый с песчаным фильтром. С выхода коксового фильтра вода поступает на тройник. Отвод в горизонтальном направлении через шланг от стиральной машины соединяется с канализацией. В прямую трубу включается кран. Набор воды потребителем осуществляется через трубу, идущую вниз.

Когда кран закрыт, вода из прибора поступает в канализацию. Кран остаётся закрытым 15 - 20 минут, пока осуществляется установление рабочего режима. Когда прибор готов, кран можно открывать и наполнять приготовленные заранее ёмкости для создания запаса воды.

Включение прибора для очистки заранее набранной воды.
Схема представлена на рисунке 21.

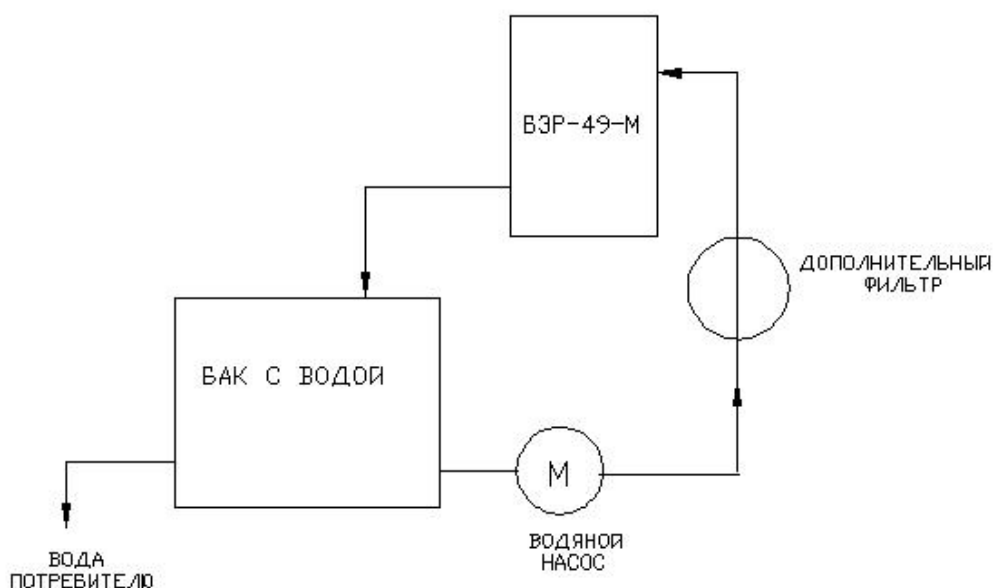


Рисунок 21. Включение прибора для очистки воды, залитой в бак.

Воду в бак можно набрать, например, из колодца. Насос подаёт воду на вход прибора. Если вода сильно загрязнена (степень загрязнения более чем в 3 раза превышает ПДК) необходимо применять дополнительные фильтры, рассчитанные на поглощение именно тех примесей, для которых имеет место сильное превышение ПДК.

Например, если концентрация железа больше 1 мг/л, то необходимо применять каталитический фильтр. Если в воде большой избыток солей жёсткости, необходимо добавить умягчающий фильтр. Необходимость применения дополнительных фильтров обусловлена тем, что в приборе ПИЛИМИН не предусмотрено накопление большого количества извлечённых примесей и их автоматическое удаление. Внешние фильтры можно прочищать механически, заменять по мере исчерпывания ресурса работы, либо использовать автоматически промываемые фильтры.

Обработанная вода сливается самотёком обратно в бак. Первые 15 - 20 минут в генераторе устанавливается рабочий режим, и очистка малоэффективна, реальная очистка начинается по истечении этого времени. В зависимости от степени загрязнения воды для её очистки необходимо пропустить полный объём воды в баке через прибор от одного до трёх раз. В процессе обработки вода нагревается, и это накладывает ограничение на кратность обработки воды, так как температура обрабатываемой воды должна быть не выше 25 °С.

Очищенная вода хранится в баке с негерметично закрытой верхней крышкой не более недели. Потребитель наливает воду из бака через кран. Для семьи из двух человек достаточно заготавливать 60 литров на неделю.

Рекомендации по работе с прибором в режиме получения питьевой воды.

Работа в условиях городской квартиры.

Особенностью работы прибора является время установления рабочего режима не менее 15 минут. Поэтому невыгодно включать установку для того, чтобы набрать 0,5 литра воды. Целесообразно приготовить посуду и набрать сразу несколько бутылей, желательно на 2 - 3 дня. Срок хранения воды в закрытой посуде без ослабления целебных свойств, если прибор работал на атмосферном воздухе, порядка 1 месяца. При более длительном хранении уменьшается концентрация растворенного кислорода в воде до уровня равновесной, и вода теряет целебные свойства, остается просто очищенной. Очищенная вода может храниться в закрытой посуде длительное время. Проверенный срок хранения - два года. Более длительный срок вода пока не хранилась. Вода в открытой бутылки активно поглощает газы из воздуха. При этом её качество ухудшается. Поэтому вода в уже открытой бутылки должна быть израсходована за несколько дней.

В городской квартире прибор лучше всего размещать на кухне. Если места, чтобы повесить новый шкаф, нет, то можно потесниться в имеющихся шкафах и установить его туда. Пример размещения в имеющихся шкафах показан на рис. 22.



Рисунок 22. Размещение прибора ПИЛИМИН на кухне в имеющихся шкафах: а) дверцы шкафов закрыты; б) дверцы открыты.

Из рисунка 22 видно, что после установки прибора в имеющихся шкафах остаётся достаточно места для использования их по прямому назначению.

Если на стенке есть место, шкаф с прибором можно повесить туда (см. рис. 23). В навесном шкафу, где смонтирован прибор, осталось место для хозяйственных нужд.



Рисунок 23. Шкаф с прибором ПИЛИМИН на кухне площадью 4 кв м.
 а) дверцы шкафа открыты; б) дверцы закрыты. Хозяйка прибором довольна.

Для вариантов, представленных на рисунках 22 и 23, прибор достаточно включать на 40 -50 минут в неделю для того, чтобы наполнить водой приготовленные бутылки. На семью из двух человек хватает 60 литров воды в неделю. Вода, разлитая в пластиковые бутылки, сохраняет свои целебные свойства до одного месяца. Пригодной для питья вода остается годы при хранении в герметически закрытой посуде из нейтрального (не взаимодействующего с водой) материала. Однако уже использованные один раз бутылки из-под воды или напитков не предназначены для дальнейшего применения. Поэтому материал бутылки может портиться. К числу дефектов материала бутылки относится следующее.

1. Изменение цвета пластика (позеленение, пожелтение или посинение). Изменения цвета происходит чаще всего на дне бутылки.
2. Помутнение стенок, появление на них темного налета.
3. Появление хлопьевидного осадка на дне.

Дефектную бутылку в случаях 1 и 2 следует выбросить, использовать воду из такой бутылки нежелательно. В случае 3 вода не теряет своих свойств, однако её следует осторожно сливать, не поднимая муть со дна. Повторно использовать такую бутылку также не следует.

Работа на предприятии общественного питания.

Вода в этом случае используется постоянно. Целесообразно в начале рабочего дня включить установку, время выхода на режим около 15 минут пройдут незаметно. В течение всего рабочего дня установка будет оставаться включенной. Очищенную воду можно набирать сотрудникам организации для питья, использовать для мытья и обеззараживания продуктов, приготовления пищи, мытья посуды. Установка выключается в конце рабочего дня, когда закончено обслуживание клиентов и сотрудники организации набрали себе запас питьевой воды.

Если количество посетителей не слишком велико, и расход воды на приготовление пищи не постоянный, то прибор можно включать по графику на несколько часов в день, наполнять ёмкости для воды и затем выключать. Пример размещения прибора в столовой и в буфете приведён на рис. 24.



Рисунок 24. Размещение прибора ПИЛИМИН производительностью 0,5 м³/ч на кухне (а) и в буфете (б). В обоих случаях прибор включается по графику на 2 - 3 часа в день.

Работа в коттедже.

В этом случае целесообразно иметь буферную емкость объемом от 300 до 1000 литров. Вода из водопроводной сети или из скважины первый раз проходит через прибор и наполняет эту емкость. После наполнения емкости подача воды выключается. При наполнении буферной ёмкости не менее, чем на 25% включается второй контур, подающий воду из ёмкости снова на вход прибора. Из прибора вторично обработанная вода стекает обратно в буферную ёмкость. В зависимости от качества исходной воды, время циркуляции воды по второму контуру может быть 0,5 - 2 часа. Из ёмкости вода поступает потребителю (в краны) либо самотеком, либо через насос, включающийся автоматически при открывании любого крана потребителя. Но для сохранения высокого качества воды она должна поступать потребителю самотёком. При отсутствии поступления свежих порций воды циркуляция воды через прибор и сам прибор включаются автоматически на 1 час в сутки. Тем самым в ёмкости постоянно поддерживается запас свежей целебной воды. Примеры размещения приборов приведены на рис. 25.

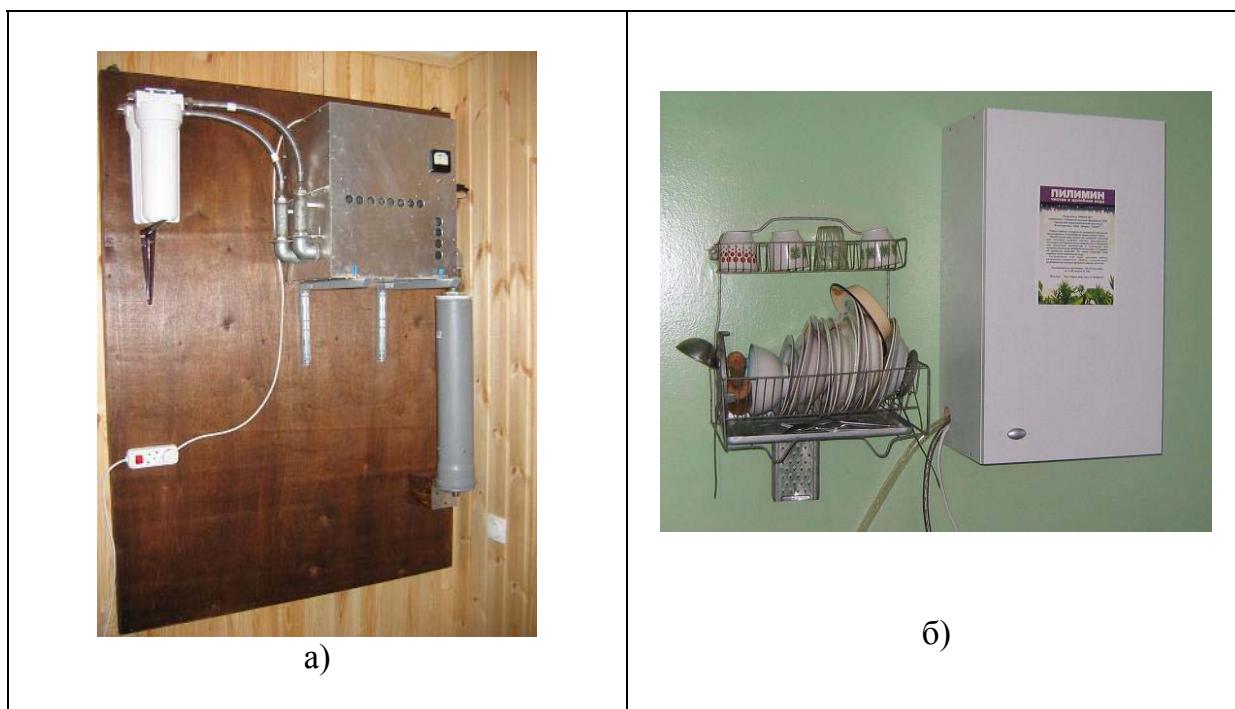


Рисунок 25. Размещение приборов ПИЛИМИН в коттедже: а) прибор производительностью 1 м³/ч в подвальном помещении; б) прибор производительностью 0,25 м³/ч в служебном помещении.

Очистка воды плавательных бассейнов.

Качество воды плавательных бассейнов должно удовлетворять требованиям санитарных норм [17]. Чтобы выполнить регламент этого документа, необходимо либо постоянно заменять воду, т.е. организовать проточную систему подачи воды питьевого качества из водопровода, либо создать циркуляционную систему с устройствами очистки и обеззараживания воды. Полный водообмен в такой системе должен осуществляться не более, чем за 8 часов, т.е. производительность циркуляционного устройства должна быть 1/8 объема бассейна в час. Перекачивание воды осуществляется насосами соответствующей производительности.

Устройство циркуляции должно осуществлять, как минимум, следующие основные функции: коагуляция взвеси воды, фильтрация, обеззараживание и коррекция pH. Степень обеззараживания никогда не равна 100%, часть бактерий все равно остаётся. Кроме того, с пловцов постоянно смываются новые бактерии. Поэтому при всех способах дезинфекции вода после обработки должна содержать вещества, подавляющие размножение бактерий. В процессе эксплуатации накапливаются растворимые в воде вещества, которые не могут быть удалены применённой системой очистки. Поэтому в бассейнах, особенно больших, (более 500 м³) рекомендовано постоянно добавлять свежую воду питьевого качества.

Для улучшения отделения взвешенных веществ в воду, поступающую в контур очистки, вводится коагулянт. Затем вода проходит песчаный и, при необходимости, угольный фильтры. Коррекция pH после обработки осуществляется введением химических реактивов (обычно, кислоты). Основной проблемой является разложение загрязнений и дезинфекция воды. Наиболее широко распространёнными методами обеззараживания воды в России являются обработка бактерицидными (УФ) лучами, хлорирование, озонирование.

Дальнейшим развитием технологии очистки воды плавательных бассейнов является обработка холодной плазмой вспышечного коронного электрического разряда, в котором вырабатывается озono-гидроксильная смесь [18, 19]. Обеззараживание и частичное разложение примесей осуществляется озоном, полное разложение примесей - гидроксильными радикалами. Принцип циркуляции воды при обработке озono-гидроксильной смесью показан на рисунке 26.

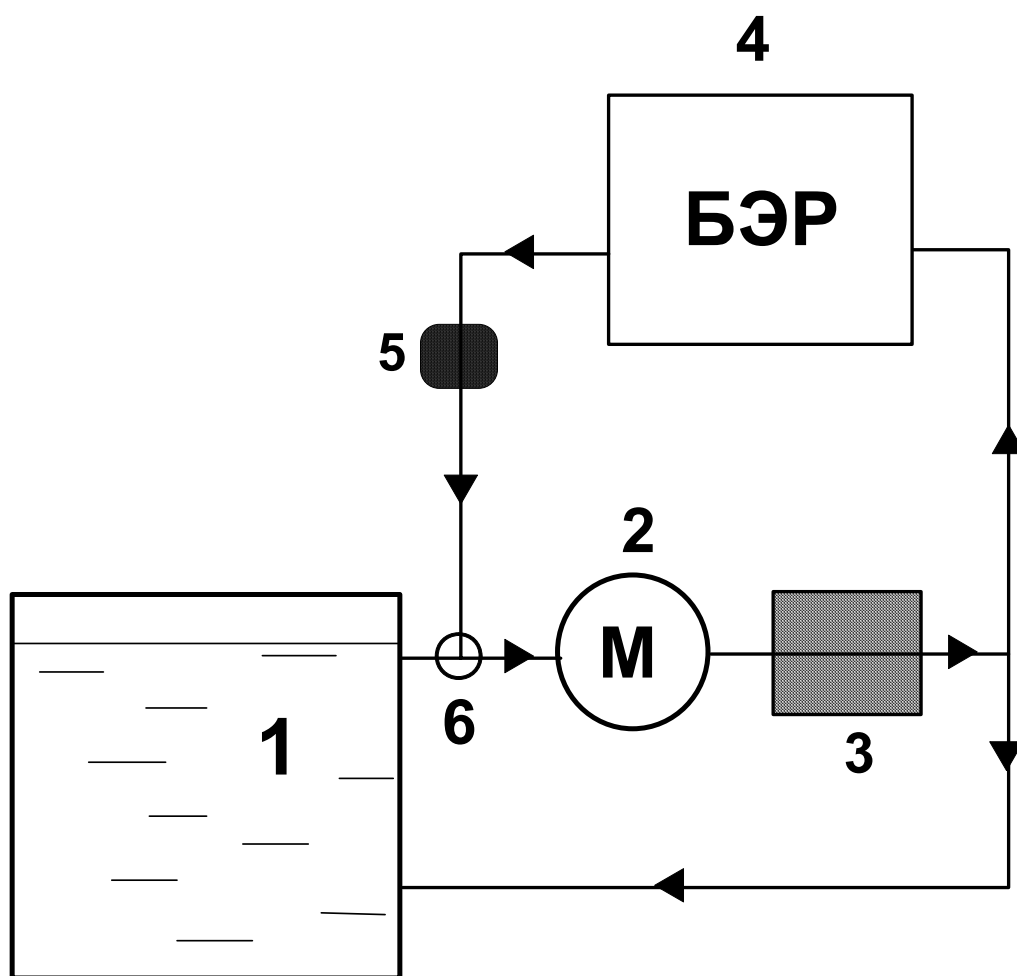


Рисунок 26. Циркуляция воды при обработке озон-гидроксильной смесью. 1 - бассейн; 2 - насос; 3 - песчаный фильтр; 4 - генератор озон-гидроксильной смеси; 5 - угольный фильтр; 6 - точка слива обработанной воды.

Основной контур очистки воды состоит из насоса и механического (песчаного) фильтра. Поток воды в этом контуре должен быть больше 1/8 объема бассейна в час на величину потока воды через контур генератора озон-гидроксильной смеси. Часть воды из основного контура ответвляется в контур генератора. Давление воды на отрезке от фильтра 3 до бассейна 1 при длине трубы 5 - 10 метров может составлять не менее 0,5 атм. Этого давления достаточно для нормальной работы эжектора генератора. Поток воды в контуре генератора может быть 5 - 10% от основного потока и его величина не имеет принципиального значения.

