

# ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ: КЛЮЧ К ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ ВОДОПОДГОТОВКИ



**Бахир В.М.,**  
д. т. н., профессор, ООО «Делфин Аква»

*Возможность безреагентного управления свойствами воды и водных растворов в различных технологических процессах, обнаруженная в семидесятих годах прошлого столетия [1–11], рис.1., реализована сегодня в сотнях тысяч различных электрохимических систем — от бытовых устройств для получения «супервосстановленной» или «суперокисленной» (т. н. «живой» и «мертвой») воды, до промышленных установок, которые работают на самых различных объектах во многих странах и производят электрохимически активированные моющие, дезинфицирующие, стерилизующие, экстрагирующие, эмульгирующие, стабилизирующие, деэмульгирующие, консервирующие, отбеливающие, лечебные и другие растворы [12]. Это разнообразие технологических свойств растворов объясняется уникальным сочетанием ярко выраженной окислительной, восстановительной, каталитической и биокаталитической активности электрохимически активированных растворов с непропорционально малым содержанием действующих веществ, что коренным образом отличает активированные растворы от традиционных растворов соответствующих химических реагентов.*

Исторически сложившийся приоритет России в этом уже не молодом, но интенсивно развивающемся научно-техническом направлении прикладной электрохимии, поддерживается благодаря работе ученых и специалистов, усилия которых до 2005 года были объединены неформальными научно-техническими связями, а с 2005 года — научно-информационной структурой Института электрохимических систем и технологий.

Главным принципом электрохимической активации (**ЭХА**) является использование в технологических процессах веществ в метастабильном состоянии, что позволяет во много раз уменьшить потребность в химических реагентах.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ЭХА:

- воду и разбавленные водные растворы веществ перед применением в технологических процессах переводят в метастабильное состояние электрохимическим униполярным воздействием;
- необходимые для технологических процессов химически активные реагенты синтезируют на месте их применения, исключая тем самым транспортирование и хранение опасных веществ.
- промышленные высокопроизводительные технические электрохимические системы формируются из автономных компактных высоконадежных модульных реакторов — по аналогии построения живых организмов из отдельных клеток.

Адрес для корреспонденции: [natalya\\_shomovskaya@vbinstitute.ru](mailto:natalya_shomovskaya@vbinstitute.ru)



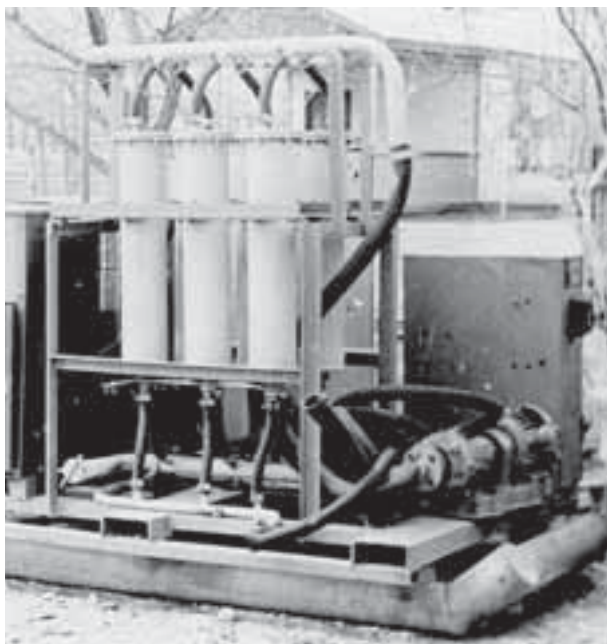


Рис. 1. Установка УЗВ-4 [3] для получения электрохимически активированной воды, используемой в процессах приготовления и обработки бурового раствора, водоподготовки для систем охлаждения установок подготовки газа, компрессорных станций магистральных газопроводов. Шесть гидравлически параллельно соединенных проточных электрохимических реакторов с коаксиальным размещением электродов и диафрагмы. Аноды — графитовые стержни диаметром 100 мм и длиной 900 мм, диафрагма — хлориновая ткань на винилпластовом каркасе. Межэлектродное расстояние 10 мм. Производительность по католиту — 25000 л/ч, по анолиту — 5000 л/ч, сила тока 1200 А, напряжение — 30 В. Таких установок Кокандский завод «Большевик» выпустил более тысячи в период с 1977 по 1980 годы.

## ОСНОВНОЙ КРИТЕРИЙ РАЦИОНАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭХА:

- многократная экономия энергии, труда, времени и материалов в сравнении с традиционными техническими решениями при одновременном повышении эффективности основного технологического процесса;
- достижение новых свойств конечного продукта, новых технологических эффектов и результатов.

Наилучших результатов в применении техники и технологии ЭХА можно достичь при оптимальном сочетании трех условий: рациональной конструкции электрохимического реактора, технологической схемы его использования, специализированной для конкретного назначения, и оптимальной техноло-

гии применения электрохимически активированного раствора или воды.

Ниже рассмотрены некоторые аспекты упомянутых условий.

**РЕАКТОРЫ.** Многолетняя работа по поиску оптимальной конструкции электрохимического реактора, проводившаяся с середины 70-х годов прошлого века, привела в 1989 году к созданию проточного электрохимического модульного элемента, известного как ПЭМ-1 (элемент проточный электрохимический модульный, патент Великобритании GB 2253860).

До этого времени в технической литературе устройства для получения электрохимически активированных растворов назывались либо установками для электрообработки воды, либо электроактиваторами, либо (реже) диафрагменными электролизерами. В начале 90 — х годов в технический лексикон был введен термин «электрохимический реактор» и впервые сформулированы его отличительные признаки [13].

Электрохимический реактор, в отличие от своего ближайшего аналога — диафрагменного электролизера, имеет гораздо больше технологических и технических степеней свободы и предназначен для электрохимического преобразования самых разнообразных жидкостей, т. е., не только воды или водных растворов электролитов в широком диапазоне концентраций — от нуля до насыщенных растворов, но таких, например, как молоко, растительные и минеральные масла, растворы углеводов, аммиака, спиртов, ПАВ, органических и неорганических удобрений, гербицидов, пестицидов и многих других. В проточном электрохимическом модульном реакторе оптимальным образом, т. е., с учетом всего многообразия процессов перемещения и одновременного электрохимического превращения различных по природе и химическому составу жидкостей и газов, сочетаются физико-химические, электрические и механические свойства различных конструкционных и вспомогательных материалов с геометрическими размерами и конфигурацией электродов, электродных камер, всего межэлектродного, внутриэлектродного и внутридиафрагменного пространства. Оптимальное сочетание всех указанных параметров и факторов должно соблюдаться практически для каждого поперечного сечения электродных камер, поскольку интенсивность и скорость энерго- и массопереноса в реакторе значительно изменяются вдоль главного направления движения межэлектродной среды пропорционально плотности тока, скорости потоков и сильно зависят от химического состава и концентрации исходных веществ а также продуктов электрохимических реакций в каждом микрообъеме межэлектродного пространства, включая диафрагму.

Первые модульные элементы ПЭМ-1 изготавливались в течение трех лет (1989–1991) на опытно-экспе-



риментальном заводе Всесоюзного научно-исследовательского и испытательного института медицинской техники (ВНИИИМТ МЗ РФ).

