

АКВАТРОН: НОВЫЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ МБ



Бахир В.М.,
д. т. н., профессор



Синтез и последующее использование в разнообразных технологических процессах метастабильных веществ вместо традиционных химических реагентов, равно как и производство на месте применения важнейших продуктов химической промышленности, таких, как хлор, каустическая сода, надсерная кислота, пероксид водорода, являются новыми направлениями развития экологически чистых химических производств. Реализация новых технологий осуществляется при помощи специальных компактных высокопроизводительных электрохимических реакторов. В статье рассмотрены конструкции новейших электрохимических систем, созданных предприятиями инновационного промышленного кластера РОСЭЛЕКТРОХИМИИДУСТРИЯ. Показана эволюция совершенствования электрохимических реакторов и установок в зависимости от сложности и объема решаемых задач.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

электрохимический реактор, хлор, каустическая сода, надсерная кислота, электрохимическая активация, СТЭЛ, ИЗУМРУД, АКВАХЛОР, анолит, католит, диафрагма, мембрана, растворы, вода.

Возможность многократной экономии или полного исключения расхода химических реагентов в различных технологических процессах за счет использования метастабильных веществ, синтезированных в электрохимических системах, обнаруженная в семидесятых годах прошлого столетия [1–11], была впервые в промышленном масштабе реализована для безреагентного управления свойствами буровых растворов и пластовой воды. Первые в мире публикации об аномальной химической активности воды после униполярного электрохимического воздействия и аномальных значениях окислительно-восстановительного потенциала электрохимически активированных воды и растворов появились в 1974 году [12–24]. Их источником была единственная организация — Среднеазиатский НИИ природного газа, — где эти исследования были начаты в 1972 году и продолжаются до настоящего времени [25, 26]. На рис. 1 и 2 показаны установки, которые обеспечивали экономию от 40 до 70 % дорогостоя-

Адрес для корреспонденции:



Вода - дело компетентных®

ЗАО «ВИВ»

www.pump.ru

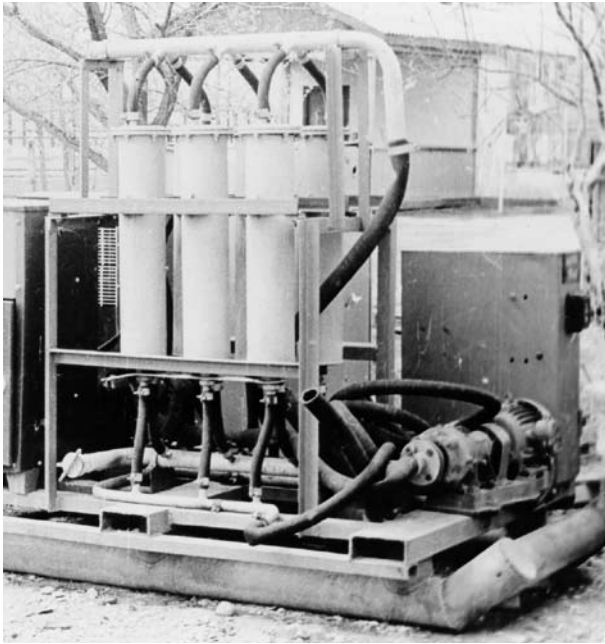


Рис. 1. Установка УЭВ-4 для получения электрохимически активированной воды, использующейся в процессах приготовления и обработки бурового раствора, водоподготовки для систем охлаждения установок подготовки газа, компрессорных станций магистральных газопроводов. Шесть гидравлически параллельно соединенных проточных электрохимических реакторов с коаксиальным размещением электродов и диафрагмы. Аноды — графитовые стержни диаметром 100 мм и длиной 900 мм, диафрагма — хлориновая ткань на виниловом каркасе. Межэлектродное расстояние 10 мм. Производительность по воде, обработанной в катодной камере (католиту) — 25000 л/ч, по воде, обработанной в анодной камере (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.

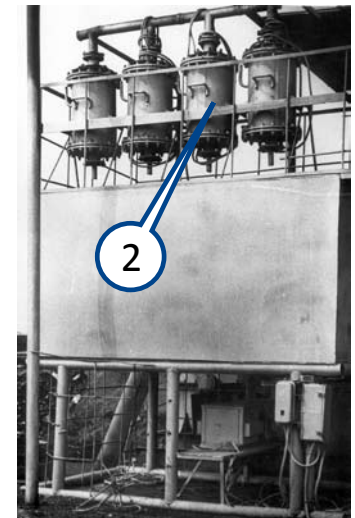


Рис. 2. Цех электрохимического синтеза гуматных реагентов (ЦЭСГР). Разработан и построен в 1980 г. в пос. Караул-Базар Бухарской области. Производительность цеха — 25 тонн пастообразного углещелочного электрохимически активированного реагента (УЩР-А) за смену. Гуматный реагент УЩР-А поступал на буровые Бухарского управления буровых работ и обеспечивал экономию по каждой скважине до 60 % всех средств на приготовление и обработку бурового раствора. Основное оборудование цеха — электрохимические реакторы для получения католита пластовой воды суммарной производительностью 10 м³/ч (1) и электрохимические реакторы для обработки пульпы реагента производительностью 2 м³/ч каждый (2).

щих химических реагентов, необходимых при проводке глубоких нефтяных и газовых скважин.