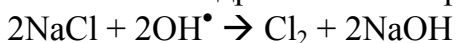
Поток проходит через генератор и подвергается обработке озоном и гидроксильными радикалами. Озон-гидроксильная смесь контактирует с водой в эжекторе-кавитаторе. Кавитация усиливает действие основных факторов электрического разряда. Внутри полости генератора создается концентрация озона в воде до 1,5 мг/л, время удержания воды в полости не менее 2 минут. Вода, насыщенная озоном, уносится из генератора и после угольного фильтра 5 смешивается с основным потоком в точке 6. Точка 6 находится вблизи узла забора воды из бассейна. В угольном фильтре поглощаются свободные радикалы

и осуществляются химические реакции, приводящие к выпадению в осадок карбонатов тяжелых металлов. Для дезинфекции воды основной активной частицей будет озон (также как и при озонировании). Дезинфицирующий эффект усиливает кавитация. Дополнительно дезинфекция усиливается электрическим зарядом, создающимся в воде и концентрирующимся на микроскопических частицах взвеси, имеющейся в воде, а также образованием в электрическом разряде перекиси водорода. Разложение примесей в воде будет осуществляться озоном и радикалами OH^\bullet .

Радикалы OH^\bullet , в отличие от озона, являются универсальным окислителем, они взаимодействуют со многими веществами примерно в миллион раз быстрее, чем озон. Конечным продуктом взаимодействия с органическими веществами является углекислый газ и вода. Выход озона на единицу затрачиваемой энергии в генераторе холодной плазмы примерно тот же, что и в современных озонаторах, однако кроме озона здесь образуются радикалы OH^\bullet (примерно 1/6 часть от выхода озона), которые при тех же энергетических затратах намного повышают эффективность очистки воды. Озонированная вода, смешиваясь с основным потоком, осуществляет её дезинфекцию. Пролонгированное дезинфицирующее действие может осуществляться двумя способами.

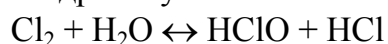
1. В обработанной озono-гидроксильной смесью воде создается остаточная концентрация активного кислорода на уровне 0,05 - 0,1 мг/л, которая может сохраняться больше суток. Основной составляющей активной формы кислорода является перекись водорода.

2. Поддержание концентрации активного хлора. Идея метода заключается в том, что ионы хлора, находящиеся в воде, (например, в составе поваренной соли) окисляются гидроксильными радикалами.

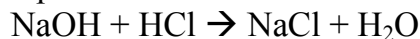


Следует подчеркнуть, что окисление ионов хлора озоном в принципе возможно, но реакция протекает очень медленно.

В генераторе часть образующегося газообразного хлора выделяется из воды, а часть гидролизуется.



Соляная кислота нейтрализуется щёлочью - продуктом первой реакции окисления хлора:



В этом процессе молярная концентрация ионов гипохлорита может достигать 1/6 от молярной концентрации озона (пропорционально соотношению выходов озона и гидроксильных радикалов при вспышечном коронном электрическом разряде). Нарбатываемые таким образом ионы гипохлорита обеспечивают подавление размножения бактерий в объеме бассейна.

Применение генератора озono-гидроксильной смеси для очистки воды плавательного бассейна позволяет получить следующие преимущества.

- Улучшение качества воды за счет более полного окисления примесей (по сравнению как с хлорированием, так и с озонированием).
- Отсутствие раздражающего запаха хлора (хотя хлор в виде NaCl все равно нужно добавлять, однако его расход очень маленький).
- Получение воды с низким окислительно-восстановительным потенциалом.

Испытания установки мощностью 40 Вт в бассейне объемом 40 м³ дали следующие результаты. В новый бассейн была залита вода из скважины, вода мутная. На первом этапе очистка воды осуществлялась только с помощью песчаного фильтра. В воду добавили 200 г реагента, содержащего активный хлор (таблетки АКВАТАБС). После осветления воды был включен генератор озон-гидроксильной смеси. Никакие реактивы в воду больше не добавлялись. Система очистки воды, представленная на рисунке 26, включалась на 7 - 10 часов в сутки. Поток воды через контур генератора (см. рисунок) составлял 0,6 м³/ч. При работе генератора вода сохранялась чистой и прозрачной. Когда генератор выключили на трое суток, работал по 10 часов в сутки только насос и песчаный фильтр, вода покрылась окрашенной пленкой. После включения генератора пленка исчезла.

Исходная вода имела рН = 7,15, содержание железа 2 мг/л. После обработки в течение месяца по 7 - 10 часов в сутки значение рН стало 8,45, окислительно-восстановительный потенциал +70 мВ, содержание железа - меньше 0,3 мг/л.

Добавление в бассейн объемом 1000 м³ всего 0,5 м³ свежей водопроводной воды, обработанной прибором ПИЛИМИН, по мнению пловцов, заметно улучшает качество воды. Вода становится приятнее.

Экономические аспекты применения приборов ПИЛИМИН.

Есть товары и услуги, стоимость которых считается оправданной, а есть товары, тратить деньги на которые долгое время не было принято. Существует такое понятие, как очерёдность реализации потребностей, приоритет в покупках.

К товарам, стоимость которых у потребителей не вызывает сомнения, относится, например, модная одежда. Модная одежда подчёркивает статус человека, поэтому на модную одежду денег не жалко.

Известно, что Маргарет Тетчер, заработав первый миллион долларов, 600 тысяч из них потратила на бизнес-костюм. Она была уверена, что эти затраты окупятся. Нельзя точно доказать, что если бы она носила скромный костюм за ~ 1 тысячу долларов, её карьера не состоялась. Однако с незапамятных времён считалось, что одежда играет очень важную, хоть и не решающую роль.

Иное отношение к воде. Также с незапамятных времён на воду деньги практически не тратили. Платили только за её доставку. Люди рыли колодцы, строили водопровод. И это всё. И только совсем недавно люди столкнулись с ситуацией, когда воду стало нужно чистить. Хотя без воды человек может прожить считанные дни, а без модной одежды - неограниченно. И даже сможет зарабатывать без модной одежды большие деньги. Тратить деньги на воду тысячелетиями было не принято, а на модную одежду - тратили без ограничений.

Вернувшись к Маргарет Тетчер, вспомним, что на склоне лет она серьёзно и неизлечимо заболела. Денег у неё было - сколько угодно, а здоровье поправить уже нельзя. Здесь не о том, что жизнь человека ограничена, а о том, что существует понятие "естественная смерть". Человек постепенно слабеет, затихает, и, незаметно для всех, исчезает навсегда, как будто засыпает. Никаких болезней, страданий, неприятностей для себя и окружающих. Уйти естественной смертью удавалось очень немногим. А сейчас естественная смерть стала ещё более редкой, все умирают от болезней, как правило, тяжёлых, много страдают.

Геронтологи часто приходят к выводу, что основой длительной и здоровой жизни является, среди прочих, и вода. Понимание необходимости особого отношения к подготовке воды, и неизбежности значительных затрат на её обработку перед употреблением только начинает формироваться.

Есть примеры того, когда люди осознали необходимость значительных затрат на поддержание своей формы. Это разные виды физкультуры. Тренажёрные залы успешно работают, активно посещаются людьми, имеющими на это средства. Тренажёрные залы позволяют людям поддерживать активность (больше работать и зарабатывать), меньше болеть (меньше тратить денег на лечение). То есть они экономически окупаются, и это понятно всем.

Затраты на качественную воду также повышают работоспособность и уменьшают вероятность заболеваний. Тем самым затраты окупаются. Использование более качественной воды, которая, как правило, дороже простой, принесёт большой экономический эффект.

Окупаемость затрат. Очистка питьевой воды.

Хотя всем известно, что здоровье не купишь ни за какие деньги, если оно упущено, экономические аспекты всё равно играют важную роль. Речь идёт о доступности различных методов водоподготовки и об оптимизации расходов на питьевую воду.

Рассмотрим стоимость различных каналов получения воды. Холодная вода из крана, согласно тарифам Мосводоканала на 2008 год, стоит около 15 рублей за 1 кубический метр. Воду питьевого качества можно купить в магазине, бутылка объёмом 5 л стоит около 25 рублей. Вода, продаваемая водовозами с машины (например, "Краснознаменная") стоит 3 руб 50 коп за 1 литр. Вода, доставляемая потребителю в 19 литровых бутылках стоит 200 - 250 руб за бутылку. Байкальская вода в бутылки 0,5 л стоит 80 руб. Вода с активными формами кислорода (например "Окси") стоит 50 руб в бутылки 1 литр.

Себестоимость воды, производимой приборами ПИЛИМИН, зависит от объёма получаемой воды. Чем больше эксплуатируется прибор и больше обработанной воды, тем она дешевле. Рассмотрим конкретные примеры.

Предприятия

Кафе, рестораны, столовые.

Стоимость прибора производительностью 200 - 500 л/ч составляет 60 тыс руб. Возьмём для оценки производительность 200 л/ч и предположим, что прибор проработает 1000 часов. За это время будет произведено 200 тыс литров воды, стоимость одного литра $60/200 = 0,3$ руб/л. Т.е. стоимость получаемой воды намного ниже, чем любой другой, доставляемой в бутылках. Срок службы прибора составляет 10 тыс часов, поэтому реальная цена воды даже с учётом эксплуатационных затрат будет намного меньше.

Школы.

В настоящее время принято решение обеспечивать школьников бутилированной водой. Одному школьнику рекомендовано потреблять в день 1 бутылку объёмом 0,5 л. Если в школе 1000 человек, то в день им потребуется 500 литров воды, за 6 дней 3000 литров, за учебный год примерно 30 тыс литров. В школе можно организовать фонтанчики. Вода в фонтанчики будет подаваться из прибора ПИЛИМИН. Один прибор обеспечит работу нескольких фонтанчиков. Это гарантирует полную стерильность. Реальное потребление воды будет намного больше, чем только из бутылок. Но для оценки стоимости возьмём расход бутилированной воды.

За срок службы прибора (5 лет) будет произведено 150 тыс литров воды, её себестоимость составит $60/150 = 0,4$ руб. Это по крайней мере в 10 раз меньше, чем стоимость доставляемой воды. Дополнительным преимуществом получения воды на месте её потребления с точки зрения экономики является отсутствие отходов (пустых бутылок), переработка которых в настоящее время остаётся проблемой.

Индивидуальные потребители.

Коттедж.

В коттедже потребление воды достаточно велико. Вода используется для питья и приготовления пищи; для душа, ванны, стирки белья; для плавательного бассейна. Расход воды для семьи из нескольких человек может составить 30 куб м в месяц. Срок службы прибора не менее 5 лет. За 5 лет будет очищено воды $30 \times 12 \times 5 = 1800$ куб м. Стоимость обработки 1 куб м воды составит:

$$60000/1800 = 33 \text{ руб/куб м.}$$

Городская квартира.

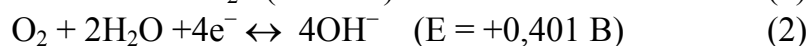
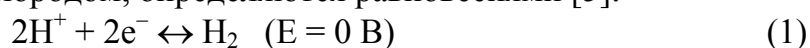
Будем исходить из того, что в городской квартире вода используется только для питья и приготовления пищи. Рекомендованная норма потребления питьевой воды на 1 человека составляет 2,5 л в сутки. Опыт эксплуатации приборов в городской квартире показывает, что её потребление не менее 80 литров на человека в месяц. При доставке питьевой воды в бутылках 19 л и стоимости бутылки 200 руб, расходы на воду составят $200 \times 4 = 800$ руб/мес.

Для квартиры рекомендуется использовать вариант прибора ПИЛИМИН производительностью 100 - 200 л/ч стоимостью 30 тыс руб. Затраты на приобретение такого прибора, если в квартире проживает и пользуется водой один человек, окупятся за $30000/800 = 37,5$ мес ~ 3 года. Если семья состоит из 3 человек, то потребление воды (и расходы на неё) были бы в три раза больше, и прибор окупится за 1 год.

Глава II. Приготовление питьевой воды с отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом путём насыщения её водородом.

Вводная часть. Вода с отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП) и обладающая восстановительными свойствами обычно называется "активированной". Активированной называется также вода с большим положительным ОВП, обладающая заметно выраженными окислительными свойствами. Основной технологией получения таких видов воды является электролиз. Катодит и анолит обладают соответственно отрицательным и большим положительным ОВП. Принято считать, что процессы, приводящие как к снижению, так и повышению ОВП, происходят в области границы с поверхностью электродов, где возможны большие напряженности электрического поля. Исследованию механизмов активации воды посвящен ряд работ [1-4].

В процессе электролиза на катоде образуется атомарный водород, быстро превращающийся в молекулярный. Аналогично, на аноде образуется атомарный кислород, быстро соединяющийся в молекулы. Водород и кислород в отсутствие других соединений являются соответственно восстановителем и окислителем. Согласно уравнению Нернста, потенциал системы определяется соотношением концентраций восстановителя и окислителя. Потенциал, создаваемый водородом и кислородом, определяются равновесиями [5]:



Потенциалы получены в нормальных условиях при давлении газов 1 атм, концентрации ионов 1 моль/л, т.е. равновесие (1) получено при $\text{pH} = 0$, а равновесие (2) при $\text{pH} = 14$.

Равновесие (1) в общем случае является электродным, этот процесс протекает на поверхности платины, используемой для измерения ОВП, так как платина является катализатором превращения $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$.

Известно, что сам по себе молекулярный водород является малоактивным веществом. В газообразном состоянии он может длительное время храниться в замкнутом объёме без заметных изменений. При комнатной температуре водород инертен. Гремучая смесь водорода с кислородом может некоторое время находиться без изменений, пока не будет толчка к началу цепной реакции. Водород становится активным только при более высоких температурах, когда связь между атомами ослабевает. Если смешать водород с кислородом и оставить их в стеклянном сосуде при комнатной температуре, то даже через несколько лет в нём нельзя будет обнаружить следов воды. Через несколько дней образуется немного воды, если температура сосуда будет 300°C , и только при 500°C водород полностью соединится с кислородом за несколько часов. Реакцию можно ускорить введением катализатора (порошок платины).

В растворе молекулярный водород нейтрален, если в молекулярной форме он не может непосредственно вступать в реакцию. С этой точки зрения потенциал, измеряемый платиновым электродом, может не иметь прямого отношения к окислительно-восстановительным процессам, протекающим в конкретном растворе.

В растворе с участием молекулярного водорода может осуществляться другое равновесие (при $\text{pH} = 14$):



Это равновесие не предполагает разложение молекулярного водорода на атомы, поэтому оно может влиять на процессы в растворе, а не только на потенциал платинового электрода. Следует отметить, что если мы формально пересчитаем потенциал для равновесия (1) на случай, когда $\text{pH} = 14$, то получим практически то же значение E , что и для равновесия (3).

Водород быстро диффундирует в растворе, и если в газовой фазе над поверхностью воды его нет, водород должен мгновенно выделиться из раствора. Поэтому возможность активации воды молекулярным водородом отвергалась.

Когда в растворе одновременно присутствуют водород и кислород, результирующий потенциал будет определяться отношением их концентраций и величиной pH .

Интерес к активации водорода возник в связи с тем, что были обнаружены необычные свойства "живой" и "мёртвой" воды, католита и анолита, образующейся при электролизе [4]. Активные свойства воды сохранялись часами, а в закрытой посуде - и более. Величина окислительно-восстановительного потенциала воды (ОВП), достигаемая в католите при электролизе, оказалась существенно ниже той величины, которую можно ожидать исходя из образования на катоде водорода (восстановителя) [2 - 4]. Причины активации усматривались в образовании при электролизе радикалов различной природы, несмотря на то, что эти радикалы имеют очень малое время жизни (не более секунды). В работе [6] рассматривалась активация воды при введении в неё молекулярного водорода. Обнаружено достижение низких значений ОВП, близких к значениям, достижимым при электролизе, однако на установление потенциала требовалось время (сутки и более). В работе [7] исследовались причины медленного установления потенциала в воде, насыщенной водородом и анализировался механизм активации водорода, растворённого в воде.

В данной работе проводится обзор результатов по установлению потенциала в воде, насыщенной водородом, полученных авторами работы к настоящему времени, и обсуждаются возможные технологии, основанные на использовании наблюдаемых явлений. Рассматривается вопрос о причинах удержания низкого потенциала в течение длительного времени после открывания сосуда.

Часть I. Получение воды с отрицательным ОВП.

Методика эксперимента.

Особенности измерения величины ОВП в области отрицательных значений.

При измерении ОВП в области отрицательных значений существует проблема, связанная с отсутствием надежно установленных и признанных электрохимиками эталонов. Любой раствор, приготовленный на воздухе, быстро поглощает кислород воздуха. Поглощение кислорода ведет к быстрому и неконтролируемому увеличению ОВП в сторону положительных значений. Эталоны ОВП существуют для положительных значений, где поглощение кислорода из воздуха не играет существенной роли.

Удобные в работе портативные коммерческие приборы (карандаши) изготовлены на основе электродов, секреты производства которых не

раскрываются. Калибровка таких приборов по стандартным растворам красной и желтой кровяной соли в области положительных ОВП не дает никакой гарантии на правильность показаний при отрицательных ОВП. Использование платиновых электродов и стандартных электродов сравнения (например, хлор-серебряных), на первый взгляд гарантирует правильный результат.

Однако здесь большое значение имеет чистота платинового электрода. Измеряемой величиной является разность потенциалов между двумя электродами. Входное сопротивление измерительной цепи велико, но не бесконечно, оно составляет обычно $10^{10} - 10^{12}$ Ом. При ЭДС = 0,1 В ток измерительной цепи составит $\sim 10^{-13}$ А или 10^{-13} кулон в секунду. Напомним, что заряд электрона равен $1,6 \cdot 10^{-19}$ кулон. Т.е. в цепи при $R = 10^{12}$ Ом протекает в секунду $\sim 10^6$ электронов. Пусть наша "батарея", один из электродов которой состоит из примесей, осевших на платине, может давать ток примерно 1 час. За это время в цепи пройдет около 10^{10} электронов. Отсюда следует, что количество примесей было не менее $10^{10} / 6,03 \cdot 10^{23} \approx 10^{-13}$ моль. Т.е. маленькая примесь способна в течение длительного времени влиять на показания прибора, измеряющего потенциал. Притом, чем более совершенен прибор, чем больше его входное сопротивление, тем меньшее количество примесей может влиять на результаты измерений. Поэтому, если нам предстоит измерять отрицательные значения потенциала, то калибровка прибора по стандартному раствору красной и желтой кровяной соли никак не характеризует состояние электродов и правильность измерений.