По мере совершенствования проточных электрохимических модульных элементов увеличивалось количество электрохимических устройств различного назначения с их использованием, которые служили и продолжают служить людям. Так, если количество коммерчески использованных элементов ПЭМ-1 не превысило 1000, то количество изготовленных и проданных в составе электрохимических установок элементов ПЭМ-2 составило около 80000, а элементов ПЭМ-3 — более миллиона.

Элементы ПЭМ-2 (пат. РФ №2042639) изготавливались Советско-Британским предприятием «Эмеральд» до 1996 года по лицензии. После отзыва лицензии предприятие еще некоторое время производило элементы ПЭМ-2, но было вынуждено остановить производство ввиду появления на рынке устройств с более совершенными элементами ПЭМ-3 (пат. РФ №2078738). Серийное производство элементов ПЭМ-3 было организовано на предприятии «Лаборатория электротехнологии» (ООО «ЛЭТ») и действовало в период с 1995 по 2008 годы.

Расширение диапазона задач и спектра технологических процессов, где электрохимические технологии позволяли достигнуть значительных экономических и технических преимуществ, обусловило появление проточных электрохимических модульных элементов ПЭМ-7 (пат. РФ №2176989) и ПЭМ-9 (пат. РФ №3370885). В 2009 году на основе обобщения и анализа опыта производства и эксплуатации элементов ПЭМ-3, ПЭМ-4 (пат. РФ №2145940) и ПЭМ-9 были созданы реакторы МБ-11 и МБ-26 (пат. РФ №2350692, модуль Бахира), обладающие улучшенными электрохимическими параметрами в сравнении с ранее созданными. Все указанные изделия также серийно производились предприятием ООО «ЛЭТ» на основании договора между правообладателем и предприятием.

В начале 2011 года учеными и специалистами Института электрохимических систем и технологий Витольда Бахира ([www.vbinstitute.ru](http://www.vbinstitute.ru)) были завершены исследовательские работы, которые послужили фундаментом для создания целого ряда принципиально новых конструкций элементов МБ и, соответственно, новых технических электрохимических систем, право на серийное производство которых в середине 2011 года передано правообладателем компании ДЕЛФИН АКВА. Одновременно, предприятие ООО «ЛЭТ» было лишено права производить продукцию по всем упомянутым выше патентам.

Начиная с июля 2011 года, единственной компанией, в которой под контролем и с участием авторов и правообладателей организовано серийное производство элементов МБ различных моделей, является

ДЕЛФИН АКВА (<http://www.delfin-aqua.ru>). В конструкции элементов МБ нового поколения сосредоточены неизвестные ранее новые технические и технологические достижения. Благодаря этому производительность элементов МБ и реакторов РПЭ (реактор проточный электрохимический [13]) из этих элементов возросла более, чем в двадцать раз, а продолжительность непрерывной работы — более, чем в пятнадцать. Потребляемая электрическая мощность новых моделей элементов МБ находится в диапазоне от 60 до 3000 Вт. Ими комплектуются все электрохимические установки, производимые компанией ДЕЛФИН АКВА.

#### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕАКТОРОВ.**

Установки, устройства и аппараты с реакторами РПЭ из одного или нескольких модульных элементов МБ, снабженные гидравлическими системами (обвязкой) реактора представляют собой более высокую степень интеграции технических электрохимических систем и, в зависимости от назначения, содержат дополнительные узлы и гидравлические системы, благодаря которым реактор функционирует в заданном технологическом режиме. В настоящее время наиболее распространенными и известными являются три типа электрохимических систем: установки ИЗУМУРД для очистки и кондиционирования пресной воды, установки СТЭЛ для синтеза электрохимически активированных моющих, дезинфицирующих, лечебных и других растворов с различными действующими веществами (ДВ), а также установки типа АКВАХЛОР и ЭКОХЛОР для получения продуктов электролиза из концентрированных растворов электролитов с целью замещения соответствующих громоздких химических производств безопасными компактными модульными системами, приближенными к местам потребления конечных продуктов. Многочисленные установки сходного назначения, предлагаемые различными фирмами, являются преимущественно продуктами недобросовестного копирования (заимствования), равно как и сопровождающие их описания физико-химических свойств, технологий получения и применения электрохимически активированной воды и растворов.

#### **Установки ИЗУМУРД для получения воды с антиоксидантными свойствами, очистки пресной воды от микроорганизмов, органических примесей, ионов тяжелых металлов, железа, марганца.**

Обеззараживание воды прямым электролизом является разновидностью окислительной обработки воды, но отличается от распространенных методов обеззараживания тем, что окислители производятся из самой воды, а не вносятся извне и, выполнив свою функцию, переходят в прежнее состояние. Эффек-



тивность обеззараживания воды прямым электролизом выше по сравнению с химическими методами. Для прямого электролиза не требуются дозирующие насосы и использование реагентов. Хлор, необходимый для предотвращения вторичного бактериального загрязнения воды в распределительных сетях, генерируется из естественных минеральных солей в воде, проходящей через электролизёр, и немедленно растворяется в ней. Прямой электролиз разрушает хлорамины, преобразуя их в азот и соль. Техника и технология прямого электролиза пресной воды начала развиваться в шестидесятых годах прошлого века, когда появились сравнительно недорогие малоизнашивающиеся металло-оксидные аноды [14–16].

Сущность технологии обеззараживания и очистки пресной воды прямым электрохимическим воздействием предопределяет конструктивные особенности устройств, в которых весь поток обрабатываемой воды подвергается электрохимическому воздействию в течение короткого промежутка времени. В электрохимических бездиафрагменных установках «Поток», «Поток-М» производства российского завода «Коммунальник», а также в других известных устройствах, вся обрабатываемая вода протекает через узкие (не более 3 мм) зазоры между плоскими пластинчатыми электродами чередующейся полярности. Вода, в которой практически всегда есть небольшое количество хлоридов, насыщается гипохлоритом, образующимся при перемешивании продуктов катодных и анодных реакций, а также электролизными газами, что в некоторых подобных устройствах используют в процессах дальнейшей флотационной очистки от взвешенных частиц и органических веществ, скоагулировавших или окислившись под воздействием гипохлорит-ионов и кислорода.