В ходе экспериментов нами принимались меры по поддержанию чистоты платинового электрода. В конце каждого рабочего дня платиновый электрод помещали в разбавленный раствор ОСЧ соляной кислоты (1:5), использовалась дважды дистиллированная вода. Утром перед измерениями электрод промывали дважды дистиллированной водой. Тем не менее, нельзя доказать, что такая процедура гарантированно обеспечивала чистоту электрода, так как отсутствует принятый репер для отрицательных значений ОВП. Например, эталонный раствор для положительного ОВП давал одни и те же показания даже в том случае, если измеряемый потенциал оказывался порядка +100 мВ вместо -200 мВ, получаемых после промывания электрода соляной кислотой и водой.

Процедура получения воды, насыщенной водородом, и измерения ОВП.

Водород получался в электролитической ячейке с никелевыми электродами. Электролит - 30% водный раствор КОН. Ток электролизера 5 А. Производительность по молекулярному водороду 2,1 л/ч. Сначала бутылка заполнялась исследуемым водным раствором доверху. Горлышко бутылки закрывали пробкой. Затем бутылку вверх дном опускали в ванну с водой 3 (см. рис. 27). Под водой пробку открывали, и через трубку в бутылку вводился водород из электролитической ячейки. Какая-либо очистка водорода не проводилась. Растворимость водорода составляет 1,78 мл в 100 мл воды при 20 °С. В объеме 0,5 л растворится 8,9 мл водорода, поэтому для получения воды, насыщенной водородом, в пол-литровую бутылку следует вводить не менее 9 мл водорода. Бутылку заправляли таким образом, чтобы над поверхностью воды оставался пузырек газа не менее 10 мл. После введения требуемого количества водорода бутылку снова под водой закрывали пробкой. Заполненную водородом бутылку

извлекали из ванны, держали вверх дном либо на боку, но ни в коем случае не переворачивали вверх горлышком.

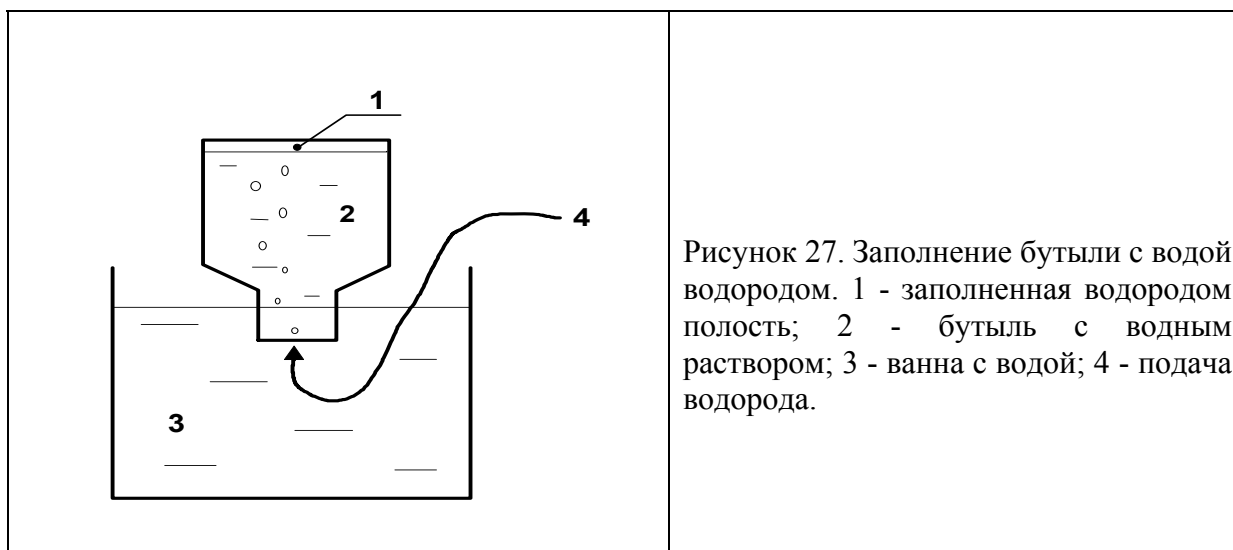


Рисунок 27. Заполнение бутылки с водой водородом. 1 - заполненная водородом полость; 2 - бутылка с водным раствором; 3 - ванна с водой; 4 - подача водорода.

После выдержки в таком положении в течение заданного времени пробку открывали, в специальный сосуд для измерения ОВП заливали примерно 250 мл испытываемой жидкости. Окислительно-восстановительный потенциал измеряли хлор-серебряным и платиновым электродами. В процессе измерений, при погружении электродов в исследуемый раствор, показания измерительного прибора сначала уменьшались, достигали минимума, потом увеличивались. Время достижения минимального отсчета составляло для разных растворов от 1 до 30 минут. Увеличение отсчёта потенциала происходило намного медленнее, чем его уменьшение. Учитывалось, что собственный потенциал хлор-серебряного электрода относительно нормального водородного элемента (н.в.э.) согласно данным завода-изготовителя составлял + 201 мВ для 3М раствора КСl при 20°C. За величину потенциала принимался минимальный отсчет милливольтметра. Отсюда на основе соотношения $ОВП = E \text{ (мВ)} + 201 \text{ мВ}$, где E - потенциал, непосредственно измеренный прибором, получали значение ОВП (потенциал относительно н.в.э.). Концентрация кислорода, растворённого в воде, определялась электродом Кларка. Все измерения проводились прибором Эксперт-001 фирмы "Эконикс". Использовались стандартные хлор-серебряный и платиновый электрод.

Для экспериментов по установлению потенциала использовали бутылки разного типа: а) пластиковые из-под питьевой воды объемом 0,5 л; б) стеклянные бутылки емкостью 0,5 л с закручивающимися металлическим пробками, имеющими тонкий пластиковый уплотнитель; в) стеклянные бутылки емкостью 1 л с полиэтиленовыми пробками; г) бутылки из фторопласта емкостью 1л. Во всех экспериментах использовалась вода, очищенная холодной плазмой на установке БЭР-49-М серии "Пилимин" [8]. Обработанная на этой установке вода очищалась от хлора, ионов тяжелых металлов, органики. Органические примеси разлагались до углекислого газа и воды. Исходное значение ОВП через сутки после очистки (к началу заправки проб жидкости водородом) составляло + (150 ÷ 250) мВ, рН = 7,3 ÷ 7,4. Перманганатная окисляемость воды составляла не более 1 мг О/л. Вода при обработке дезинфицировалась. Разливаемая в посуду

вода содержала примерно 0,3 мг/л озона, что обеспечивало дезинфекцию посуды и находящихся в ней химических реактивов. В контрольных опытах использовалась дважды дистиллированная вода.

Сначала в бутылки вводилось вещество, раствор которого предполагалось исследовать. Затем бутылки доверху заливались водой непосредственно с выхода установки БЭР-49-М. Заправка водородом производилась на следующие сутки после наполнения бутылки водой для того, чтобы озон, содержащийся в очищенной воде, успевал полностью распасться. После заправки водородом в бутылках оставался газовый пузырь, заполненный водородом.

Результаты экспериментов.

Свойства воды, насыщенной водородом, и хранящейся в закрытых сосудах.

Зависимость ОВП от времени выдержки бутылки с момента заполнения водородом до откупоривания для пластиковых и стеклянных бутылей представлена на рисунках 28, 29. Сначала бутылки заполняли водопроводной водой, очищенной на установке БЭР-49-М без каких-либо добавок. Через сутки после разлива воды в бутылки вводили водород. Количество водорода составляло 40 - 50 мл и контролировалось по величине газового пузырька над поверхностью воды, который занимал не менее 40 см³. Минимальное время выдержки бутылки с водородом составляло 2 минуты. За это время успевало установиться значение ОВП на уровне - (200 ÷ 250) мВ. В течение часа ОВП уменьшалось примерно до - 400 мВ. Это значение практически не менялось в течение 4 ÷ 5 часов. Затем через 12 ÷ 15 часов после введения водорода ОВП достигало значения около - 600 мВ. Характер изменения ОВП от исходного до - 600 мВ в первые 15 суток примерно одинаков для пластиковых и стеклянных бутылей. При хранении более 15 дней между пластиковыми и стеклянными бутылками проявляются отчетливые различия. В стеклянных бутылках ОВП сохранялся на уровне минус 600 мВ за ~ 3 месяца наблюдения (см. рис. 29). При хранении от 3 до 6 месяцев в отдельных пробах наблюдалось повышение ОВП, связанное с утечкой водорода через некачественную пробку. В пластиковой бутылке через 15 дней ОВП начинает возрастать, наблюдается сильный разброс экспериментальных точек, и через месяц ОВП достигает значения 0 ÷ 50 мВ. Пузырь газа в стеклянной бутылке с металлической пробкой за все время наблюдений остается неизменным. В пластиковой бутылке пузырь газа (водорода) постепенно уменьшается, бутылка сжимается. Изменение формы бутылки показано на рисунке 30. Когда пузырь водорода в пластиковой бутылке практически исчезает, ОВП возрастает примерно до нуля. Аналогично меняется ОВП во фторопластовой бутылке. Там пузырек водорода тоже постепенно уменьшается, бутылка сдавливается. В стеклянных бутылках объемом 1 л, закрытых полиэтиленовой пробкой, при хранении с водородом более 2 недель наблюдается сильный разброс ОВП, почти от 0 до минус (400 ÷ 500) мВ, что свидетельствует о возможной утечке водорода через полиэтиленовую пробку.

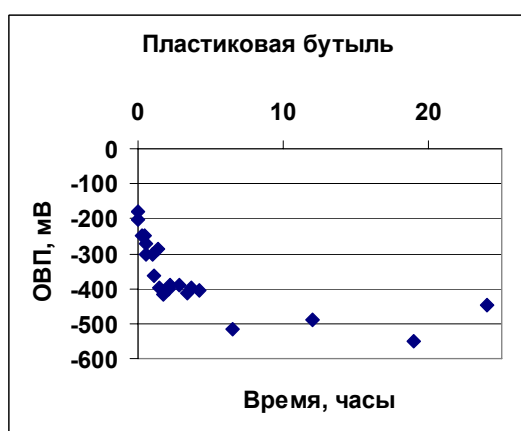
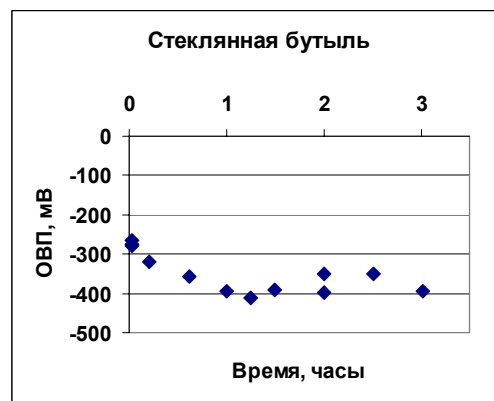
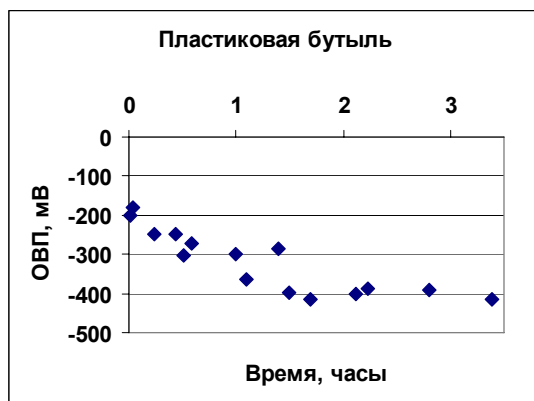


Рисунок 28. Установление ОВП в первые часы после введения водорода. Жидкость - вода, очищенная установкой БЭР-49-М. Количество вводимого водорода $40 \div 50$ мл. Слева - пластиковая бутылка, справа - стеклянная. Объем бутылки 0,5 л. Слева - пластиковые бутылки, справа - стеклянные бутылки с закручивающимися металлическими пробками. Первая точка на всех графиках получена при времени выдержки бутылки с водородом 2 минуты.

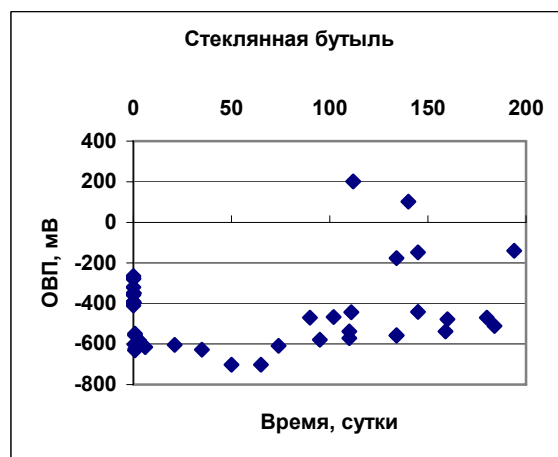
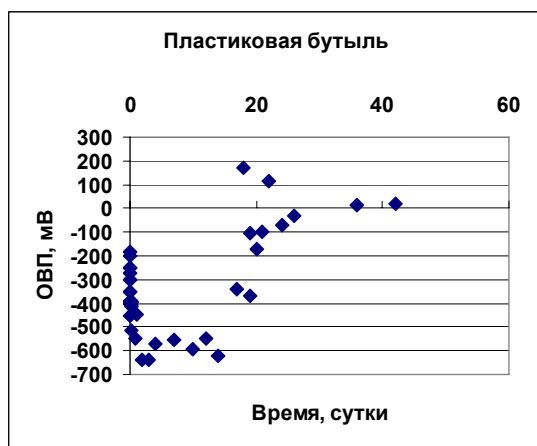


Рисунок 29. Сохранение величины ОВП в закрытой бутылки за длительное время после заправки водородом. Жидкость - вода, очищенная установкой БЭР-49-М. Слева - пластиковые бутылки, справа - стеклянные бутылки с закручивающимися металлическими пробками. Объем бутылей 0,5 л. Первая точка получена через 2 минуты после введения водорода. Газовый пузырёк в стеклянной бутылки остаётся всё время наблюдения 40 - 50 мл, а в пластиковой бутылки через неделю пузырёк начинает заметно уменьшаться.

Значение рН воды при выдержке с водородом не меняется и остается равным $7,3 \div 7,4$ как в исходной воде до заполнения бутылей водородом. Также при насыщении водородом никак не менялась электропроводность всех исследованных растворов.

Обнаруженное увеличение ОВП в пластиковых бутылках через 15 дней после заправки водородом можно объяснить утечкой водорода. Водород легко диффундирует через пластмассу. Азот и кислород, содержащиеся в атмосферном воздухе, диффундируют обратно намного медленнее, поэтому после утечки водорода бутылка оказывается сдавленной (см. рис. 30). В стеклянных бутылках, закрытых металлическими пробками с тонкими пластмассовыми уплотнениями, уменьшение газового пузыря за ~ 3 месяца хранения не наблюдалось. Пузырь водорода во фторопластовой бутылки также постепенно уменьшался, и бутылка сдавливалась. В стеклянных бутылках, закрытых полиэтиленовой пробкой, изменения размера пузыря газа не наблюдалось, однако через пробку могла быть утечка водорода. Давление в стеклянной недеформируемой бутылки при этом сильно падает, и возможен подсос атмосферного воздуха. Из-за этого значение ОВП могло сильно меняться.



Рисунок 30. Бутылки объемом 1,5 л после хранения в течение 20 дней. 1 - бутылка была заправлена водородом; 2 - бутылка заправлена воздухом. Водород диффундировал из бутылки 1, в результате она оказалась сдавленной. Значение ОВП воды в обеих бутылках примерно одинаково и составляет $50 \div 70$ мВ.

Изменение ОВП в открытых сосудах.

Кинетика установления ОВП в открытом сосуде объемом 1 л при пробурлировании водорода через поверхностный слой толщиной 3 ÷ 4 мм, представлена на рисунке 31а. Скорость подачи водорода составляла 1 л/ч. Из рисунка видно, что через час после начала продува ОВП достигает значения минус 150 мВ, через 2,5 ÷ 3 часа примерно минус 300 мВ. Через сутки продува устанавливается ОВП = - 450 мВ.

Кинетика возрастания ОВП при хранении насыщенной водородом воды в открытом сосуде объемом 250 мл представлена на рис. 31б. Начальное значение ОВП минус 520 мВ. За 6 часов ОВП возрастает до минус 380 мВ. Далее в течение трех суток ОВП возрастает до минус 100 мВ.

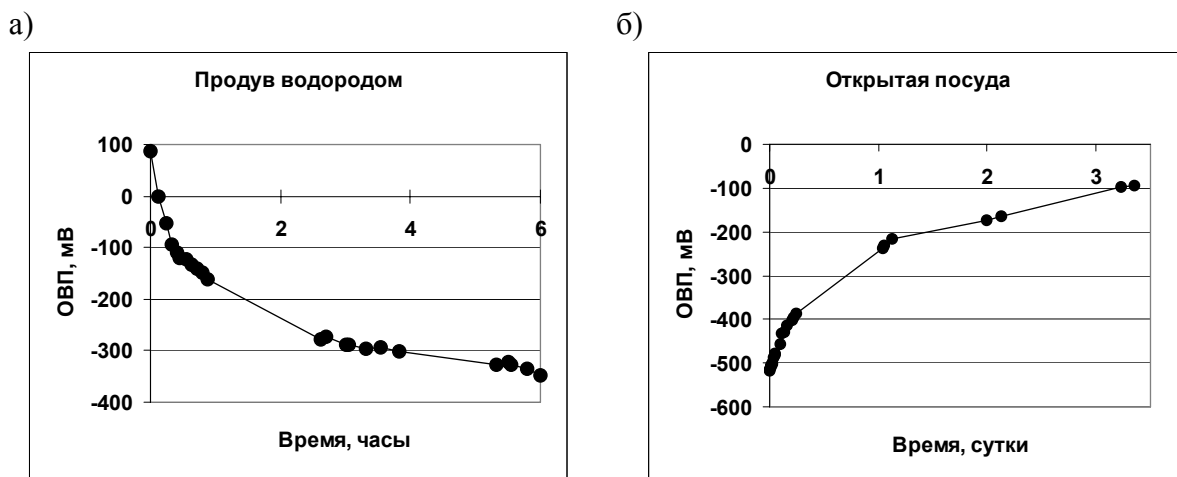


Рисунок 31. Изменения ОВП в открытой посуде.