Установки ИЗУМРУД, основанные на принципиально иной технологической схеме обработки воды, были созданы в 1990 году и годом позже защищены двумя патентами Великобритании (GB 2253860, GB 2257982) ввиду отсутствия в то время российского патентного законодательства. **С целью упрощения изложения, дальнейшие ссылки на патенты сгруппированы по типу электрохимических установок и помещены в конце статьи.** Установки ИЗУМРУД кардинально отличаются от описанных аналогов разделенными во времени и пространстве стадиями анодной и катодной обработки воды. Их появление стало возможным, благодаря изобретению проточно-диафрагменного электрохимического модульного элемента ПЭМ-1, электрическое сопротивление которого при работе на пресной воде позволяет обеспечить протекание тока значительной плотности через разделительную диафрагму при сравнительно малом напряжении. Поток пресной воды в длинных узких трубчатых зазорах между электродом и керамической ультрафильтрационной диафрагмой в элементе ПЭМ

подчиняется законам гидравлики только при отсутствии тока. Если же через элемент ПЭМ протекает электрический ток, то под влиянием химических реакций на электродах и электрического поля характер потока изменяется и, при определенном сочетании скорости потока и плотности электрического тока, переходит в режим самоорганизации, который характеризуется резким усилением энерго- и массопереноса за счет образования тороидальных, сравнительно медленно перемещающихся вдоль продольной оси электродных камер, структурных элементов течения. Такой режим обеспечивает наименьшее электрическое сопротивление электрохимической системы и наибольший возможный контакт микрообъемов воды с поверхностью электродов в единицу времени. Протекание электрического тока через инертные электроды элемента ПЭМ обусловлено отбором электронов из воды у анода и вводом электронов в воду у катода. Это сопровождается разнообразными химическими процессами как непосредственно у поверхности электродов, так и в объеме протекающей воды. Объемы воды в электродных камерах, насыщенные растворенными и газообразными катодными и анодными продуктами электрохимических реакций, не смешиваются в элементе ПЭМ благодаря наличию ультрафильтрационной керамической диафрагмы, на поверхностях которой, обращенных к катоду и аноду адсорбированы высокозаряженные слои анионов и катионов соответственно. Таким образом, электрохимический реактор ПЭМ позволяет в одном и том же потоке воды разделить процессы окисления и восстановления во времени и пространстве и направленно подвергнуть воду либо только окислительному, либо только восстановительному электрохимическому воздействию.

В природных процессах самоочищения воды окислительно-восстановительные процессы играют главенствующую роль и протекают под действием солнечного излучения, физико-химических процессов взаимодействия с кислородом воздуха, минералами горных пород. Им обычно сопутствуют другие процессы: гидратационные, флотационные, сорбционные, коагуляционные, седиментационные. Максимально возможное использование принципиальных особенностей природных процессов самоочищения воды, реализуемое с помощью компактных высокопроизводительных модульных химических реакторов определенного функционального назначения, размещаемых в различной последовательности по потоку очищаемой воды, и является основной идеей установок ИЗУМРУД.

Бытовые установки ИЗУМРУД традиционно, с 1991 года, имеют производительность по очищенной воде в диапазоне от 40 до 60 литров в час и расход электроэнергии от 30 до 60 Вт×ч. Именно для таких скоростей протока разработаны компактные промежуточные реакторы, в которых осуществляются дополнитель-





ные процессы очистки воды. Движущей силой процессов в этих промежуточных «пассивных» элементах водоочистки является внутренняя энергия, которую приобретает вода в «активных» электрохимических элементах ПЭМ в результате неравновесного обмена электронами в элементе ПЭМ. В период с 1991 по 2006 годы были разработаны и коммерчески реализованы самые различные технологические схемы (тех-

родных оксидантов в гидропероксидные в каталитическом реакторе, заполненном гранулами углеродного материала и, наконец, катодная обработка воды. Список новых технологических процессов увеличивался по мере решения новых задач.

В таблице 1 приведен перечень технологических процессов очистки воды, разработанных для установок ИЗУМРУД.

Таблица 1

**Технологические процессы очистки воды в установках ИЗУМРУД, технические системы для их реализации и краткие характеристики процессов**

№ п/п	Наименование процесса	Техническая система для реализации процесса	Краткая характеристика процесса
1	Анодная электрохимическая обработка воды	Элемент ПЭМ (МБ), реактор РПЭ	Уничтожение микроорганизмов, окислительная деструкция органических соединений, микробных токсинов
2	Электромиграционное удаление катионов	Элемент ПЭМ (МБ), реактор РПЭ	В процессе анодной обработки воды перенос тока через диафрагму катионами
3	Катодная электрохимическая обработка воды	Элемент ПЭМ (МБ), реактор РПЭ	Превращение ионов тяжелых металлов в коллоидные частицы гидроксидов
4	Электромиграционное удаление анионов	Элемент ПЭМ (МБ), реактор РПЭ	В процессе катодной обработки воды перенос тока через диафрагму анионами
5	Гетерофазная каталитическая деструкция соединений активного хлора	Реактор дехлорирования каталитический $E_C$	Удаление соединений активного хлора с одновременным образованием соединений активного кислорода
6	Жидкофазное окисление органических соединений в среде с катализаторами-переносчиками заряда	Реактор смешения $E_T$	Окисление органических соединений продуктами анодных электрохимических реакций в объеме с замедленной скоростью протока при перемешивании
7	Микрофлотация коллоидных частиц	Реактор флотационный $E_F$	Использование микропузырьков воздуха для очистки воды от коллоидных взвесей
8	Микроэлектрофлотация коллоидных частиц	Реактор флотационный $E_{FE}$	Использование микропузырьков электролитически полученного водорода или кислорода для очистки воды от коллоидных взвесей
9	Электрокинетическое извлечение коллоидных частиц (электрокинетическое фиксирование)	Реактор электрокинетический $E_K$	Концентрирование коллоидных частиц в электрическом поле двойного электрического слоя минеральных гранул, фиксирование и дегидратация коллоидных частиц на межфазных границах раздела
10	Микроэлектрофизическая обработка воды	Реактор микропузырьковый каталитический $E_D$	Электрофизическое воздействие на воду и растворенные органические примеси в электрически активных газовых микропузырьках в моменты фазовых переходов первого рода у мест электрического и гидравлического возмущения среды

нологические процессы) очистки воды в установках ИЗУМРУД. Общее название установок было сохранено, однако, наименования различных технологических процессов очистки воды были избраны также из минералогии, поскольку названия минералов благозвучны для носителей различных языков. Так появились установки ИЗУМРУД — ТОПАЗ, — АМЕТИСТ, — САПФИР, — АКВАМАРИН, — КВАРЦ, — РУБИН. Когда количество разработанных технологических процессов превысило количество широко известных прозрачных минералов, в ход пошли названия полупрозрачных и непрозрачных: ЯНТАРЬ, БИРЮЗА, АГАТ, МАЛАХИТ.

Реализованный в первой установке ИЗУМРУД технологический процесс состоит из трех стадий: анодная обработка воды, превращение хлоркисло-

В процессе работы для удовлетворения запросов различных Заказчиков были разработаны установки ИЗУМРУД большой производительности — до 500 литров в час. Появление новых типов электрохимических реакторов, разработка новых универсальных подходов к технологии очистки и кондиционирования воды, применение новых материалов и технологий их использования привели в 2011 году к созданию установок ИЗУМРУД следующего поколения — установок ИЗУМРУД-РЕДОКС. Установки ИЗУМРУД-РЕДОКС имеют производительность от 50 до 500 литров в час и включают в себя модели в различных вариантах исполнения — от бытовых до специальных, включая установки для сверхтяжелых условий работы в местностях, загрязненных боевыми отравляющими веществами, бактериологическими или другими токсическими кон-





Рис. 2. Установка ИЗУМРУД производительностью 300 литров в час. В установке реализован технологический процесс очистки воды ТОПАЗ. Назначение установки: очистка воды из поверхностных водоисточников в районах чрезвычайных ситуаций. Потребляемая электрическая мощность — 800 Вт. Напряжение на электрохимическом реакторе установки 24 В. Может использоваться в составе подвижного комплекса очистки воды или в стационарных условиях. Питание от источника тока (выпрямителя) 220/30 вольт, либо от аккумуляторов автомобиля. Изготовлена в 2001 году по заказу МО РФ

таминантами, а также установки для использования в коттеджах и небольших поселках.

В общем плане установка ИЗУМРУД-РЕДОКС предназначена для получения питьевой воды с антиоксидантными свойствами и дополнительной очистки воды от микробов и микробных токсинов, ионов тяжелых металлов, железа, марганца, алюминия, вредных органических соединений: гербицидов, пестицидов, антибиотиков, гормонов, фенолов, поверхностно-активных веществ, нефтепродуктов. Антиоксидантная вода из установки ИЗУМРУД-РЕДОКС оказывает благоприятное воздействие на весь организм, стимулирует обменные процессы, оказывает радиопротекторное действие, укрепляет иммунитет организма.

В установках для очистки и кондиционирования воды ИЗУМРУД-РЕДОКС основными процессами являются окислительно-восстановительные реакции на инертных (обменивающихся с очищаемой водой только электронами) электродах. Спектр физико-химических реакций, протекающих в установках ИЗУМРУД-РЕДОКС, максимально приближен к естес-

твенным процессам очищения воды в природе под действием ветра и солнца, а также к реакциям фагоцитоза в организме теплокровных животных и человека при уничтожении микроорганизмов и чужеродных веществ.

В установках ИЗУМРУД-РЕДОКС в процессе реакций анодного окисления микроорганизмы, микробные токсины и органические соединения (гербициды, пестициды, фенолы) разрушаются. Ионы тяжелых металлов превращаются в нерастворимые гидроксиды в результате катодного восстановления и удаляются во с помощью специального электрокинетического реактора.

Продолжительность работы (ресурс) главных элементов установки ИЗУМРУД-РЕДОКС — электрохимических модульных элементов (реакторов) превышает 100 тысяч часов. Установка не содержит элементов, требующих периодической замены.

### Установки СТЭЛ для электрохимического синтеза анолита АНК.

Установки СТЭЛ для производства электрохимически активированного моющего, дезинфицирующего и стерилизующего раствора — анолита АНК — прочно вошли в Государственный Реестр Медицинской Техники России с 1994 года. Ими оснащены практически все лечебно-профилакти-

ческие учреждения Москвы и Санкт-Петербурга, многих других городов России, стран ближнего и дальнего зарубежья.

Электрохимически активированный мощный и антимикробный раствор — анолит АНК, синтезированный в установках типа СТЭЛ, является единственным в мире экологически чистым раствором, который при одной и той же концентрации активно действующих веществ (АДВ) официально разрешен не только в качестве средства для дезинфекции высокого уровня и самого широкого спектра применения, предстерилизационной очистки и стерилизации изделий медицинского назначения, включая эндоскопы, но также как лечебный препарат. Анолит АНК, обладая значительно меньшей коррозионной активностью в сравнении с равными по содержанию активного хлора растворами гипохлорита или хлорной воды, является весьма эффективным средством обеззараживания воды, намного превосходящим упомянутые аналоги. При обеззараживании воды анолитом не образуются хлораты, что позволяет применять анолит АНК





Рис. 3.

Установки СТЭЛ в туберкулезном госпитале на 1000 коек в г. Тбилиси, 2004 год. Анолит АНК, вырабатываемый установками из накопительных емкостей подается в поток сточных вод в пропорциональном количестве, регулируемом автоматически при помощи системы клапанов и датчиков уровня. Установки работают в автоматическом режиме, обеспечивая постоянный максимальный уровень анолита АНК в накопительных емкостях.

для обеззараживания воды в школах, отелях, больницах, стоматологических клиниках даже в тех странах, где применение хлора (гипохлорита) для обеззараживания воды на подобных объектах запрещено (Голландия, Германия).

Технология синтеза анолита АНК в установках СТЭЛ, защищенная патентами РФ и многих зарубежных стран, включает ряд важнейших процессов. В их числе удаление ионов многовалентных металлов из исходного раствора хлорида натрия путем повышения его pH до величины, обеспечивающей образование нерастворимых гидратов, отделение гидратов тяжелых и щелочноземельных металлов от исходного раствора, насыщение исходного раствора растворенным водородом и, наконец, ввод в подготовленный таким образом раствор электрохимически синтезированных хлоркислородных и гидропероксидных оксидантов с контролем его pH.

Действующими веществами в анолите АНК является смесь пероксидных соединений ( $\text{HO}^\bullet$  — радикал гидроксила;  $\text{HO}_2^-$  — анион пероксида;  $^1\text{O}_2$  — синглетный молекулярный кислород;  $\text{O}_2^-$  — супероксид-анион;  $\text{O}_3$  — озон;  $\text{O}^\bullet$  — атомарный кислород) и хлоркислородных соединений ( $\text{HClO}$  — хлорноватистая кислота;  $\text{ClO}^-$  — гипохлорит-ион;  $\text{ClO}^\bullet$  — гипохлорит-радикал;  $\text{ClO}_2$  — диоксид хлора).

Подобная комбинация действующих веществ обеспечивает отсутствие адаптации микроорганизмов к бицидному действию анолита АНК, а малая суммарная концентрация соединений активного кислорода и хлора гарантирует полную безопасность для человека и окружающей среды при его длительном применении.

Потеря антимикробных свойств анолитом АНК при хранении обусловлена реакциями взаимной нейтрализации большинства метастабильных хлоркислородных и гидропероксидных оксидантов, которые имеют тем большую скорость, чем выше общая минерализация анолита АНК. К реакциям такого типа, в частности, относятся процессы взаи-

модействия хлорноватистой кислоты с пероксидом водорода ( $\text{HClO} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2^\uparrow + \text{H}_2\text{O} + \text{HCl}$ ), пероксида водорода с озоном ( $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_3 = 2\text{O}_2^\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ) и ряд других.

Установки типа СТЭЛ-10Н-120-01 обеспечивают получение анолита АНК первого поколения, общая минерализация которого не превышает 5 г/л и приблизительно в 9–10 раз выше концентрации оксидантов. Хлорсодержащие дезинфицирующие растворы, общая минерализация которых превышает 5 г/л не являются активированными, даже если получены в электрохимических установках по описанной выше технологии производства анолита АНК. В течение нескольких часов подобные растворы теряют активность, превращаясь в соленый раствор гипохлорита и хлорноватистой кислоты. Такой раствор является антимикробным, но в отличие от электрохимически активированного, не обладает спороцидной активностью, имеет характерный запах хлора и при использовании для дезинфекции воды образует побочные продукты хлорирования, в частности, хлороформ.

Малая общая минерализация анолита АНК, полученного в установках СТЭЛ-АНК-ПРО или СТЭЛ-АНК-ПРО-М, разработанных в 2009–2011 годах, при высоком удельном содержании оксидантов обуславливает высокую устойчивость существующих



в растворе молекулярных комплексов с водородной связью, компонентами которых могут быть не только молекулы в основном состоянии, но и ионы, свободные радикалы, молекулы в возбужденном состоянии (эксиплексы), которые в свою очередь гидратируются (явление дальней гидратации), превращаясь в электронейтральные аквакомплексы.

Повышение устойчивости аквакомплексов и снижение плотности заряда метастабильных частиц тем заметнее, чем меньше концентрация ионов в растворе. Различие свойств анолита АНК в зависимости от его общей минерализации показаны в таблице 2.