а) Уменьшение ОВП при продуве водородом через верхний слой воды, полный объем воды 1 л. Скорость продува водородом 1 л/ч. Через 24 часа ОВП становится равным минус 450 мВ.

б) Увеличение ОВП, насыщенной водородом, при хранении в открытой посуде объемом жидкости 250 мл.

Зависимость ОВП от объема водорода в бутылке.

Зависимость ОВП воды, очищенной на установке БЭР-49-М, от объема водорода, вводимого в стеклянную бутылку 0,5 л, через сутки после введения водорода представлена на рис. 32а. Объем водорода от 9 до 63 мл. Из рисунка видно, что с увеличением объема водорода ОВП уменьшается от минус 400 до минус 600 мВ. При введении 120 мл водорода через сутки ОВП достигало минус 790 мВ. После измерения ОВП жидкость выливали обратно в бутылку, пробка закрывалась. Закрытая бутылка лежала на боку сутки, после чего процедуру измерения ОВП повторяли. Зависимость ОВП воды, первоначально насыщенной разными объемами водорода, от времени хранения после первого откупоривания бутылки представлена на рис. 32б. Из этого рисунка видно, что значения ОВП при хранении воды в откупоренных после заправки водородом бутылках увеличивались, через трое суток они составляли от минус 50 до минус 150 мВ, через 5 суток 30 ÷ 50 мВ.

Зависимость ОВП от состава водного раствора и концентрации соли.

В опыте, аналогичном описанному выше, исследовалась зависимость ОВП водного раствора от концентрации соли. В качестве соли использовался серноокислый аммоний. Выбор соли обусловлен тем, что ни анион, ни катион не могут изменяться при взаимодействии с водородом. Объем вводимого водорода составлял 40 ÷ 50 мл, концентрация соли от 1 до 64 г/л. Образцы растворов приготавливали следующим

способом. В стеклянные бутылки вместимостью 0,5 л засыпали навеску сернокислого аммония. Затем бутылки заправляли водой, очищенной на установке БЭР-49-М. На следующие сутки после заливки воды вводился водород. Через сутки после введения водорода бутылки открывали и производили первое измерение ОВП.

Полученная зависимость ОВП от концентрации сернокислого аммония представлена на рис. 33а. Сравнивая с ОВП чистой воды, измеренной в аналогичных условиях (минус 580 мВ, см. рис. 4) видим, что при концентрации соли 1 г/л значение ОВП (минус 570 мВ) примерно такое же, как в чистой воде. При увеличении концентрации соли до 2 г/л и более ОВП увеличивается до минус 500 мВ и практически не зависит от концентрации сернокислого аммония. Также, как в случае с водородом без добавок соли, после измерения ОВП раствор заливали обратно в бутылку, закрывали пробку. Закрытая бутылка лежала на боку сутки, после чего процедуру измерения ОВП повторяли (рис. 33б). Также, как в чистой воде с водородом, наблюдалось увеличение ОВП практически до нуля за четыре дня.

Зависимость ОВП при откупоривании бутылей через сутки после введения водорода от вида жидкости представлена на рис. 34. Цифрами обозначены: 1 - дистиллированная вода; 2 - вода, очищенная на установке БЭР-49-М, без каких-либо добавок; 3 - раствор NaCl; 4 - раствор NH₄SO₄; 5 - раствор Na₂CO₃; 6 - раствор KCl; 7 - раствор KI; 8 - раствор резорцина. Использовались химически чистые реактивы, концентрация всех добавок была 1 г/л. Из рисунка 34 видно, что при открывании бутылки через сутки после введения водорода ОВП практически не зависит от вида жидкости и составляет минус (600 ÷ 670) мВ.

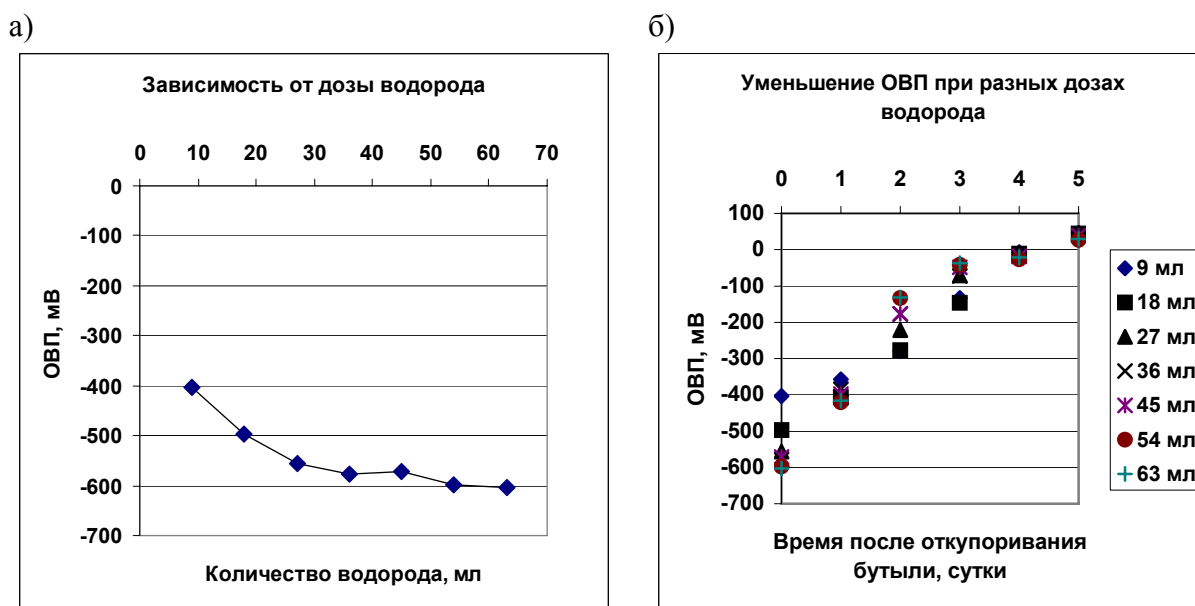


Рисунок 32.

- а) Зависимость ОВП от количества водорода, вводимого в стеклянную бутылку объемом 0,5 л, при откупоривании бутылки через сутки после введения водорода.
- б) Изменения ОВП воды, насыщенной разными объемами водорода (от 9 до 63 мл), при хранении после откупоривания бутылки. Бутылки были заправлены водородом за сутки до начала измерений. Бутылки открывали при измерении ОВП, затем их снова закрывали.

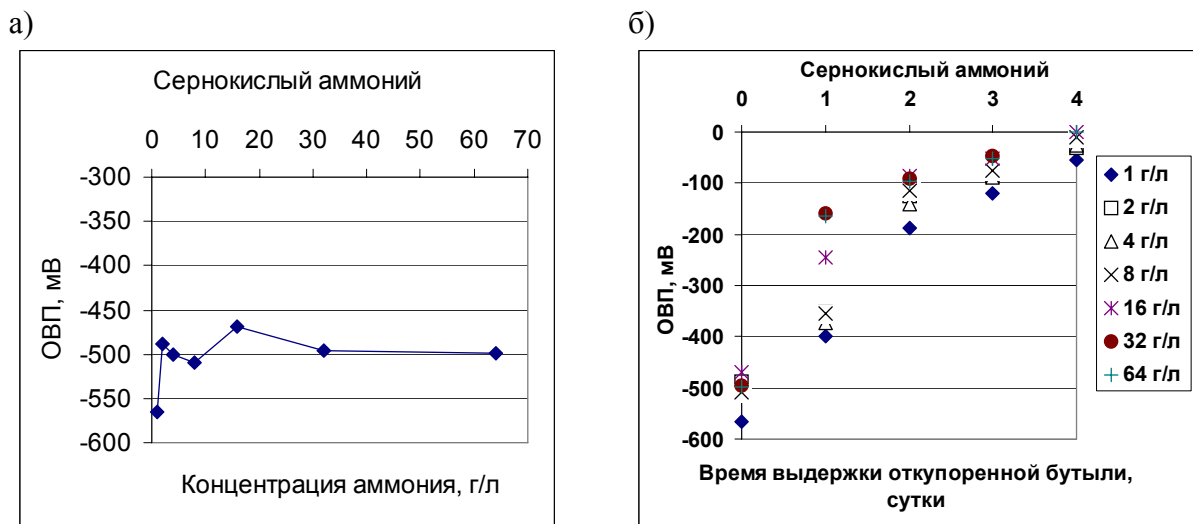


Рисунок 33.

а) Зависимость ОВП от концентрации сернокислого аммония через сутки после заправки бутылей водородом и сразу после откупоривания бутыли.

б) Зависимость ОВП водного раствора сернокислого аммония от времени после откупоривания бутыли (сутки) при концентрациях сернокислого аммония от 1 до 64 г/л. Бутыли открывали при измерении ОВП, затем их снова закрывали.

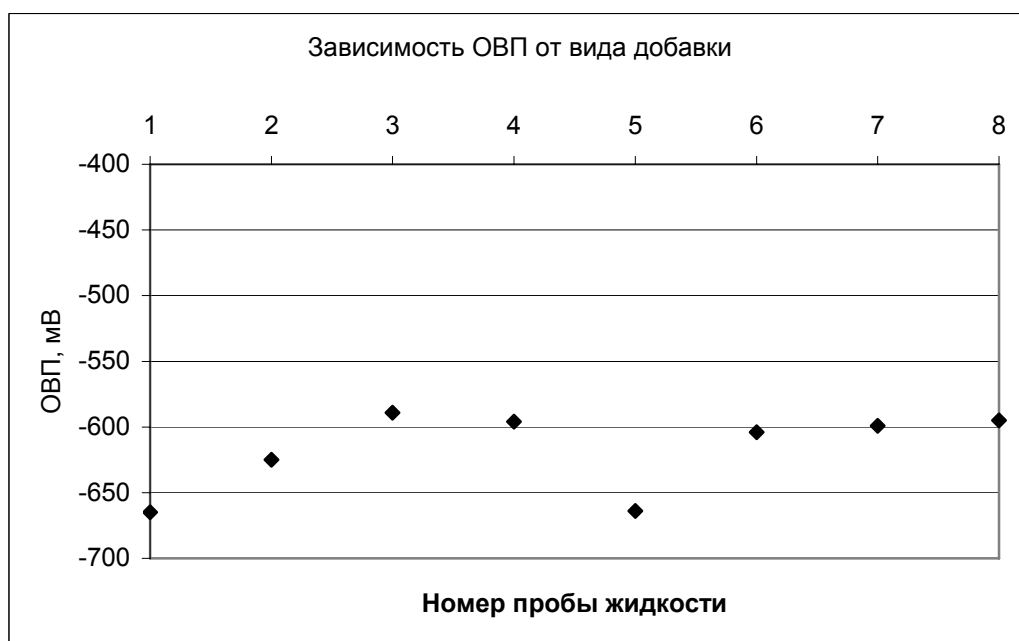


Рисунок 34. Зависимость ОВП через сутки после введения водорода от вида жидкости. Концентрация всех добавок 1 г/л. 1 - дистиллированная вода, 2 - вода, очищенная на установке БЭР-49-М, 3 - NaCl; 4 - NH₄SO₄, 5 - Na₂CO₃, 6 - KCl, 7 - KI, 8 - резорцин.

Зависимость ОВП от времени хранения после первого открывания бутыли для тех же жидкостей, что и на рис. 34, представлена на рис. 35. Для всех жидкостей, кроме раствора углекислого натрия, ОВП увеличивается до значений 0 ÷ минус 50 мВ. В растворе углекислого натрия ОВП увеличивается до

величины примерно минус 200 мВ, равной значению ОВП в исходном растворе при концентрации 1 г/л.

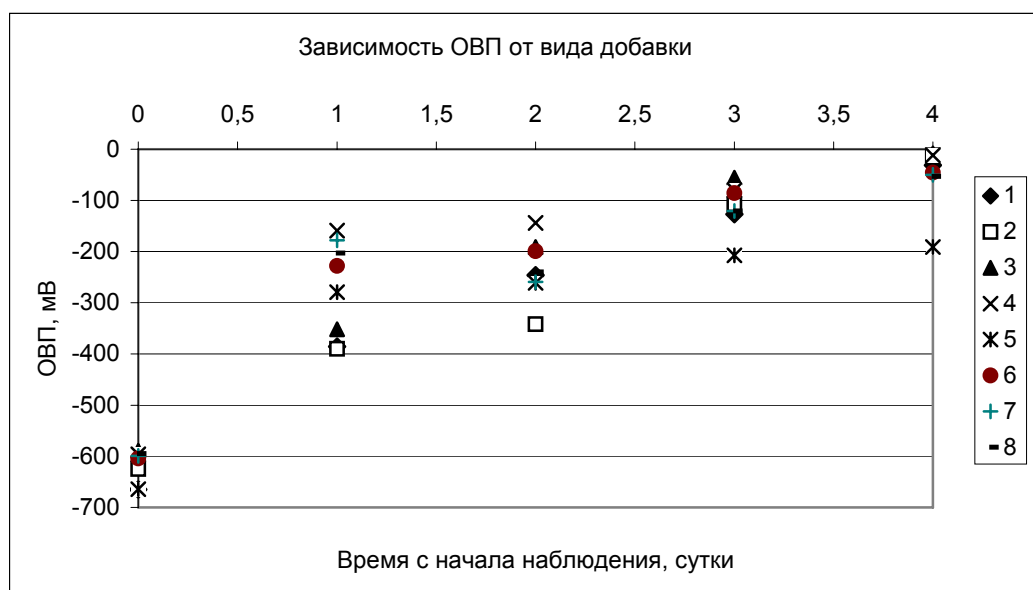


Рисунок 35. Зависимость ОВП при разном времени после откупоривания бутылей и начала наблюдения от вида добавки. Время наблюдения: 0 - начало измерений, 1 - первый день, 2 - второй день, 3 - третий день, 4 - четвертый день.

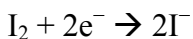
Вид добавки (концентрация всех добавок 1 г/л): 1 - дистиллированная вода, 2 - вода, очищенная на установке БЭР-49-М, 3 - NaCl; 4 - NH₄SO₄, 5 - Na₂CO₃, 6 - KCl, 7 - KI, 8 - резорцин.

Наблюдение восстановительных реакций в воде, насыщенной водородом.

Восстановление молекулярного иода.

В пластиковую бутылку объемом 1 л налили 10 мл раствора KI концентрацией 0,1M. Затем бутылку заполнили доверху водой непосредственно с выхода установки БЭР-49-М. Так как эта вода содержит озон (0,3 мг/л), то раствор сразу пожелтел. После этого в бутылку ввели 50 мл водорода. Бутылку положили на бок. Сразу никаких изменений не наблюдалось, однако на следующий день раствор стал бесцветным. Бутылку была открыта, значение ОВП = - 606 мВ.

Восстановление иода описывается реакцией:



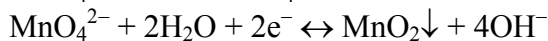
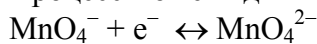
Стандартный потенциал этой реакции $E = + 536$ мВ, поэтому восстановление возможно при ОВП < -536 мВ. В первые часы после введения водорода, как было показано выше, ОВП на уровне минус 300 ÷ 400 мВ, значение потенциала до минус 600 мВ устанавливается примерно через сутки. Поэтому сразу после введения водорода, когда потенциал уменьшился ещё недостаточно, изменений цвета раствора не видно, а через сутки, когда потенциал достигает примерно минус 600 мВ, молекулярный иод восстанавливается и раствор становится бесцветным.

Восстановление марганца в растворе перманганата калия.

ОВП раствора перманганата калия концентрацией 1 г/л не менялся при введении водорода и составлял плюс 330 мВ и никаких изменений в растворе при введении водорода не происходило. Исходный раствор имел ОВП = + 330 мВ, после заполнения водородом и выдержки в течение нескольких суток значение ОВП оставалось прежним, цвет раствора не менялся.

Когда взяли бледный раствор марганцевки (концентрация не более 0,01 г/л), ситуация изменилась. При введении в бутылку объемом 0,5 л с розовым раствором марганцевки примерно 150 мл водорода (при этом через сутки ОВП падало до минус 790 мВ) раствор начал менять цвет. Через сутки раствор стал прозрачным, а на дне бутылки образовался осадок окиси марганца.

Процесс может идти в две стадии



Стандартный потенциал первой реакции составляет +540 мВ, второй + 580 мВ. Значение ОВП раствора после выпадения осадка составило минус 530 мВ. Таким образом, когда количество введенного водорода было недостаточным для восстановления всего вещества, находящегося в бутылке, ОВП не менялся. Когда водорода хватило с избытком, выпал осадок продуктов восстановления, и значение ОВП осталось отрицательным.

Окисление металлического железа.

Наблюдалось влияние водорода на окисление пластинок металлического железа в воде. В бутылки объемом 0,7 л помещали одинаковые железные пластинки размерами 10 x 30 мм толщиной 1 мм и заполняли их очищенной, отстоявшейся одни сутки водой. В одной бутылке оставляли воздушный пузырек примерно 50 мл. Вторую бутылку заполняли полностью и вводили 50 мл водорода. Обе бутылки лежали на боку. Бутылки лежали примерно три месяца. Раз в месяц газовая среда обновлялась, бутылку открывали и снова запускали туда воздух или водород. Следует подчеркнуть, что первоначально налитая в обе бутылки вода содержала кислород. На рисунке 36 приведены фотографии бутылок через три месяца. Разница в цвете осадка, образующегося в бутылках, была видна всегда. В бутылке, заправленной водородом, после первого месяца эксперимента тоже наблюдался красноватый осадок, но его было намного меньше, чем в бутылке с воздухом. После введения свежей порции водорода через месяц хранения осадок стал черным. После введения водорода на третий месяц цвет оставался черным и не менялся. Черный осадок лежал на дне, сама вода выглядела совершенно прозрачной. В бутылке с воздухом красный осадок постепенно увеличивался.