кислорода в процессе электрохимического синтеза, значительному уменьшению коррозионной способности раствора, уменьшению, вплоть до полного исчезновения, хлорного запаха. Сопоставление свойств анолитов АНК различной минерализации показывает преимущество низкоминерализованных растворов в предотвращении биохимической коррозии. Это обусловлено прежде всего синергическим эффектом антимикробного воздействия хлорноватистой кислоты на фоне окислительной активности растворенного кислорода и приводит к удалению старых биоотложений, а также к предотвращению

Таблица 2

**Свойства анолита АНК из установок СТЭЛ первого и второго поколения**

Показатели и свойства анолита АНК	Установка СТЭЛ-10Н-120-01	Установка СТЭЛ-АНК-ПРО (СТЭЛ-АНК-ПРО-М)
Общая минерализация, г/л	3,0–5,0	Не более 1,0
Концентрация оксидантов, мг/л	Не более 500	Не менее 500
Время хранения, сут	Не более 5	Не менее 30
Возможность разбавления пресной водой до необходимой концентрации оксидантов	Нет	Есть
Коррозионная активность	Высокая	Умеренная
Запах хлора	Слабый	Очень слабый
Возможность ввода антикоррозионных добавок без снижения антимикробной активности	Нет	Есть
Продукты деградации	Слабоминерализованная вода	Пресная вода
Наличие следов на гладких поверхностях после высыхания	Да	Нет
Антимикробная активность в отношении всех патогенных микроорганизмов	Есть	Есть
Повышенная антимикробная активность за счет осмотического переноса действующих метастабильных соединений во внутреннюю среду микроорганизмов (сокращение времени экспозиции)	Нет	Есть
Улучшение моющих свойств за счет повышенной гидратационной активности	Нет	Да

Объяснение отраженных в таблице 2 необычных, на первый взгляд, свойств анолита АНК, полученного в установках типа СТЭЛ-АНК-ПРО и СТЭЛ-АНК-ПРО-М связано с соотношением балластных веществ (ионов хлорида натрия) и действующих веществ (метастабильных оксидантов) в анолите АНК.

Увеличение концентрации соли в электрохимически активированном анолите способствует смещению равновесия в сторону образования молекулярного хлора, увеличивая тем самым коррозионную активность раствора, его разрушающее воздействие на полимерные материалы, металлы, придает раствору характерный хлорный запах.

Напротив, уменьшение содержания соли в электрохимически активированном анолите приводит к увеличению доли реакций образования активного

роста новых биопленок при одновременном снижении коррозии и биокоррозии. Практически полного исключения коррозионной активности маломинерализованного анолита АНК, полученного в установках СТЭЛ-АНК-ПРО и СТЭЛ-АНК-ПРО-М, можно добиться путем ввода в готовый раствор тринатрийфосфата в количестве 0,1 г/л. Анолит АНК с этой добавкой может сохраняться так же долго, как и без нее, т. е. в течение не менее 30 суток.

Важнейшим направлением технического совершенствования установок СТЭЛ является уменьшение содержания балластных веществ (ионов хлорида натрия) в анолите АНК, действующие вещества которого представлены смесью метастабильных хлоркислородных и гидропероксидных оксидантов. Появлением в 2011 году анолита АНК третьего поколения





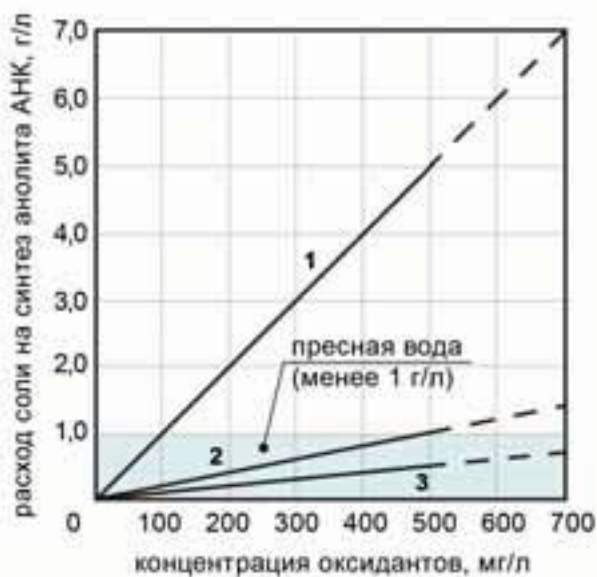


Рис. 4.

Соотношение количества соли, расходуемой для синтеза 1 литра анолита АНК, и концентрации оксидантов в анолите АНК, получаемого в установках СТЭЛ

- 1 — анолит АНК первого поколения, получаемый в установках типа СТЭЛ-10Н-120-01. Соотношение расхода соли к концентрации оксидантов: 5,0: 0,5 = 10. Балластных веществ приблизительно в 10 раз больше, чем АДВ.
- 2 — анолит АНК второго поколения, получаемый в установках типа СТЭЛ-АНК-ПРО. Соотношение расхода соли к концентрации оксидантов: 1,0: 0,5 = 2. Балластных веществ приблизительно столько же, сколько АДВ.
- 3 — анолит АНК третьего поколения, получаемый в установках типа СТЭЛ-АНК-СУПЕР. Соотношение расхода соли к концентрации оксидантов: 0,5:0,5 = 1. Балластные вещества отсутствуют.

достигнуто теоретически возможное соотношение балластных и действующих веществ в анолите АНК.

Анолит АНК третьего поколения характеризуется отсутствием балластных веществ и производится в установках типа СТЭЛ-АНК-СУПЕР. Анолит АНК с концентрацией оксидантов 500 мг/л содержит не более 0,5 г/л растворенных ионов электролитов, т. е. является свободным от балласта (см. рис. 4).

**Установки АКВАХЛОР для синтеза раствора оксидантов, используемого для обеззараживания питьевой воды, сточных вод, воды плавательных бассейнов.**

В течение последних трех лет на объектах очистки питьевой воды, сточных вод, воды плавательных бассейнов многих Российских и зарубежных городов запущено в работу около 250 установок АКВАХЛОР-500 (А-500). При этом производительность по оксидантам установок А-500, смонтированных на одном объекте (производительность единичной системы), уже превысила 900 кг в сутки в эквиваленте активного хлора (Балаково).

Установка АКВАХЛОР — это компактный модульный хлоркаустиковый мини-завод, который по всем удельным технико-экономическим параметрам превосходит большие

хлор-каустиковые комбинаты. Установка АКВАХЛОР безопасна для людей и окружающей среды, поскольку весь вырабатываемый в ней газообразный хлор с небольшим количеством диоксида хлора, озона и гидропероксидных радикалов (газообразная смесь оксидантов) поступает в эжекторный смеситель, встроенный в установку, и немедленно растворяется в протекающей воде, которая таким образом превращается в раствор оксидантов такой же концентрации по растворенному хлору, как и хлорная вода, образующаяся в типовых хлораторах при растворении молекулярного хлора в воде.



Рис. 5.

Установки АКВАХЛОР-500 на водоочистой станции г. Балаково. Всего на станции используются 76 установок А-500, включая резервные. Суточная производительность системы в эквиваленте молекулярного хлора — более 900 кг.



Далее этот раствор оксидантов смешивается с основным потоком обрабатываемой воды по существующим технологическим схемам хлорирования, с использованием тех же гидравлических линий, в соотношении, позволяющем получить в обеззараженной воде концентрацию оксидантов, соответствующую требованиям действующих санитарных норм и правил. Исследования, выполненные в последние годы рядом авторитетных научных организаций России, Украины, Германии, США, показали, что в отличие от обычной хлорной воды раствор оксидантов, произведенный установкой АКВАХЛОР, является более сильным дезинфицирующим агентом (уничтожает вирусы, споры, биопленки), а также обладает способностью предотвращать образование побочных продуктов хлорирования. Это обусловлено тем, что в растворе находится смесь оксидантов (хлор, хлорноватистая кислота, диоксид хлора, озон, гидропероксидные соединения), а не одно какое-либо моно вещество, как в известных традиционных химических технологиях обеззараживания. Смесь свежеполученных разнородных оксидантов в растворе обладает синергизмом действия в процессах окислительной деструкции органических соединений. Очень похожие процессы одновременного образования разнородной смеси оксидантов имеют место во всех живых теплокровных организмах в процессе фагоцитоза, когда под влиянием электрического поля, создаваемого в структуре фагоцита, происходит электрохимический синтез хлорноватистой кислоты, перекиси водорода, озона, синглетного кислорода из плазмы крови (раствор хлорида натрия с небольшим количеством органических и неорганических веществ) в микроскопически малом объеме, сравнимом с размерами чужеродного объекта (микроорганизм, фрагменты клетки и др.). Именно схожесть процессов обеспечивает безвредность смеси оксидантов для организма человека и животных и отсутствие способности микроорганизмов к адаптации по отношению к метастабильной смеси оксидантов. Уникальные свойства раствора оксидантов, полученного в установках АКВАХЛОР, делают его незаменимым при обеззараживании питьевой воды, сточных вод и воды плавательных бассейнов.

В установках АКВАХЛОР реализован принципиально новый технологический процесс — ионселективный электролиз с диафрагмой, обеспечивающий полное разделение исходного солевого раствора с концентрацией от 180 до 250 г/л в модульных реакторах МБ-26 за один цикл обработки (без возврата на регенерацию анолита, без вымораживания соли из католита, без возврата соли в процесс, без добавки кислоты в анодный контур, без высококачественной очистки солевого раствора и т. д.) на влажную смесь газообразных оксидантов (хлор, диоксид хлора, озон) и раствор гидроксида натрия концентрацией 150–170 г/л при степени конверсии соли от 98 до 99,5% и затратах электроэнергии в пределах 2–3 кВт·ч на килограмм газообразной смеси

оксидантов. Эти показатели являются весьма близкими к теоретически возможным, поэтому установки АКВАХЛОР не имеют конкурентов среди известных электрохимических систем и технологий.

Преимущества установок АКВАХЛОР в сравнении с жидким хлором и гипохлоритом заключаются в следующем. Установки АКВАХЛОР позволяют на месте потребления получить из раствора хлорида натрия два продукта — хлор и каустическую соду в необходимом количестве в любое время. Поскольку свежеполученный хлор содержит небольшое количество других оксидантов (диоксид хлора, озон), то побочные продукты хлорирования в воде, такие, например, как хлороформ, не образуются.



Рис. 6. Установка АКВАХЛОР-500М с реакторами МБ-26-100, работающими в режиме самоочистки. Разработка 2011 года.



Также раствор оксидантов в отличие от традиционной хлорной воды эффективно удаляет биопленки с внутренней поверхности водоводов, что исключает необходимость аммонизации, уменьшает скорость коррозии водоводов (известно, что скорость биокоррозии в несколько раз выше скорости химической коррозии), придает воде отличные органолептические свойства. Установка АКВАХЛОР — это малогабаритный генератор хлора и раствора каустической соды, объединенный с хлоратором. Поэтому размещать установки АКВАХЛОР можно без выполнения проектно-монтажных работ в существующих помещениях хлораторных, используя имеющиеся гидравлические и электрические сети. В 2011 году организовано серийное производство установок АКВАХЛОР нового поколения, имеющих наименование АКВАХЛОР-М. В таблице 3 приведены сравнительные характеристики установок А-500 и А-500М.

С середины 2012 года ООО «ДЕЛФИН АКВА» планирует начало серийного производства автоматизированных установок АКВАХЛОР-М, работающих по полному или частичному (в зависимости от желания Заказчика) циклу комплексной схемы эксплуатации [17].

**Краткий перечень технических электрохимических систем, серийное производство которых организовано в компании ДЕЛФИН АКВА с начала 2012 года**

1. Проточные электрохимические модульные элементы ПЭМ и МБ, реакторы проточные электрохимические РПЭ из элементов ПЭМ и МБ — универсальные проточные электрохимические компактные реакторы в соответствии с патентами РФ №№ 2042639, 2063932, 2078738, 2096529, 2141454, 2145940, 2153474, 2176989, 3370885, 2350692, Великобритания

Таблица 3

**Сравнительные характеристики установок АКВАХЛОР-500 и АКВАХЛОР-500М**

№ п/п	Технические параметры и операции	А-500	А-500М
1	Производительность по оксидантам (в пересчете на хлор) при работе в номинальном режиме, г/ч	500	500
2	Производительность по оксидантам (в пересчете на хлор) при работе в максимальном режиме, г/ч	520	600
3	Время непрерывной работы в максимальном режиме, ч	6	24
4	Расход соли на производство 1 кг оксидантов (в пересчете на хлор), кг	2,0	1,8
5	Концентрация дополнительного продукта — раствора гидроксида натрия, г/л	150–170	160–180
6	Время непрерывной работы (до промывки) электрохимического реактора при работе на растворе пищевой соли «Экстра», приготовленном на водопроводной питьевой воде, час	40–50	260–280 В новейших моделях применены элементы МБ с функцией самоочистки
7	Время перерыва в работе реактора установки при промывке 10 %-ным раствором хлористоводородной (соляной) кислоты, мин	30	5
8	Контроль времени начала операции промывки реактора установки	Оператором	Автоматически
9	Выполнение операции промывки реактора установки	Вручную, оператором	Автоматически
10	Возможность подключения модуля для производства раствора соляной кислоты	Нет	Есть
11	Возможность подключения к внешним источникам питания различного типа	Нет	Есть
12	Контроль параметров работы установки	Периодически, оператором	Автоматический, непрерывно
13	Возможность автоматического регулирования производительности по оксидантам в зависимости от концентрации активного хлора в обеззараживаемой воде	Нет	Есть
14	Количество отказов на 1000 часов непрерывной работы (вероятностная оценка)	3	0,1
15	Конструкция установки	Открыто-рамная, моноблочная	Корпусная, блочно-модульная