Рисунок 36. Наблюдение окисления металлического железа в воде. Слева - в газовой фазе воздух. Справа - в воду, первоначально содержащую растворенный кислород воздуха, вводился водород. Видно, что продукты окисления разные.

Отсюда видно, что продукты, образующиеся в среде водорода и без него, существенно различаются. Это указывает на химическую активность молекулярного водорода в условиях эксперимента.

Оценка возможности бесконтактной активации воды.

В работах, выполненных первооткрывателями активированной воды [4], исследовались изменения ОВП воды, находящейся в стакане, погруженном в католит. Наблюдалось уменьшение ОВП воды, налитой в полиэтиленовый мешок или в тонкостенный пластиковый стакан. Изменения ОВП воды, налитой в стеклянный стакан, не зарегистрированы. Обнаруженное изменение ОВП было названо бесконтактной активацией. Термин "бесконтактная" был использован в связи с тем, что жидкости не могли обмениваться молекулами. Проведенные нами исследования показывают, что результаты этих работ можно объяснить диффузией водорода через тонкую пластмассовую перегородку. Диффузия водорода через стекло намного менее вероятна, поэтому изменения ОВП воды в стеклянном стакане, погруженном в жидкость с меньшим ОВП, не наблюдалось.

Нами исследована возможность изменения ОВП в случае, когда диффузия водорода между сосудами с разным ОВП исключена, а геометрия опыта аналогична случаю, когда стакан погружен в жидкость. Если изменения ОВП связано со сверхкогерентным излучением, о существовании которого сообщается в ряде работ, то эти изменения могут быть обнаружены в описанном ниже опыте.

Эксперимент выполнялся следующим образом. Была набрана "батарея" из 24 стеклянных бутылей емкостью 0,5 л. Бутыли заполняли очищенной водой и вводили по $40 \div 50$ мл водорода в каждую. Бутыли с водородом укладывались на бок. В этих условиях ОВП воды в каждой бутылке составлял порядка минус 600 мВ.

Очищенную воду наливали доверху в пластиковые бутылки того же объема, пузырек воздуха практически отсутствовал. Эти бутылки положили на батарею так, чтобы каждая бутылка с простой водой была окружена со всех сторон бутылками с отрицательным ОВП. Кроме того, в батарею поместили пластиковые бутылки, заправленные водородом, как стеклянные. Такие же бутылки с простой очищенной водой в пластиковых бутылках поместили на расстоянии 2 метра от батареи.

Через 7 дней измерили ОВП воды в бутылках, лежавших на батарее и на удалении от неё. Результаты приведены в таблице 6.

Таблица 6. ОВП воды в бутылках, лежавших на батарее с потенциалом минус 600 мВ и на расстоянии 2 метра от неё.

	Бутылки, лежавшие на батарее	Бутылки, удаленные от батареи
ОВП, мВ	+ 38 мВ	+ 37 мВ
	+ 39 мВ	+ 35 мВ
	+ 42 мВ	+ 34 мВ
		+ 36 мВ

Из таблицы 6 видно, что разницы ОВП в бутылках, лежавших на батарее, и удаленных от неё, не наблюдается. В пластиковых бутылках, заправленных водородом и лежавших в батарее, пузырек газа (водорода) постепенно уменьшался и через месяц пропал совсем. Бутылки стали сдавленными, как показано на рис. 30. Значение ОВП, в первые дни равное минус $500 \div 600$ мВ, через месяц оказалось в пределах $50 \div 100$ мВ.

Таким образом, зависимость ОВП от расстояния до батареи не наблюдалась, но остается неясной причина получения в этом эксперименте пониженного значения ОВП обработанной воды. Обычно при длительном хранении в лаборатории ОВП находится в пределах $70 \div 150$ мВ. Нельзя исключить, что это проявление эффектов сверхкогерентного излучения [9].

В другом опыте стакан из полиэтилена с толщиной стенок 0,3 мм объемом 150 мл помещали в банку объемом 330 мл, заполненную водой из бутылки, заправленной

водородом. Эту бутылку после заправки водорода выдерживали 1 неделю, ОВП воды в бутылке составлял -560 мВ. Зависимость ОВП воды в полиэтиленовом стакане от времени наблюдения представлена на рис. 37.

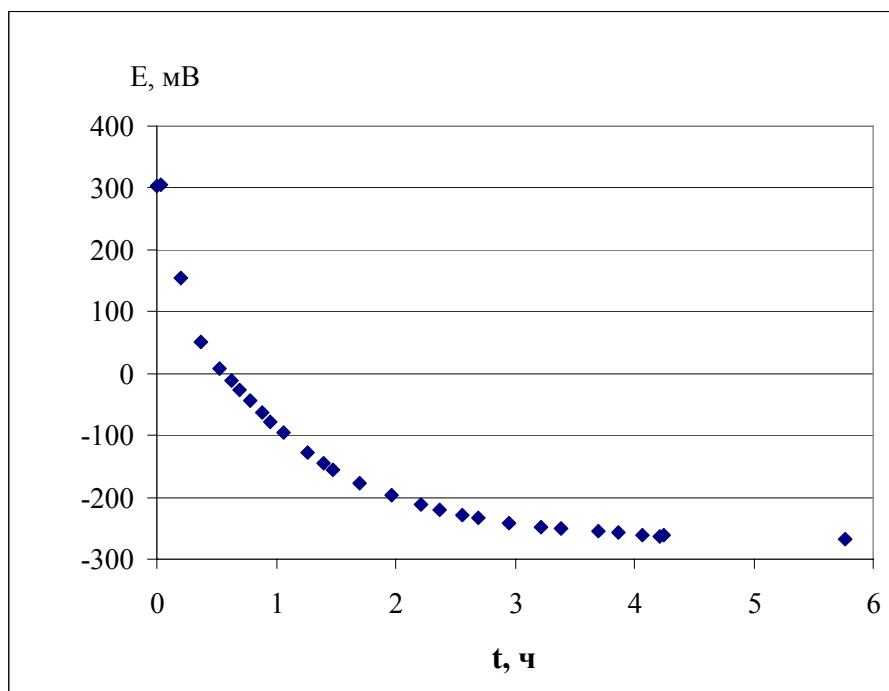


Рисунок 37. Зависимость ОВП воды в ПЭ стакане, помещённом в банку с водой, насыщенной водородом. Для воды в банке ОВП = -560 мВ.

Исходное значение ОВП воды в ПЭ стакане 300 мВ. При погружении в банку с водой, насыщенной водородом, ОВП начал уменьшаться, и примерно через 5 часов достиг стационарного значения - 280 мВ. За это время ОВП в банке, куда погрузили стакан, возрос незначительно, от -560 до -530 мВ. Этот результат можно объяснить диффузией водорода из банки в пластиковый стакан через стенки, и установлением равновесия между диффундирующим в стакан и улетучивающимся через открытую поверхность водородом.

Наблюдался и обратный процесс, когда бутылку с водой объёмом 500 мл, заправленной водородом, утапливали в банку с водой объёмом 3 литра. Банку плотно закрывали стеклянной крышкой. Банку хранили вверх дном (чтобы диффундирующий водород не мог быстро улетучиваться через щели в крышке) в течение двух дней. Исходная вода, залитая в 3 л банку, имела ОВП = 310 мВ. В откупоренной через два дня банке ОВП оказался равным - 100 мВ. Таким образом, здесь мы тоже наблюдаем уменьшение ОВП воды, обусловленное диффузией водорода из бутылки, утопленной в банке.

Отрицательный ОВП в жидкости можно получить, используя реактивы, не содержащие водород. В качестве таких реактивов нами были выбраны: раствор Na_2SO_3 концентрацией 250 г/л и раствор NaOH с $\text{pH} = 14$. В растворе Na_2SO_3 удалось получить ОВП = -490 мВ, а в растворе NaOH ОВП = -400 мВ. При погружении полиэтиленового стакана в эти жидкости никакого изменения ОВП за время до 7 часов не обнаружено. Это подтверждает, что основным фактором, определяющим ОВП воды, является химический состав. Когда водород или другой восстановитель из одного раствора в другой не передаётся, никакая бесконтактная активация не происходит. Не происходит бесконтактная

активация и тогда, когда сосуды лежат рядом и не имеют общей стенки. А водород, который может диффундировать через стенки сосудов, попав в атмосферу через стенки бутылки с водородной водой, улетучивается, и никак не может попасть во второй сосуд, находящийся рядом.

Зависимость ОВП от места проведения анализа.

В этом эксперименте сравнивались пробы одной и той же воды в Москве и в Нижнем Тагиле. В первой серии экспериментов пробы воды из разных источников Нижнего Тагила доставляли в Москву и измеряли ОВП. Пробы той же воды анализировались на месте (в Нижнем Тагиле). Оказалось, что в Нижнем Тагиле ОВП всех проб на $150 \div 200$ мВ меньше. Аналогичным образом, пробы воды из Москвы доставлялись в Нижний Тагил и анализировались. И в этом случае ОВП московской воды, измеренный в Нижнем Тагиле, оказался на $100 \div 200$ мВ меньше.

Во второй серии экспериментов ОВП воды измеряли одним и тем же прибором с теми же электродами (платиновым и хлор-серебряным). Оказалось, что ОВП московской воды, измеренный тем же прибором в Нижнем Тагиле, на $100 \div 200$ мВ меньше, чем в Москве. ОВП проб нижнетагильской воды, измеренный на месте московским прибором, совпадал с показаниями нижнетагильского прибора.

В числе причин обнаруженного эффекта можно указать наличие в уральском воздухе молекулярного водорода. Известно, что в районах разломов земной коры из недр в атмосферу выделяется водород, и его концентрация в воздухе этих районов заметно выше, чем в других районах, где разломов коры нет. Таким образом, и в этом случае понижение ОВП воды может быть объяснено наличием в атмосфере газов, обладающих восстановительными свойствами.

Проведенные эксперименты позволяют предположить, что для исследованных процессов основную роль в понижении ОВП жидкости играет газ, обладающий восстановительными свойствами, в первую очередь, водород. Другие явления могут играть роль, но их вклад в понижение ОВП намного меньше.

Часть II. Оценка механизма активации водорода.

Постановка задачи.

Для этого исследовалась связь между содержанием кислорода и его активных форм на величину ОВП после введения водорода и влияние ионизирующего излучения радиоактивных источников.

Эксперимент проводился ранней весной, когда температура водопроводной воды составляла $4 \div 5$ °С. Вода насыщалась кислородом до предела растворимости при данной температуре, концентрация кислорода в воде составляла ~ 13 мг/л. Воду наливали в бутылки так, чтобы практически не оставался воздушный пузырёк, и закрывали. В закрытой посуде концентрация кислорода сохранялась длительное время после того, как температура воды повышалась до комнатной.

Содержание активных частиц (окислителей) в воде определялось с помощью раствора КJ по стандартной методике. Концентрация окислителей сразу после обработки холодной плазмой в пересчёте на озон составляла $0,3 \pm 0,02$ мг O_3 /л. После выдержки в закрытом сосуде в течение суток концентрация активных частиц уменьшалась до $0,05 \pm 0,02$ мг O_3 /л. Активные частицы практически полностью пропадали (до уровня меньше предела обнаружимости) после выдержки в закрытой посуде не менее недели.

Для экспериментов использовалась вода четырёх видов:

- 1) Свежеприготовленная непосредственно с выхода прибора для очистки воды, (ОВП = 570 мВ, $[O_3] = 0,3 \pm 0,02$ мг/л, $[O_2] = 13$ мг/л, $T = 4 \div 5$ °С).
- 2) Отстоявшаяся в закрытой посуде сутки, (ОВП = 250 мВ, $[O_3] = 0,05 \pm 0,02$ мг/л, $[O_2] = 12 \div 13$ мг/л, $T = 20 \div 21$ °С).
- 3) Отстоявшаяся в закрытой посуде не менее недели (ОВП = 130 \div 150 мВ, $[O_3] < 0,02$ мг/л, $[O_2] = 10 \div 12$ мг/л, $T = 20 \div 21$ °С).
- 4) Дистиллированная вода, отстоявшаяся в стеклянной 20 л бутылки неделю (ОВП = 360 ± 30 мВ, $[O_2] = 8 \pm 0,5$ мг/л, $T = 20 - 21$ °С). В ней содержание кислорода меньше, активных форм кислорода не должно быть. Воду разливали в стеклянные бутылки ёмкостью 0,5 л с металлической заворачивающейся пробкой и пластиковой прокладкой. В каждую бутылку вводили водород, образующийся в электролизёре. Для заправки бутылки её горлышко помещали в воду, пробку в воде отворачивали. После введения через фторопластовую трубку водорода бутылку под водой закрывали и оставляли в лежачем положении на боку или вверх дном, чтобы водород не мог улетучиваться через уплотнение пробки. Водород не подвергали какой-либо очистке или сушке. Длина трубки, по которой подавали водород из электролизёра, составляла 50 см, внутренний диаметр трубки 3 мм, скорость подачи водорода 1 л/ч. Заправка проводилась таким образом, чтобы над поверхностью воды образовался пузырёк водорода объёмом 10 ± 1 мл.

После выдержки в заданных условиях бутылку открывали, определяли окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) и концентрацию растворенного кислорода. Величина рН во всех экспериментах оставалась постоянной и составляла $pH = 7,2 \div 7,3$.

Для каждого условия эксперимента готовили 6 бутылок воды (6 проб). Ошибка результатов, приводимая далее в таблицах, характеризует разброс измеряемых величин в разных пробах.

В отдельном опыте бутылки, заправленные водородом, облучали гамма-излучением и нейтронами, после чего измеряли значения ОВП и концентрацию

растворённого кислорода. Облучение проводилось гамма-источниками Cs^{137} (энергия гамма-квантов 662 кэВ) с разными активностями и нейтронным Ra- α -Be источником. Поток гамма-квантов в бутылки составлял 320 и 480 (см².с)⁻¹. Поток быстрых нейтронов также в районе бутылки составлял 430 (см² с)⁻¹. Ошибка определения потока гамма-квантов и нейтронов не превышала 20%.

Установление ОВП при разных концентрациях растворённого кислорода.

Результаты измерений характеристик воды, приготовленной в перечисленных выше (1 - 4) условиях, представлены в таблице 7. В не заправленной водородом воде (1) содержание растворённого кислорода уменьшается за 40 суток от 13 до 7,9 мг/л, потенциал уменьшается от 570 до 120 ÷ 150 мВ. В воде, заправленной сразу (2), содержание кислорода уменьшается сильно, через 40 суток кислорода почти не остаётся, ОВП падает до -350 мВ. В отстоявшейся воде (3) концентрация растворённого кислорода также уменьшается, но при большом времени выдержки (11 - 40 суток) кислорода в растворе остаётся заметно больше. ОВП сразу заправленной водородом воды уменьшается медленнее, чем в отстоявшейся воде, хотя достигает примерно тех же значений. В отстоявшейся дистиллированной воде (4), отличающейся тем, что в ней меньше концентрация растворённого кислорода, и при её обработке нет стадий, когда могут образовываться активные частицы, уже через 1 час (0,041 суток) ОВП уменьшился до - 170 мВ, хотя концентрация растворённого кислорода ещё не изменилась. В ней отчётливо проявляется тенденция более быстрого уменьшения ОВП и достижения более низких значений потенциала. Обращает на себя внимание тот факт, что в обработанной холодной плазмой воде (3) после длительного отстаивания (40 суток) концентрация растворённого кислорода в воде почти такая же, как и в дистиллированной (4), хотя потенциал намного меньше. За 5 часов (0,21 суток) в первых трёх видах воды уменьшение потенциала составило 250 - 350 мВ, в то время как в дистиллированной воде (4) потенциал уменьшился на ~700 мВ.

Изменения потенциала воды, заправленной водородом, под действием источников ионизирующего излучения представлены в таблице 8. Исходная вода относилась к категории (3) - долго отстаивавшаяся вода, в которой должны были распасться активные формы кислорода. После заправки водородом во всех бутылках происходило уменьшение ОВП и [O₂], поэтому сравнивали ОВП в облучённой и необлучённой бутылках, приготовленных одновременно в одинаковых условиях. При использовании источника малой интенсивности влияние излучения не было обнаружено: изменение ОВП по сравнению с необлучённой водой не наблюдалось, концентрация кислорода не изменилась. Для гамма-источника, имеющего в 1,5 раза большую интенсивность, изменения ОВП и [O₂] после облучения по сравнению с необлучённой водой стали заметны: после облучения ОВП уменьшился на 80 мВ, а концентрация кислорода уменьшилась на 1 мг/л. При облучении нейтронами эффект стал более заметен: за то же время (30 мин) ОВП уменьшился на 240 мВ по сравнению с необлучённой водой, концентрация растворённого кислорода уменьшилась на 2,6 мг/л по сравнению с контрольным необлучённым образцом. Большая разница ОВП и [O₂] в отдельных сериях контрольных необлучённых образцов обусловлена разницей во времени доставки образцов к месту облучения и обратно при работе с радиоактивными источниками разного типа. Проводилось облучение отстоявшейся воды источником Co^{60} с интенсивностью,

Таблица 7. Значения концентрации растворённого кислорода $[O_2]$ (мг/л) и окислительно-восстановительного потенциала ОВП (мВ) для разных партий воды: 1) Без водорода - вода непосредственно с выхода установки для очистки воды через разные промежутки времени. Вода разливалась в стеклянные бутылки с закручивающимися пробками, пробки после заправки воды закрывали. 2) Заправлена сразу - водород вводили сразу после заполнения бутылки свежеработанной водой с выхода установки. 3) Отстоявшаяся - бутылки заправляли водой сразу из установки и выдерживали в закрытом виде сутки. После этого вводили водород. 4) Дистиллированная - дистиллированная вода хранилась в стеклянной бутылки 20 л неделю, после этого воду заливали в бутылки 0,5 л и заправляли водородом. Водород вводили так, что после заправки оставался пузырёк водорода объёмом 10 ± 1 мл.

t, сутки	1) Без водорода		2) Заправлена сразу		3) Отстоявшаяся		4) Дистиллированная	
	$[O_2]$, мг/л	ОВП, мВ	$[O_2]$, мг/л	ОВП, мВ	$[O_2]$, мг/л	ОВП, мВ	$[O_2]$, мг/л	ОВП, мВ
0	$13 \pm 0,5$	570 ± 50	$13 \pm 0,5$	570 ± 50	11 ± 1	220 ± 20	$8 \pm 0,5$	360 ± 30
0,041	$12 \pm 0,5$	490 ± 20	$10,2 \pm 0,5$	140 ± 40	$10,6 \pm 1$	80 ± 20	$8 \pm 0,5$	-170 ± 40
0,21	$11,2 \pm 0,4$	370 ± 15	$9,6 \pm 0,3$	50 ± 20	$10,1 \pm 1$	-110 ± 30	$5,1 \pm 0,4$	-360 ± 50
0,75	$10,2 \pm 0,4$	245 ± 20	$6,4 \pm 0,3$	-120 ± 20	$6,9 \pm 1$	-200 ± 60	$4,7 \pm 0,4$	-390 ± 60
1,83	$10,8 \pm 0,4$	210 ± 20	$5,4 \pm 0,3$	-140 ± 20	$6,1 \pm 1$	-250 ± 50	$4,0 \pm 0,4$	-380 ± 60
3	$10 \pm 0,4$	110 ± 20	$5 \pm 0,5$	-200 ± 20	$5,1 \pm 0,5$	-270 ± 50	$3,5 \pm 0,4$	-400 ± 50
7	$9,7 \pm 0,4$	135 ± 15	$4 \pm 0,7$	-250 ± 50	$4 \pm 0,7$	-320 ± 50	$1,7 \pm 0,3$	-390 ± 50
11	$8,7 \pm 0,4$	155 ± 15	$2,1 \pm 0,7$	-260 ± 40	$2,8 \pm 0,5$	-280 ± 50	$1,4 \pm 0,2$	-340 ± 30
17	$8,2 \pm 0,4$	155 ± 15	$0,75 \pm 0,2$	-350 ± 50	$2,9 \pm 0,5$	-300 ± 50	$1,2 \pm 0,2$	-350 ± 40
40	$7,9 \pm 0,4$	120 ± 15	$0,2 \pm 0,1$	-350 ± 40	$0,9 \pm 0,2$	-340 ± 30	$1,5 \pm 0,2$	-270 ± 40

Таблица 8.

Изменение характеристик воды при активации излучением радиоактивных источников

Источник	Δt мин	ОВП(необл) мВ	ОВП(обл) мВ	$[O_2]$ (необл) мг/л	$[O_2]$ (обл) мг/л
Cs^{137} , фотоны $I = 320 \text{ (см}^2 \cdot \text{с)}^{-1}$	30	-40 ± 30	-45 ± 30	$9,6 \pm 1$	$9,6 \pm 1$
	60	-60 ± 30	-55 ± 30	10 ± 1	10 ± 1
Cs^{137} , фотоны $I = 480 \text{ (см}^2 \cdot \text{с)}^{-1}$	30	$+2 \pm 20$	-80 ± 30	$10,4 \pm 1$	$9,4 \pm 1$
Ra- α -Be, нейтроны $I = 430 \text{ (см}^2 \cdot \text{с)}^{-1}$	15	-140 ± 30	-280 ± 50	$5,3 \pm 0,7$	$4,1 \pm 0,5$
	30	-10 ± 30	-250 ± 40	$8,2 \pm 0,6$	$5,6 \pm 0,6$

в три раза большей, чем воды с водородом. Никаких изменений ОВП и концентрации кислорода, растворённого в воде, за 29 дней облучения не было обнаружено.

Дополнительно измеряли УФ-спектр поглощения дистиллированной воды, насыщенной водородом. Никаких изменений (никакого поглощения) в области спектра 200 - 350 нм не обнаружено. Этот свидетельствует о том, что перекись водорода при активации водорода не образуется. Верхний предел концентрации H_2O_2 составляет 10^{-5} мг/л.

ОБСУЖДЕНИЕ

Растворимость водорода составляет 1,78 мл в 100 мл воды при 20°C. Водород вводился в бутылку до насыщения (образования газового пузырька), поэтому концентрация растворённого в воде водорода равна $7,9 \cdot 10^{-4}$ моль/л или $\sim 4 \cdot 10^{-4}$ моль в бутылки 0,5 л. Содержание водорода в газовом пузырьке объёмом 10 мл $\sim 4,5 \cdot 10^{-4}$ моль. Таким образом, всего в бутылки содержится $\sim 8 \cdot 10^{-4}$ моль водорода.

Наибольшая концентрация кислорода в воде, полученная в данном эксперименте, составляла 13 мг/л, что соответствует мольной концентрации $\sim 4 \cdot 10^{-4}$ моль/л или $2 \cdot 10^{-4}$ моль в бутылки 0,5 л.

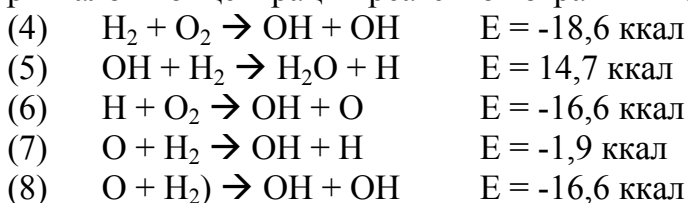
При наличии в воде растворённого водорода и кислорода суммарный ОВП будет определяться равновесиями (2) и (3).

Когда в системе устанавливаются равновесия (2) и (3), исходные вещества не расходуются и концентрации веществ в процессе установления стационарного состояния не меняются. Поэтому величина рН воды, насыщенной водородом и кислородом, не меняется.

В отличие от этой ситуации, при электролизе на электродах образуется кислород и водород, которые удаляются из жидкости. Этот процесс необратимый, поэтому величина рН в районе электродов, откуда выделялся кислород и водород, (анолит и католит) меняется. Окислительно-восстановительный потенциал системы определяется величиной рН, стандартным потенциалом red-ox системы и соотношением концентраций окислителя и восстановителя. Поскольку при введении водорода и кислорода рН воды не меняется, а при электролизе меняется (в католите рН увеличивается), то вполне естественно, что при электролизе уменьшение ОВП католита будет существенно сильнее (на величину $58\text{мВ}\cdot\Delta\text{рН}$), чем этого следует ожидать исходя только из образования водорода на катоде, что и наблюдалось экспериментально [1, 4].

Наличие в системе кислорода, особенно его активных форм, препятствует снижению ОВП. При расходовании кислорода на окисление водорода при избытке водорода относительное содержание кислорода в жидкости уменьшается, и ОВП всё больше определяется водородом, т.е. тоже уменьшается.

При насыщении воды водородом и кислородом и установлении равновесия потенциал раствора будет определяться суммой потенциалов равновесий $\varphi_1^0(\text{рН}=7) + \varphi_2^0$, которая близка к нулю. С понижением концентрации кислорода ОВП раствора будет уменьшаться. Содержание кислорода уменьшается при его расходовании на окисление водорода. Реакция горения водорода и кислорода в газовой фазе описана в работе [10]. В жидкой фазе при малой концентрации реагентов ограничимся следующими реакциями:



Стадия инициирования (4) требует расхода энергии, поэтому она протекает медленно. В газовой фазе самопроизвольное горение не происходит, так как нет источника энергии. В жидкой фазе источником энергии для инициирования этой реакции может быть космическое излучение. Вероятность ионизации среды возрастает с увеличением плотности вещества, через которое проходит излучение (она пропорциональна $e^{\rho x}$, где ρ - плотность вещества, x - длина пути, проходимого частицей). Поэтому в газе вероятность инициирования мала, а в жидкости она примерно на три порядка больше. Роль ионизирующего излучения высокой энергии подтверждается экспериментом по облучению воды, насыщенной водородом, радиоактивными источниками.

Стадии (6,7,8) тоже требуют затрат энергии, поэтому при малой интенсивности воздействия излучением (космическое излучение, слабый радиоактивный источник) процесс ограничивается реакциями (4) и (5). С повышением интенсивности излучения появляется заметная вероятность того, что рядом с первой частицей, где осуществилась стадия инициирования (4), пройдёт вторая частица и потеряет энергию, которая может быть израсходована на инициирование реакций продолжения цепи (6,7,8). Тогда начинается цепной процесс, и скорость окисления намного возрастает. Активные формы кислорода, которые могут быть в растворе, могут останавливать цепной процесс, так как их

взаимодействие с радикалами Н и О, обеспечивающими продолжение цепи, не требует затрат энергии, и константы скорости реакций намного больше, чем для тех же продуктов, но с нейтральными молекулами.

Отсутствие каких-либо изменений в облучённой воде, не содержащей водорода, связано с протеканием в облучённой воде обратных реакций [11].

Наблюдавшаяся нами значительная разница ОВП воды, обработанной генератором холодной плазмы, и отстоявшейся дистиллированной при одинаковой концентрации кислорода может быть обусловлена разницей в структуре воды. Поскольку вода является полярной жидкостью и её молекулы имеют дипольный момент, диполи могут притягиваться и "прилипать" друг к другу, образуя группы молекул (кластеры). Свойства кластеров будут отличаться от свойств одиночных молекул. Это явление хотя и возможно, но не поддается точному научному описанию [12].

Таким образом, можно говорить о том, что медленное установление потенциала при наличии в воде растворённого кислорода и водорода обусловлено расходом кислорода в реакции с водородом. Если количество растворённого водорода больше, чем нужно на реакцию с кислородом, то после расходования всего кислорода в воде остаётся водород, который определяет величину окислительно-восстановительного потенциала. Следует подчеркнуть, что если вода насыщена водородом и кислородом до предела растворимости, водорода всегда хватит на полное расходование кислорода, и отрицательный ОВП будет получен.

В случае электролиза растворённый кислород мгновенно реагирует на катоде с атомарным водородом, и концентрация кислорода в катодите равна нулю. Образование ионов OH^- в катодите повышает величину рН, поэтому при электролизе ОВП катодита будет всегда меньше, чем просто при насыщении водородом, и эта разница может быть порядка 400 мВ, если электролизу подвергалась нейтральная вода.

Наблюдение восстановительных реакций в водных растворах, насыщенных водородом, в частности, восстановление молекулярного иода, марганца, соединений железа показывает, что измеряемая величина потенциала обусловлена не только электродными процессами на платине, но реальными свойствами раствора. На восстановление соединений, находящихся в растворе, расходуется водород. Процесс восстановления прекращается после полного расходования водорода, если его недостаточно для восстановления всех веществ, и ОВП раствора не меняется. Когда концентрация водорода с гарантией превышает стехиометрически необходимое для восстановления количество, водород остаётся, и потенциал раствора снижается.

Оценка возможности бесконтактной активации воды в сосудах, расположенных на разных расстояниях от батареи бутылок с низким ОВП не дала однозначного результата, так как зависимость от расстояния до батареи не была обнаружена. Однако, ОВП во всех бутылках, хранящихся в это время в помещении, оказался на $50 \div 100$ мВ меньше, чем в случае, когда батареи с низким ОВП в помещении не было.

Обнаружена зависимость ОВП одного и того же вида воды от места, где проводятся измерения. С точки зрения химии, это может быть связано с разным содержанием водорода в атмосфере над различными в геологическом отношении местностями.

Зависимость ОВП от объёма газового пузырька, остающегося над поверхностью воды после введения водорода, можно объяснить уменьшением парциального давления водорода, расходуемого на реакцию с кислородом. Как было показано, процесс расходования кислорода медленный, может занимать несколько суток и более. Поэтому парциальное давление первоначально введённого водорода постепенно уменьшается, и чем большего объёма был первоначальный пузырёк, тем слабее сказывается уменьшение количества водорода в пузырьке, и давление падает меньше. Концентрация кислорода, растворённого в воде, в опытах по нахождению зависимости ОВП от объёма газового пузырька была во всех пробах одинакова, а абсолютное количество кислорода в пробе уменьшалось с увеличением пузырька водорода, т.к. уменьшался объём воды.

Часть III. Релаксация окислительно-восстановительного потенциала жидкости.

Постановка задачи. Как было показано выше, отрицательные значения ОВП воды определяются наличием в ней восстановителя - растворённого водорода. При насыщении воды водородом значение ОВП, определяемое соотношением концентраций растворённого водорода и кислорода, устанавливается за 1 - 2 минуты. При сохранении насыщенной водородом воды в герметично закрытой стеклянной посуде, последующее медленное уменьшение ОВП определяется расходом кислорода в реакции с водородом (при избытке водорода), инициируемым внешними факторами, в частности, космическим излучением. Время медленного уменьшения ОВП до минимального значения достигает нескольких суток. В закрытой посуде время сохранения отрицательного значения ОВП определяется скоростью утечки водорода. Хорошая герметизация посуды обеспечивает сохранение достигнутой величины ОВП не менее года.

Если бутыл с водой, насыщенной водородом, открыть, и воду вылить в стакан, то водород, растворённый в воде, должен быстро диффундировать из воды, так как в воздухе над поверхностью воды водорода нет. Значение ОВП должно быстро возрасти за 1 - 2 минуты, т.е. за то же время, за которое ОВП достиг отрицательного значения при насыщении воды водородом. Однако этого не происходит. Время возрастания ОВП до положительных значений составляет от нескольких часов до нескольких суток в зависимости от свойств воды.

Данный раздел посвящён анализу условий, определяющих время релаксации ОВП.

Экспериментальная часть.

Приготовление проб. Образцы воды разливались в стеклянные бутылки объёмом 0,5 л, жидкость наливали по горлышко. Затем из бутылки с помощью пипетки отбирали 25 мл воды, чтобы освободить место для водорода. Дальнейшую обработку проводили в разливочном полуавтомате. Сначала создавали разрежение - 0,9 атм, чтобы практически убрать воздух, затем подавали водород из баллона. Создавали давление 4 атм и закупоривали стандартной пробкой. Некоторые образцы закупоривали при атмосферном давлении водорода. Степень герметичности пробок была хорошей, поэтому бутылки оставляли храниться горлышком вверх.

Использовали следующие жидкости:
обычная водопроводная (из водопроводно сети г. Челябинск), pH = 8,5;
тёмное пиво;
газированная углекислым газом вода (Бон Аква);
0,1% раствор крахмала в водопроводной воде;
хорошо очищенная в заводских условиях водка;
деионизованная вода, пропущенная через фильтр с порами размером не более 0,1 микрона.

Измерения. Измерения проводили следующим образом. Бутыль с испытываемым раствором открывали, её содержимое выливали в стакан. ОВП измеряли платиновым и хлор-серебряным электродами. В перерыве между измерениями хлор-серебряный электрод держали в 3М растворе KCl, платиновый - в 3,5 М растворе соляной кислоты. При введении электродов в жидкость показания милливольтметра сначала уменьшались, достигая минимума, затем увеличивались. На графиках приводятся либо минимальные значения ОВП во время наблюдения, либо потенциал в данный момент времени. Условия отсчёта показаний даны в пояснениях к рисункам.

Результаты экспериментов.

Водопроводная вода. При откупоривании бутылки образование пузырьков в объёме жидкости не наблюдалось. Половина содержимого была вылита в сосуд, вторая половина осталась в бутылки. Когда воду наливали в стакан, выделение газа из объёма жидкости также не наблюдалось, однако на стенке стакана появились пузырьки газа (см. рис. 38, левый стакан). В бутылки, где осталась вторая половина воды, пузырьки на стенке не появились. Для сравнения на рисунке справа помещён такой же стакан, но с обычной водой. Наблюдения за водой и измерения ОВП продолжались три дня. Через сутки количество пузырьков заметно уменьшилось, на третьи сутки они совсем исчезли. На рис. 39 приведено фото стакана с водой, насыщенной водородом также при давлении 4 атм, но из работы [13]. Видно, что там при разливе в стакан имеет место интенсивное выделение пузырьков газа в объёме воды.

Измерения ОВП в первом стакане проводились ежедневно по 5 - 6 часов. Через сутки оставшуюся в бутылки воду вылили во второй стакан. Образование пузырьков газа на стенке сосуда уже не наблюдалось. Значение ОВП в вылитой из бутылки воде оказалось +180 мВ, в то время, как в первом стакане отрицательное значение ОВП сохранялось до исчезновения пузырьков газа на стенках. Результаты измерений ОВП в первом и втором стакане приведены на рис. 40.

Пробы воды рассматривали под микроскопом. Для этого воду наливали в кювету диаметром 20 мм и высотой 10 мм. Освещение кюветы осуществлялось снизу и сбоку. Фотографии проб приведены на рис. 41. Видно, что во всех пробах в воде наблюдаются пузырьки газа диаметром 10 - 100 микрон. Эти пузырьки удерживаются и не всплывают. На рис 41г пузырьки газа прилипли к частичкам взвеси. Причиной удержания пузырьков газа в остальных случаях может быть прилипание к большим кластерам воды. Когда ОВП возрастает до положительных значений, пузырьки в жидкости исчезают.