- тании GB.2253860, свидетельствами на полезную модель РФ 20513, 20514.
- Установки ИЗУМРУД для получения воды с антиоксидантными свойствами, очистки пресной воды от органических примесей, микроорганизмов, ионов тяжелых металлов. Отличительная особенность особенностей установок ИЗУМРУД от других известных устройств для очистки воды заключается в том, что после обработки в установках ИЗУМРУД очищенная вода приобретает окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), характеризующий активность электронов в воде, близкий к ОВП внутренней среды организма человека (от минус 200 до минус 300 мВ). Установки ИЗУМРУД производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2038322, 2038323, 2056364, 2090517, 2091320, 2096337, 2040477, 2149835, 2207982, 2322395, 2322394, 2350692, патентами Великобритании №№ 2253860, 2257982, свидетельствами на полезные модели РФ №№ 3599, 3600, 3601.
  - Установки СТЭЛ для электрохимического синтеза анолита АНК. Анолит АНК — универсальный экологически чистый антимикробный раствор широкого спектра действия и применения, который производится из водного раствора хлорида натрия посредством ввода хлоркислородных и гидропероксидных оксидантов в насыщенную свободными гидроксильными группами и растворенным водородом воду, предварительно очищенную от ионов тяжелых металлов, железа, марганца, магния, кальция. Оптимальное содержание смеси хлоркислородных и гидропероксидных оксидантов в анолите АНК — 500 мг/л. Минерализация анолита АНК не превышает 1,0 г/л, что обеспечивает его высочайшую эффективность, экологическую чистоту и срок хранения до 6 месяцев. Максимально возможная минерализация анолита АНК ограничена 5 г/л, минимальная минерализация, достигнутая в установках СТЭЛ моделей 2011 года и равная теоретически возможной, составляет 0,5 г/л. Установки СТЭЛ производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2033807, 2038322, 2076847, 2088539, 2155719, 2207983, 2208589, 2322397, 2321681, 2350692.
  - Установки СТЭЛ-ПЕРОКС для электрохимического синтеза анолита ПЕРОКС и католита К. Установки СТЭЛ-ПЕРОКС производят уникальный антимикробный раствор, действующим веществом в котором являются надугольные кислоты и пероксокарбонаты натрия или калия. Анолит ПЕРОКС производится из водного раствора карбоната или гидрокарбоната натрия или калия. Анолит ПЕРОКС экологически чист, не обладает коррозионной активностью, имеет ярко выраженные антимикробные свойства. Общая минерализация анолита ПЕРОКС не превышает 0,6 г/л. Одновременно с анолитом, установки СТЭЛ-ПЕРОКС производят электрохимически активированный католит К, который обладает великолепными мощными свойствами, превышающими аналогичные показатели для растворов детергентов. Установки СТЭЛ-ПЕРОКС производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2329335, 2329197.
  - Установки СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ для электрохимического синтеза электрохимически активированных анолита и католита из пресной воды и растворов различных электролитов. Установки позволяют синтезировать анолиты АНФОС, АЛОКС-М, А действующие вещества которых представлены соответственно электрохимически активированными надфосфорными, надуксусными кислотами или смесью оксидантов, полученной из пресной воды или водно-солевого раствора. Общее содержание растворенных веществ как в анолитах, так и в католите не превышает 1,0 г/л. Установки СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2204530, 2148027, 2157793.
  - Установки АКВАХЛОР для электрохимического синтеза раствора оксидантов — самые совершенные в мире компактные модульные системы для преобразования раствора хлорида натрия в раствор оксидантов, используемый в процессах обеззараживания и очистки воды, и концентрированный электрохимически активированный раствор каустической соды, при степени преобразования солевого раствора выше 99,5%. Установки АКВАХЛОР производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2088693, 2270885, 2176989, 2350692, США — 7,897,023.
  - Установки ЭКОХЛОР для электрохимического синтеза газообразного хлора и концентрированного раствора каустической соды — не имеющие аналогов в мире компактные безопасные модульные хлор-каустиковые заводы. Производительность единичного модуля варьирует в диапазоне от 1 до 10 кг/ч по газообразному хлору. Установки ЭКОХЛОР производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2270885, 2350692.
  - Установки ГИПОХЛОР для синтеза высокоочищенного раствора гипохлорита натрия — не имеющие аналогов в мире компактные устройства, генерирующие электрохимически активированный концентрированный раствор гипохлорита натрия с минимальным содержанием балластных веществ, т. е. хлорида и гидроксида натрия. Степень использования хлорида натрия в процессе преобразования исходного раствора достигает 95%. Установки ГИПОХЛОР производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2157793, 2148027, 2145940.
  - Установки ОКСИТРОН-М для синтеза электрохимически активированной соляной кислоты, используемой в процессах выщелачивания цветных, драгоценных и редких металлов из отвалов горнообогатительных комбинатов, шлаков доменных печей, руды, лома цветных и редких металлов.





Аналогов в мире не имеют. Установки ОКСИТРОН-М производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2079575, 2270885, 2350692.

10. Установки ОКСИТРОН-К для синтеза соляной кислоты из хлора и водорода — уникальная установка, не имеющая аналогов в мире. Процесс синтеза соляной кислоты не требует предварительной очистки исходных газов от влаги, безопасность процесса гарантирована новым принципом подачи газов в реакционную камеру. Установки ОКСИТРОН-К производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2176989, 2079575, 2270885, 2350692.
11. Установки РОСТОК для получения раствора электрохимически активированных азотных и фосфорных удобрений в воде орошения без изменения

ее минерализации. В установках РОСТОК обычная вода орошения превращается в аналог воды после весенней грозы, благотворно влияющей на рост и развитие растений. Хлориды, сульфаты и карбонаты ионов щелочных и щелочноземельных металлов, составляющие естественную минерализацию этой воды превращаются в нитраты и фосфаты этих металлов. Процесс полностью управляем по всем параметрам и позволяет создавать условия для питания растений избирательно указанными удобрениями, выбирая их оптимальную концентрацию, соответствующие фазам развития растений. Установки РОСТОК производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2063932, 2079575, 2207982.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Бахир В.М.*, Способ регулирования физико-химических свойств бурового раствора. Авторское свидетельство СССР, №1035047, 1979.
2. *Бахир В.М.*, Установка для электрообработки бурового раствора — УОБР: Инф. листок №27. М, ВНИИЭГАЗПРОМ, 1979.
3. *Бахир В.М.*, Установка для электрообработки минерализованной воды — УЭВ: Инф. листок №28. М, ВНИИЭГАЗПРОМ, 1979.
4. *Бахир В.М., Мамаджанов У.Д.*, Поверхностные явления в дисперсных системах в условиях униполярного электрического воздействия//Докл. на VII Всесоюзной конф. по коллоидной химии и физико-химической механике. — Минск: Наука и техника, 1977.
5. *Бахир В.М., Атаджанов А.Р., Мамаджанов У.Д., Алехин С.А., Мариампольский Н.А., Наджимитдинов А.Х.*, Активированные вещества. Некоторые вопросы теории и практики//Изв. АН УзССР. Сер. техн. наук, 1981, №5.
6. *Бахир В.М., Кирпичников П.А., Лиакумович А.Г., Спектор Л.Е., Мамаджанов У.Д.*, Механизм изменения реакционной способности активированных веществ//Изв. АН УзССР. Сер. техн. наук, 1982, №4, с. 70–74.
7. *Бахир В.М., Спектор Л.Е., Мамаджанов У.Д.*, Физическая природа явлений активации веществ//Изв. АН УзССР. Сер. техн. наук, 1983, №1.
8. *Бахир В.М., Кирпичников П.А., Лиакумович А.Г. и др.*, О природе электрохимической активации сред//Докл. АН СССР. — 1986. т. 286, №3, с. 663–666.
9. *Бахир В.М., Цикоридзе Н.Г., Спектор Л.Е., Дадияни Р.Г., Задорожний Ю.Г., Мечехия М.В., Лиакумович А.Г., Кирпичников А.П., Агаджанян С.И., Латышев Ю.В.*, Электрохимическая активация водных растворов и ее технологическое применение в пищевой промышленности//Тбилиси: ГрузНИИНТИ: Серия: Пищевая промышленность, 1988, Вып. 3, с. 81.
10. *Бахир В.М.*, Сущность и перспективы электрохимической активации. НИИТЭИ. 25.04.89, №410-хп 89.
11. *Бахир В.М.*, Электрохимическая активация, М.: ВНИИИ мед. техники, 1992, 2 ч, с. 657, ил.
12. *Бахир В.М., Задорожний Ю.Г., Леонов Б.И., Паничева С.А., Прилуцкий В.И.*, Электрохимическая активация: универсальный инструмент зеленой химии, М.: «Маркетинг Саппорт Сервисиз», 2005, с. 176, ил.
13. *Бахир В.М., Задорожний Ю.Г.*, Электрохимические реакторы РПЭ, М.: Гиперокс, 1991, с. 35, ил.
14. *Якименко Л.М., Коханов Г.Н., Юркова Т.Н., Ханова Л.А.*, авт. свид. СССР, №289823, 1968.
15. *Wikey A.*, Water treatment apparatus. US Patent 3,769,196, 30.10.1973.
16. *Wikey A.*, Water treatment system with prolonged aeration, US Patent 4,005,014, 25.10.1977.
17. *Бахир В.М.*, Комплексная технология использования установок АКВАХЛОР на объектах водоподготовки. Водоснабжение и канализация, 2010, №3–4, с. 56–62.