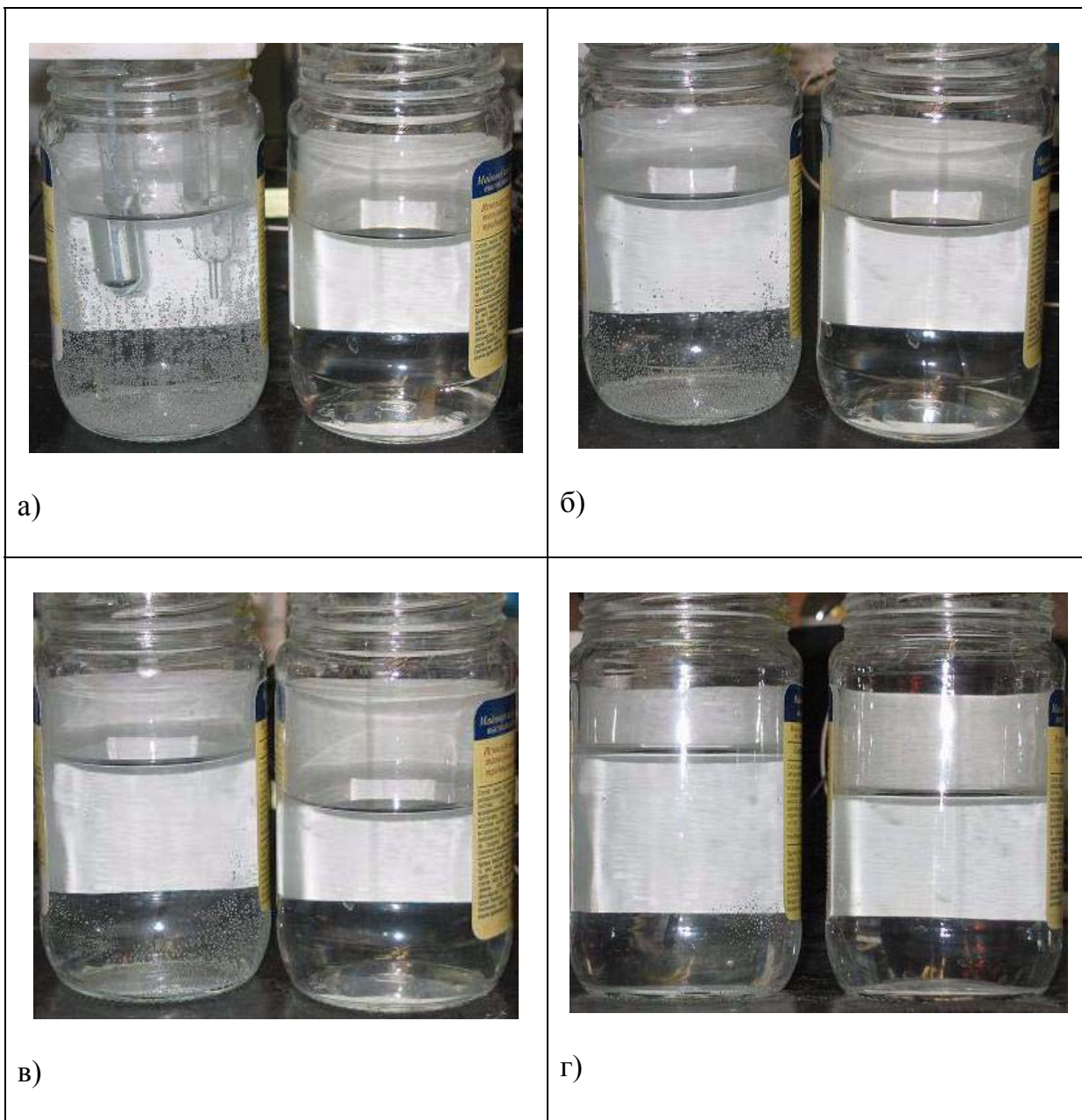


Рис. 38. Фото стаканов с испытываемыми жидкостями. Левый стакан - водопроводная вода, насыщенная водородом при давлении 4 атм после предварительного разрежения - 0,9 атм. Правый стакан - обычная вода. а) Сразу после разлива воды из откупоренной бутылки; б) на следующий день; в) через два дня; г) через три дня. Видно, что через три дня пузырьков в левом стакане не осталось.



The white bubbles that can be seen here are hydrogen.

Рис. 39. Вода, насыщенная водородом при давлении 4 атм сразу после разлива в стакан. Данные работы [12].
<http://www.h4o.co.jp/e/story/index.php>

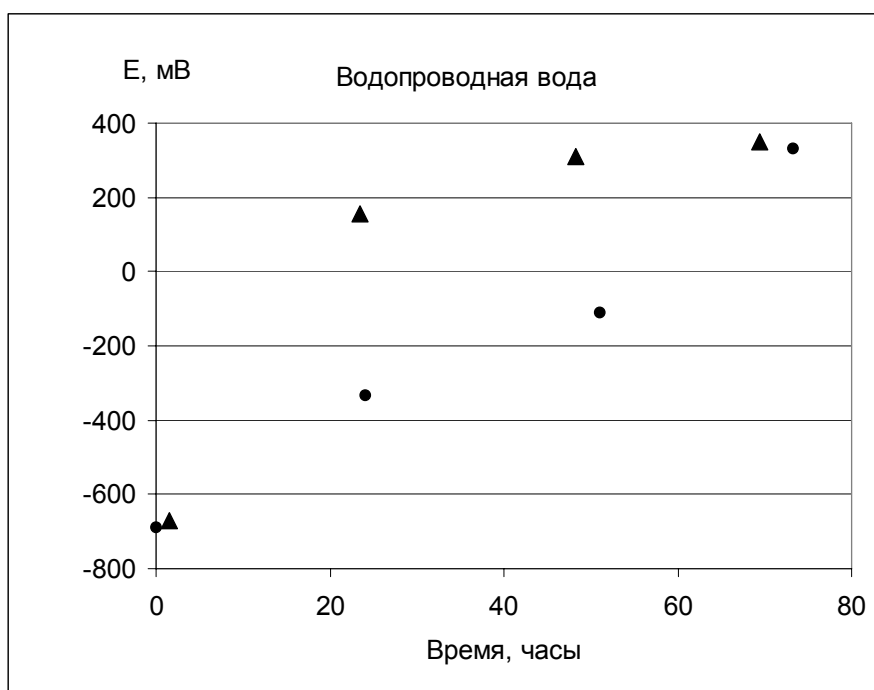


Рис. 40. Измерения ОВП водопроводной воды, насыщенной водородом при давлении 4 атм. Точки относятся к измерениям в стакане, при наполнении которого появились газовые пузырьки; треугольники - пузырьков на стенках нет. Каждая точка - минимальное значение потенциала, полученного во время сеанса измерений.

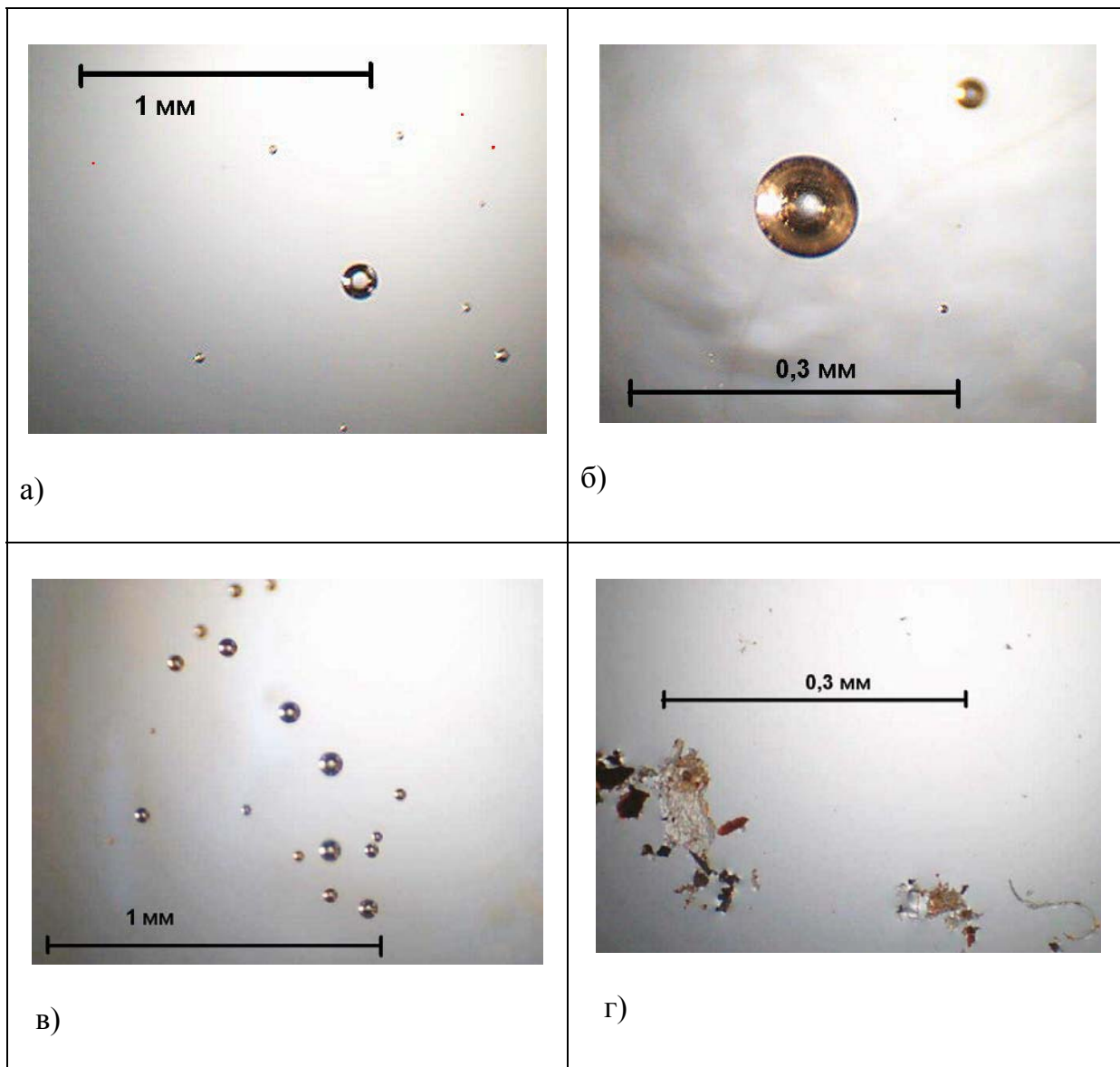


Рис. 41. Пробы воды, насыщенной водородом. Условия наблюдения - см. текст. ОВП всех проб в пределах минус (300 - 400) мВ. Масштаб указан на каждом фото. а) Водопроводная; б) дистиллированная; в) деионизованная отфильтрованная; г) водопроводная с частичками взвеси. Пузырьки водорода удерживаются внутри воды и не всплывают.

Чистая водка и отфильтрованная вода. При открывании водки и отфильтрованной воды в бутылки наблюдается образование пузырьков. Вылитая в стакан жидкость становится белёсой от мелких пузырьков газа. Стакан выглядит так же, как на рис. 39. Пузырьки газа быстро поднимаются на поверхность и лопаются. На стенках прилипание пузырьков не наблюдается. Минимальное значение потенциала установилось за 1 минуту, затем ОВП увеличивался, и через сутки его значение стало таким же, как у исходной жидкости до насыщения водородом. Зависимость ОВП водки от времени измерений показано на рис. 42. Здесь приводятся непосредственно измеренные значения потенциала в данный момент времени. Деионизованная вода, пропущенная через фильтр с порами не более 0,1 микрона, ведёт себя также.

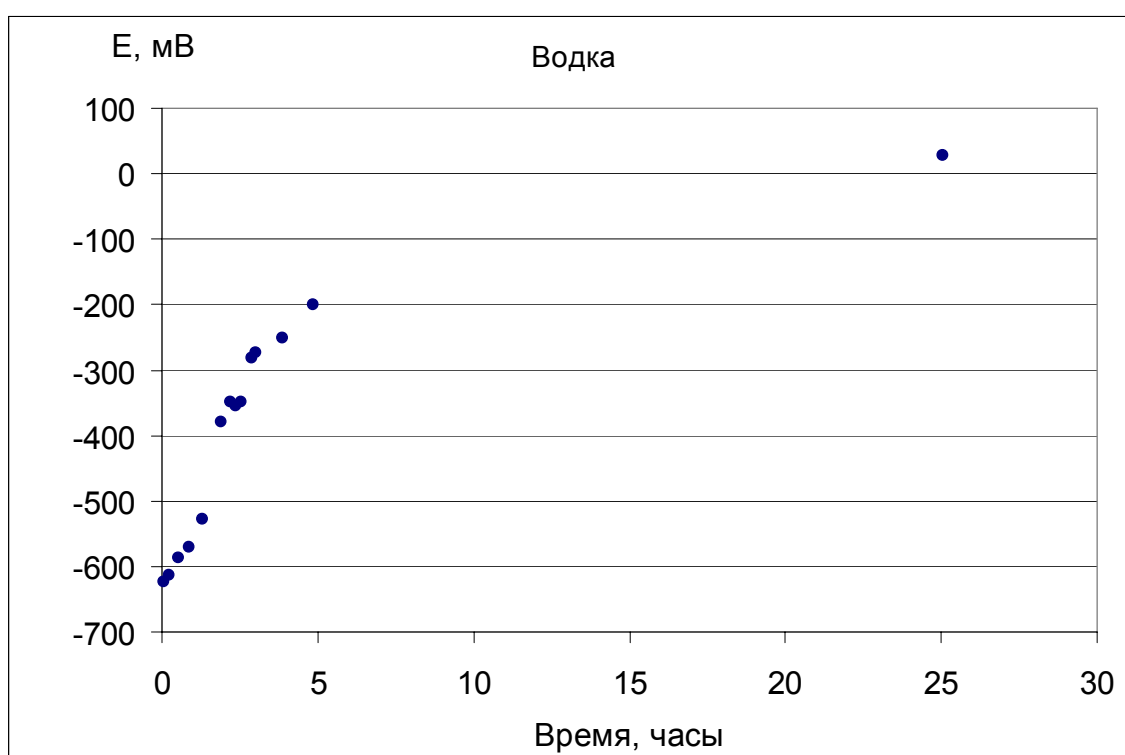
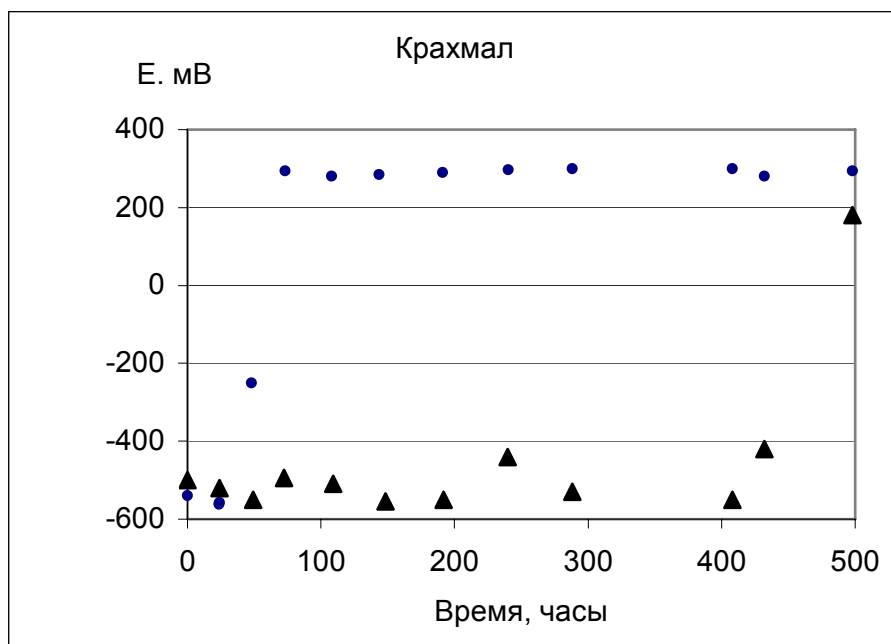


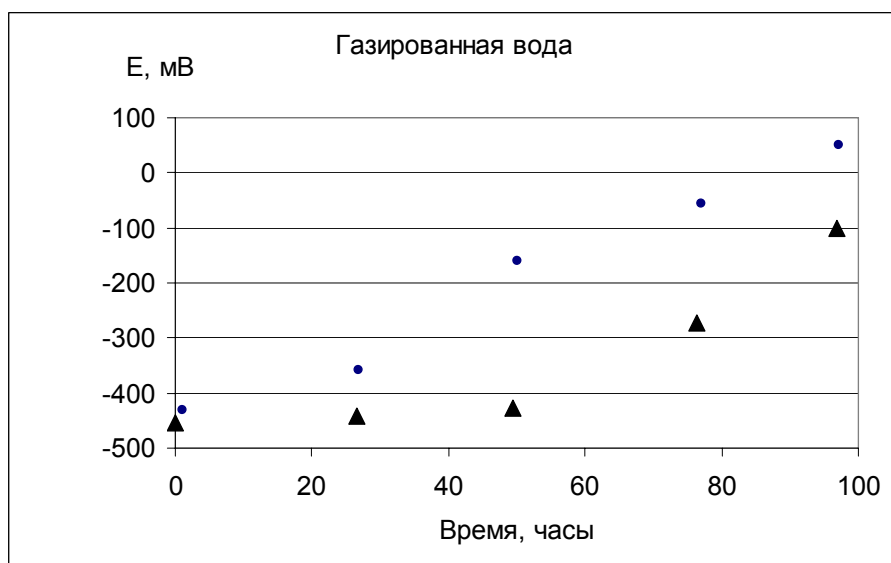
Рис. 42. Зависимость ОВП водки от времени измерений. Приводятся значения потенциала, непосредственно отсчитываемого милливольтметром в данный момент времени.

Раствор крахмала и газированная вода. Раствор крахмала в водопроводной воде концентрацией 0,1% заправляли водородом в стеклянной посуде при атмосферном давлении. Газированную воду Бон Аква переливали в стеклянную бутылку 0,5 л и заправляли водородом под давлением 4 атм. В обоих случаях в бутылках оставляли объём газа (водорода) 25 мл. После выдержки в закрытом состоянии в течение 30 дней каждую бутылку открывали и жидкость разливали в два стакана. В первом стакане измерения ОВП проводили по 5 - 6 часов в день, во втором - только до установления равновесия (получения минимального отсчёта ОВП), т.е. в течение 10 - 15 минут. Для обоих случаев за результат принималось минимальное значение потенциала, достигнутое во время наблюдений.