**ELECTROCHEMICAL ACTIVATION: A KEY TO ENVIRONMENTALLY FRIENDLY WATER  
CONDITIONING TECHNOLOGIES****V. Bakhir**

*The possibility of nonchemical management of water and water solutions in various technological processes, discovered in the 1970s, [1-11], pic.1., today has been realized in numerous electrochemical systems, from household devices for producing 'super-deoxidized' or "super-oxygenized" water to industrial installations operating at multiple facilities all over the world and producing electrochemically activated detergents, disinfectants, as well as sterilizing, extracting, emulsifying, stabilizing, demulsifying, preserving, bleaching, medical and other solutions. [12]. The explanation of the wide range of technological properties of solutions lies in the unique combination of pronounced oxidizing, oxygenizing, catalytical and biocatalytical activity of electrochemically activated solutions with disproportionately low amount of active substances. This makes activated solutions strikingly different from traditional solutions of the corresponding chemical reagents.*

.....  
**БЕГУЩЕЙ СТРОКОЙ**



МОДУЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

# АКВАХЛОР-500М

- **НАИЛУЧШЕЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ, СТОЧНЫХ ВОД, ВОДЫ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ**
- **НЕПРЕВЗОЙДЕННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАСТВОРА ОКСИДАНТОВ: УНИЧТОЖЕНИЕ БИОПЛЕНК В САМЫХ ДАЛЬНИХ ТОЧКАХ ВОДОРАЗВОДЯЩЕЙ СЕТИ**
- **АБСОЛЮТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РАСТВОРА ОКСИДАНТОВ И УСТАНОВОК АКВАХЛОР-500М, ПОДТВЕРЖДЕННАЯ РОСПОТРЕБНАДЗОРОМ И РОСТЕХНАДЗОРОМ**
- **ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКОНОМИЧНОСТЬ: НЕ БОЛЕЕ 2 КГ СОЛИ И 3 КВТ Ч ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА 1 КГ ОКСИДАНТОВ.**
- **СОЗДАНИЕ СИСТЕМ ЛЮБОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ; НЕ ТРЕБУЕТСЯ ПРОВЕДЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ.**
- **АВТОМАТИЧЕСКАЯ БЕЗРЕАГЕНТНАЯ ОЧИСТКА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ РЕАКТОРОВ**
- **АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОДДЕРЖАНИЕ ЗАДАННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ОКСИДАНТОВ В ОБЕЗЗАРАЖИВАЕМОЙ ВОДЕ.**



**КОНТАКТНЫЕ ДАННЫЕ**

тел.: +7 (495) 9934646 доб.: 1184

моб.: +7 (910) 4237328

E-mail: I.Samoylova@DelfinRus.com

Инна Петровна Самойлова

[www.delfin-aqua.ru](http://www.delfin-aqua.ru)

[www.vbinstitute.ru](http://www.vbinstitute.ru)

[eca@vbinstitute.ru](mailto:eca@vbinstitute.ru)





## СОВРЕМЕННАЯ АСУ ТП ВОДОПОДГОТОВКИ СТАНЦИЙ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ



Кожевников А. Б.



Петросян О. П.

**Горбунов А. К.,**

д. ф.-м. н., профессор МГТУ им. Н. Э. Баумана

**Кожевников А. Б.,**

к. т. н., ФСП «КРАВТ»

**Петросян О. П.,**

к. ф.-м. н., МГТУ им. Н. Э. Баумана

*Особенностью станций централизованного водоснабжения являются высокие требования к качеству продукта — питьевой воде. Эти требования наиболее полно и качественно могут быть удовлетворены только в условиях максимальной автоматизации технологического процесса водоподготовки, позволяющей исключить влияние человеческого фактора на результат. В развитых странах эта проблема решена вплоть до создания полностью автоматических систем водоподготовки, так как современные программные и технические средства позволяют обеспечить такой уровень автоматизации.*

Этот факт служит основанием считать, что и в России при ее экономическом и техническом потенциале реально внедрение таких систем на основе отечественных разработок. Один из вариантов их воплощения представлен на рис.1, на котором изображена схема современной автоматизированной системы управления технологическим процессом водоподготовки (АСУТП ВП), которая базируется в основном на разработанных и выпускаемых серийно отечественным предприятием ФСП «КРАВТ» программных продуктах [1,2,3], измерительных и исполнительных механизмах [4]. Этот вариант исполнения схемы АСУТП ВП ориентирован на обеспечение питьевой водой крупных населенных пунктов. На ней перечислены операции технологического процесса подготовки питьевой воды, а также примененные измерительные устройства, исполнительные механизмы и контроллерные блоки, объединенные в единую автоматизированную систему, обеспечивающую взаимодействие всех локальных систем автоматики через аквапроцессор и компьютер диспетчера.

АСУТП ВП обеспечивает в автоматическом и автоматизированном (при участии оператора) управлении основными объектами станции водоподготовки, такими как: насосная станция первого подъема; станция очистки воды, включающая в себя фильтры, хлораторную станцию, гидравлические генераторы, компрессоры, насосную станцию; резервуары чистой воды и другие. Все данные с объектов поступают на персональный компьютер, а мониторинг всей системы в целом обеспечивается

Адрес для корреспонденции: [petrosyan-kravt@mail.ru](mailto:petrosyan-kravt@mail.ru)