Эти данные представлены на рис. 43. Видно, что для газированной воды отрицательные значения ОВП в открытом стакане сохранялись примерно 90 часов, причём в стакане, где проводились длительные измерения, ОВП уменьшался быстрее, чем в другом стакане, где измерения проводили кратковременно. Для крахмала разница изменений ОВП для кратковременных и длительных измерений ещё более заметна. При длительных измерениях ОВП достиг положительных значений примерно через 70 часов, а при кратковременных измерениях отрицательные значения сохранялись до 450 часов. Увеличение ОВП в стакане, где платиновый электрод находился длительное время, сопровождалось уменьшением рН раствора. Значения рН измерялись в обоих стаканах в конце измерений. для газированной воды в первом стакане, где платиновый электрод находился длительное время, рН = 6,4, а во втором стакане, где измерения проводились кратковременно, рН = 7,2. Для раствора крахмала через трое суток, когда ОВП в первом стакане увеличился до положительных значений, рН = 3,5, а во втором стакане, где ОВП остался отрицательным, рН = 3,54.



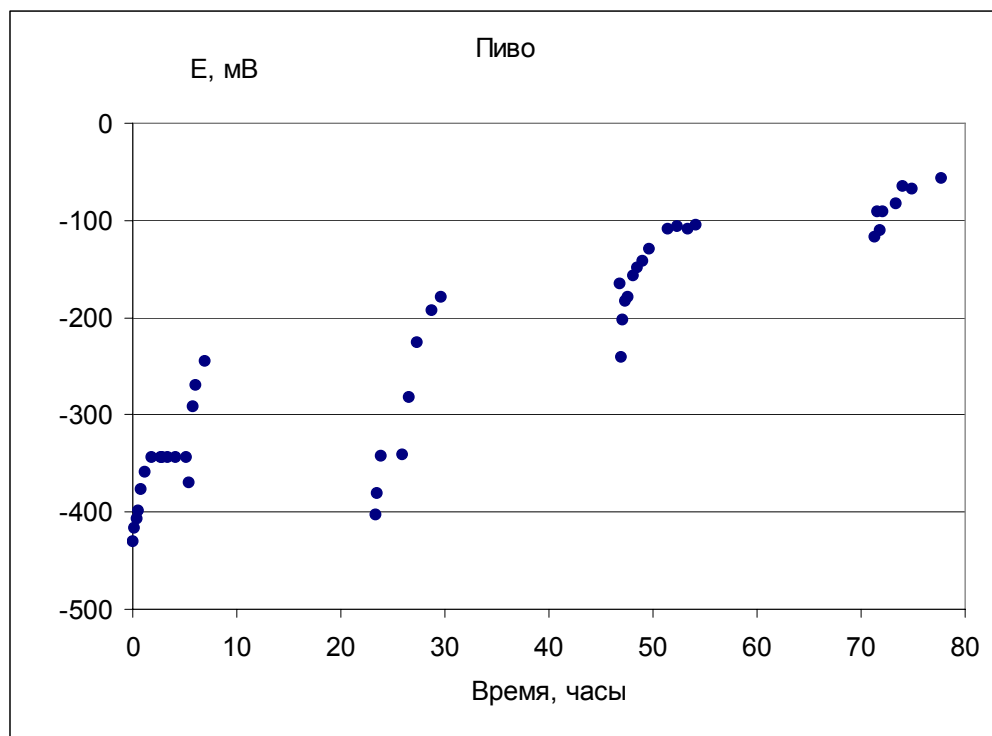
а)



б)

Рис. 43. Зависимость от времени ОВП испытываемых жидкостей: а) 0,1% раствор крахмала, б) газированная вода. Точки - регулярные измерения по 5 - 6 часов в день; треугольники - кратковременные измерения до установления равновесия (10 - 15 минут в день). Каждая точка - минимальные показания милливольтметра во время сеанса наблюдений.

Пиво. Измерения ОВП проводили в одном стакане. После сеанса измерений, продолжавшегося 6 - 8 часов, электроды из стакана убрали. Результаты измерений представлены на рис. 44. В этом эксперименте характерной особенностью является то, что во время измерений значения потенциала уменьшались, однако на следующий день начальное значение потенциала было намного меньше того, на котором измерения были прерваны в прошлый день.



платинового электрода в растворе, потенциал увеличивался заметно быстрее. К тому же наблюдалось уменьшение pH в этом стакане по сравнению со стаканом той же жидкости, где электрод находился кратковременно.

Тот факт, что для пива на следующий день после измерений потенциал оказывался много меньше того, при котором измерения были прерваны вчера (рис. 44), можно объяснить загрязнением электрода. Пиво имеет сложный состав, и каждое вещество, входящее в его состав, может оседать на электроде и устанавливать равновесие, давая вклад в потенциал. Делались контрольные эксперименты. По окончании сеанса измерений в пиве платиновый электрод промывали в соляной кислоте 10 минут. Затем ополоснутый дистиллированной водой электрод вводили обратно в раствор. Всякий раз потенциал оказывался заметно ниже того значения, при котором измерения были прерваны.

Причины медленного увеличения ОВП в открытом стакане. При насыщении воды водородом ОВП уменьшается на 400 мВ за 2 минуты. Так как это связано с растворением водорода в воде, то обратный процесс, т.е. увеличение ОВП на сотни милливольт при заливании воды в открытый стакан, должен произойти за то же время. Водород - очень подвижный газ, и он должен быстро диффундировать из раствора. Однако минимальное время увеличения ОВП на 400 мВ, зафиксированное для водки и чистой отфильтрованной воды, составляет 5 часов (см. рис. 42). Для других жидкостей это время существенно больше. Например, в неочищенной водопроводной воде это время порядка 40 часов.

Медленное увеличение ОВП в открытом стакане может быть связано с накоплением водорода выше предела растворимости в воде в виде пузырьков, которые показаны на рис. 41. Пузырьки образуются при взбалтывании и перемешивании жидкости в бутылки, которое неизбежно происходит после заправки бутылки водородом и её перемещении. Пузырьки газа прилипают к поверхности микроскопических частичек взвеси, находящихся в воде. Эти пузырьки, постепенно уменьшаясь, поддерживают концентрацию водорода в воде, несмотря на утечку водорода через открытую поверхность. Пузырьки могут прилипнуть к большим кластерам воды. В воде, очищенной от частичек взвеси, время увеличения потенциала на 400 мВ намного меньше, чем в воде сложного состава. В очищенной воде время увеличения ОВП на 400 мВ составляет 5 часов, в то время как в водопроводной воде - порядка 40 часов. Аналогичная ситуация имеет место, когда пузырьки водорода образуются на поверхности стакана. Здесь отрицательные значения ОВП сохраняются до тех пор, пока на стенке стакана есть пузырьки. Когда вода очень чистая, пузырьки водорода выделяются быстро (см. рис. 39), и ОВП возрастает быстрее.

Возможности практического применения процесса насыщения жидкости водородом.

Полученные результаты были использованы для создания технологии производства воды с отрицательным ОВП, патенты РФ [14, 15].

В одном случае вода в большом баке продувается водородом достаточно длительное время, после чего разливается в бутылки.

В другом случае водород всасывается в поток воды эжектором, водородогазовая смесь выбрасывается в промежуточную ёмкость, где избыток водорода отделяется от воды и засасывается обратно в эжектор для смешивания с новыми порциями воды. Из промежуточной ёмкости вода поступает на разлив. Унос водорода, растворённого в воде, компенсируется введением в промежуточную ёмкость свежего водорода. При производительности разливочной линии 500 л/ч скорость подачи водорода составляет примерно 10 л/ч.

Для длительного хранения вода разливается в стеклянные бутылки объёмом 0,5 л, закрывающиеся металлической пробкой с пластиковой прокладкой. Бутылки хранятся на боку либо вверх дном. Гарантийный срок хранения - 6 месяцев. Насыщенную водородом воду можно разливать в бутылки 1,9 л. В такой бутылки, установленной на офисном кулере, вода сохраняет отрицательный потенциал в течение недели.

Если прокладка под пробку высококачественная, и закупорка производится плотно, то стеклянная бутылка может храниться в любом положении до года.

В промышленных экспериментах использовался водород из баллона. С использованием этого газа повторялись некоторые точки, полученные с электролизным водородом. Во всех случаях достигались одинаковые значения ОВП.

Напитки, насыщенные водородом (пиво, фруктовая вода, газированная вода, сок) сохраняют отрицательное значение ОВП значительно дольше, чем чистая вода. Даже в открытом состоянии напитки сохраняют ОВП несколько дней и не портятся, их вкус не ухудшается. Поэтому водород можно использовать как экологически чистый и абсолютно безвредный консервант в пищевой промышленности.

Основные результаты главы II.

1. При введении в воду молекулярного водорода в воде устанавливается отрицательный окислительно-восстановительный потенциал, величина которого может достигать - (500 ÷ 700) мВ. Величина рН раствора при этом не меняется. Электропроводность воды также не меняется. Время установления потенциала при введении водорода – не менее суток. В случае электролиза ОВП католита может быть существенно меньше из-за увеличения рН раствора. Эта разница может достигать 400 мВ для исходно нейтральной воды.
2. Наличие в растворе солей влияет на ОВП в том случае, если эта соль сама участвует в окислительно-восстановительных реакциях. Нейтральная соль на ОВП практически не влияет.
3. Кислород, растворённый в воде, препятствует установлению отрицательного ОВП. Кислород расходуется в реакции с водородом, эта реакция может инициироваться космическим излучением. Минимальное значение ОВП достигается после полного расходования кислорода. Расходование водорода на реакцию с кислородом снижает парциальное давление водорода в пузырьке газа над поверхностью воды в сосуде, что влияет на минимально достижимое значение ОВП в данной пробе.
4. Наблюдаемое значение ОВП не связано только с электродными процессами, а подтверждается протеканием восстановительных реакций в растворе. Водород расходуется на восстановление веществ, поэтому его содержание в пробе должно быть больше стехиометрически необходимого, для того, чтобы изменение ОВП при введении водорода было заметным.
5. В эксперименте проявлялся в первую очередь химический механизм установления ОВП. Эффект дальнего действия, который может быть связан со сверхкогерентным излучением, также наблюдался, однако его роль в конкретных условиях была существенно меньше.
6. Результаты экспериментов использованы для создания технологии производства воды с отрицательным ОВП.
7. Разница в эффектах, создаваемых водородом из электролизёра и водородом из баллона не обнаружена.
8. Кинетика увеличения ОВП воды, насыщенной водородом и вылитой в открытый стакан, определяется наличием в воде пузырьков газа. Пузырьки могут прилипать к частичкам взвеси, к стенке стакана, и, вероятно, к большим кластерам воды. Когда пузырьки исчезают, ОВП возрастает до положительных значений. Аналогичная ситуация может иметь место при насыщении воды кислородом. Если в жидкости после обработки остаются пузырьки кислорода, то его концентрация в воде может заметно превышать концентрацию при данной температуре, достижимую на воздухе.

Литература к разделу ВВЕДЕНИЕ.

1. Неумывакин И.П. Перекись водорода. Мифы и реальность. Санкт-Петербург.: ООО "Издательство "ДИЛЯ". 2005. 140 с.
2. Добош Д.. Электрохимические константы. М.:Мир. 1980. С. 240.
3. Скорчелетти В.В.. Теоретическая электрохимия. Л.: ГХИ. 1959. С. 325, 326.
4. Сайт Penta Water. http://en.wikipedia.org/wiki/Penta_Water
5. Маленков Г.Г. Структура воды. //Физическая химия. Современные проблемы. Под ред. Колотыркина Я.М. - М.: Химия. 1984. С. 41 - 46.
6. Маленков Г.Г. Структура и динамика жидкой воды. //Журнал структурной химии. Т. 47. 2006. С. S5 - S35.
7. Волошин В.П., Желиговская Е.А., Маленков Г.Г., Наберухин Ю.И., Тытик Д.Л. //Структуры сеток водородных связей и динамика молекул воды в конденсированных водных системах. Российский химический журнал. Т. 45. №3. 2001. С. 31 - 37.
8. Смирнов А.Н., Лапшин В.Б., Балышев А.В., Лебедев И.М., Сыроешкин А.В.// Супранадмолекулярные комплексы воды. Электронный журнал "Исследовано в России". 2004. 038. С. 1141-1150.
<http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/038.pdf>
9. Зенин С.В. Биологические и энергоинформационные свойства воды. Сайт <http://www.bookpage.ru/2001.html>

Литература к главе I.

1. Ф. Батмангхелидж. Вы не больны, у вас жажда. Мн.: Изд. ООО "Попурри". 2006. 320 с.
2. Ф. Батмангхелидж. Вода исцеляет, лекарства убивают. Мн.: Изд. ООО "Попурри". 2005. 352 с.
3. Ф. Батмангхелидж. Вода для здоровья. Мн. Изд. ООО "Попурри". 2006. 288 с.
4. Пискарев И.М., Пискарев В.И. Способ очистки воды. Патент РФ на изобретение № 2130898 от 27 мая 1999 г.
5. Аристова Н.А., Беркутов Н.А., Корчаков С.А., Пискарев И.М. Способ очистки воды и устройство для его осуществления. Патент РФ на изобретение № 2251533 от 10 мая 2005 г.
6. Аристова Н.А., Пискарев И.М. Вспышечный коронный электрический разряд как источник химически активных частиц. //Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Серия Б. Т. XI-5. Под ред. Ю.А.Лебедева, Н.А.Платэ, В.Е.Фортова. М.: ЯНУС-К. 2006. С. 310 - 344. Интернет: <http://depni.sinp.msu.ru/~piskarev/science/plasma.pdf>
7. Лунин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н. Физическая химия озона. М.: Издательство МГУ. 1998. с. 474.
8. Аристова Н.А., Пискарев И.М. //Журнал физической химии. Т. 77. № 5. 2003 г. С. 813 - 816.

9. Пискарев И.М., Волков Л.С., Туголуков С.Н., Аристова Н.А., Волков В.Л., Мартенс Е.Э. Устройство для очистки воды. Патент РФ на полезную модель № 72968.
10. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М.: Наука. 1987. С. 511.
11. Акишев Ю.С., Кочетов И.В., Лобойко А.И., Напартович А.П. //Физика плазмы. 2002. Т. 28. №12. С. 1136.
12. Аристова Н.А., Пискарев И.М. Очистка воды от ионов меди при озонировании методом осаждения. //Вода: химия и экология. 2008. № 5. С. 34 - 37.
13. Hoigne J., Bader H. // Water Res. 1983/ V. 17. P. 185.
14. Зыков Е.Д., Зыкова Т.Н. Кондиционированная питьевая вода высшей категории качества. Патент РФ на изобретение № 2286952, публикация 11 октября 2006 г.
15. Сайт <http://www.kingwater.ru>
16. Сайт консультационного инженерного центра по проблемам очистки промышленных сточных вод: <http://depni.sinp.msu.ru/~piskarev>
17. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды в плавательных бассейнах. СанПиН 2.1.2.568-96.
18. Аристова Н.А., Пискарев И.М. Новый подход к задаче очистки и обеззараживания питьевой воды на основе генератора озono-гидроксильной смеси. С.О.К. №9. 2005. С. 26 - 28.
19. Аристова Н.А., Воронец Ю.В., Пискарев И.М., Ушканов В.А. Способ очистки воды плавательных бассейнов. Патент РФ на изобретение № 2352529. Зарегистрирован 20 апреля 2009 г.

Литература к главе II.

1. Петрушанко И.Ю., Лобышев В.И. Неравновесное состояние электрохимически активированной воды и её биологическая активность.// Биофизика. - 2001. - Т. 46 - Вып. 3. - С. 389-401.
2. Петрушанко И.Ю., Лобышев В.И. Физико-химические свойства водных растворов, полученных в мембранном электролизере.// Биофизика. - 2004. - Т. 49. - Вып. 1. - С. 22-31.
3. Клосс А.И. Электрон-радикальная диссоциация и механизм активации воды.// ДАН СССР. - 1988. - Т. 303. - №6. С. 1403 - 1407.
4. Леонов Б.И., Прилуцкий В.И., Бахир В.М. Физико-химические аспекты биологического действия электрохимически активированной воды. - М.: ВНИИИМТ, 1999. - с. 244.
5. Добош Д. Электрохимические константы. - М.: Мир. 1980. - С. 230.
6. Пискарев И.М., Ушканов В.А., Лихачев П.П., Мысливец Т.С.//Электронный журнал "Исследовано в России", 023, С. 230 - 239, 2007. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2007/023.pdf>
7. Аристова Н.А., Пискарев И.М. Активация молекулярного водорода, растворенного в воде. // "Вода: химия и экология" №1 (2009), с.27-32.
8. Аристова Н.А., Пискарев И.М. Новый подход к задаче очистки и обеззараживания питьевой воды на основе генератора озono-гидроксильной смеси.// С.О.К. (Сантехника. Отопление. Кондиционирование.) № 9. 2005 г. С. 26 - 28. Сайт <http://depni.sinp.msu.ru/~piskarev>

9. Широносков В.Г. Резонанс в физике, химии и биологии. Ижевск. Издательский дом "Удмуртский университет". 2000/01. С. 92.

10. Кондратьев В.Н., Никитин Е.Е. Кинетика и механизм газофазных реакций. М.: "Наука". 1974. С. 420.

11. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Радиолит газы и жидкостей. М.: "Наука". 1986 г. С. 439.

12. Маленков Г.Г. //Журнал структурной химии. 2006. Т. 47. С. S5-S35.

13. <http://www.h4o.co.jp/e/story/index.php>

14. Пискарев И.М., Туголуков С.Н., Милявский М.А., Волков Л.С.

Патент на полезную модель № 71331. Устройство для получения жидкой среды с отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом путём насыщения её водородом. Зарегистрирован 10 марта 2008 г.

15. Пискарев И.М., Туголуков С.Н., Милявский М.А., Волков Л.С.

Патент на полезную модель № 71332. Устройство для получения жидкой среды с отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом путём насыщения её водородом. Зарегистрирован 10 марта 2008 г.

Н.А. Аристова, И.М. Пискарев, В.А. Ушканов

**ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ
ЧИСТОЙ АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ**

Препринт НИИЯФ МГУ № 12/856

Работа поступила в ОНТИ 21.12.2009 г.