В основе этих систем оригинальные диафрагменные проточные электролизеры с графитовыми или ферросилицистыми анодами, хлориновыми или асбоцементными диафрагмами, работающие при силе тока от 100 до 1000 ампер при напряжении 12–24 вольт и обеспечивающие обработку пластовой минерализованной воды или бурового раствора с производительностью от пяти — шести до нескольких десятков кубометров в час. После приемки установок междуведомственной комиссией Мингазпрома СССР, Миннефтепрома СССР и Мингео СССР в 1979 году, их производство было орга-

низовано на предприятиях ПО «Узбекнефть», ВПО «Союзнефтегазпром» и Кокандском заводе газовой арматуры и нестандартного оборудования «Большевик» Мингазпрома СССР. Всего в 1978–1988 годах было произведено около 5000 установок УЭВ и УОБР для электрохимической униполярной обработки пластовой воды и бурового раствора. Несовершенство и недолговечность первых промышленных электрохимических систем компенсировались их высокой экономической эффективностью и малым сроком окупаемости, который не превышал 1 месяца.

В конце семидесятых годов результаты практического промышленного применения принципиаль-



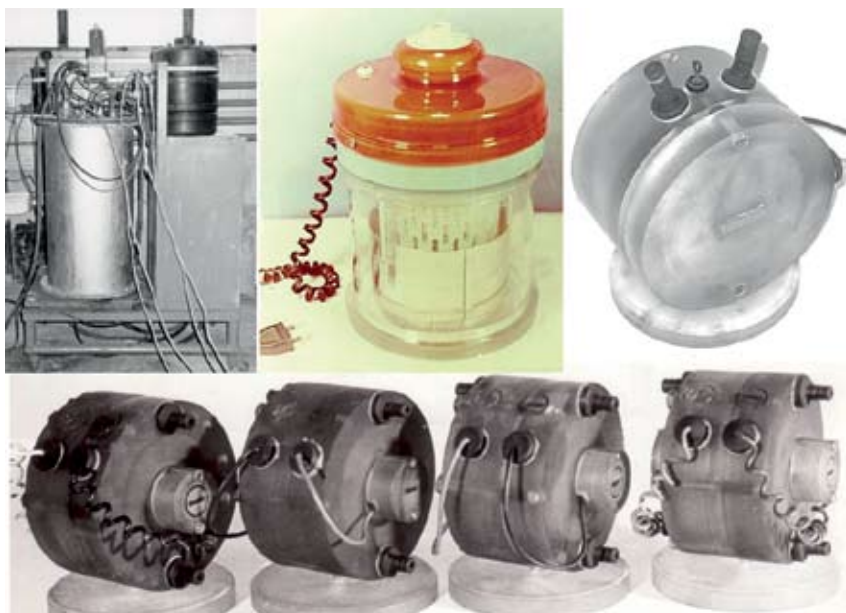


Рис. 3. Лабораторные и опытные образцы промышленных устройств для исследования различных технологических процессов с использованием электрохимически активированной воды и растворов, изготавливаемые авторами в семидесятые — восьмидесятые годы.

но новой электрохимической техники и технологии в нефтегазопромысловом деле стали широко известными в стране и привлекли внимание специалистов различных отраслей. В течение примерно 10 лет, начиная с 1978 года, главной задачей специалистов, познакомившихся с явлением аномальной физико-химической активности воды и водных растворов после униполярной (катодной или анодной) электрохимической обработке, было исследование возможности практического использования нового знания для улучшения собственных производственных процессов и решения научных задач создания новых технологий. Для этих целей вполне подходили простейшие лабораторные и опытные образцы промышленных устройств и аппаратов, изготавливаемые авторами (рис. 3).

Полученные в лабораторных или опытно-промышленных условиях положительные результаты требовали дальнейшего развития, для чего были необходимы другие, адаптированные к конкретным задачам электрохимические системы. Кажущаяся простота получения электрохимически активированной щелочной (католита) и кислой (анолита) воды, описанная в научно-популярных публикациях [27–33], породила и продолжает порождать большое количество «изобретателей», изготавливающих приборы для получения «живой» и «мертвой» воды. Применяются они, как правило, в областях, где оценка степени метастабильности воды или растворов близка с субъективной. Различие между субъективными и объективными оценками определяется несколькими способами, один из которых — проверка степени метастабильности анолита или католита в лабораторных

исследованиях, например, таких, как оценка спороцидной активности анолита или сравнение моющей способности католита и контрольного раствора щелочи. Объективно наблюдаемый в большинстве подобных проверок отрицательный результат объясняется тем, что большое влияние на свойства электрохимически активированных католита и анолита оказывают условия синтеза, которые включают не только минерализацию, химический состав исходной воды, материалы электродов и диафрагмы, силу тока и напряжение, но также соотношение объемов жидкости, подвергнутой электрохимическому воздействию в электродной камере и непосредственно в области двойного электрического слоя электрода (ДЭС). Также важными являются величина и скорость изменения температуры жидкости в ДЭС и в электро-

дной камере в процессе электрохимического воздействия, скорость реакций нейтрализации высокоактивных продуктов электрохимических реакций в электродной камере за счет электромиграционного и туннельного переносов нейтрализующих агентов через перегородку (диафрагму или мембрану) и другие факторы. Конструирование новых электрохимических устройств осуществлялось авторами специально для каждой из многочисленных технологий по запросам специалистов различных отраслей [34–49]. Работы по изготовлению и практической апробации конструкций в реальных производственных или специализированных лабораторных условиях проводились в сжатые сроки благодаря договорам о сотрудничестве и хозяйственным договорам. Инициатива заключения договоров исходила от предприятий и организаций, заинтересованных в совершенствовании собственных технологических процессов путем использования эффекта электрохимической активации. В результате такого сотрудничества авторов уникальных электрохимических устройств и специалистов — отраслевиков были созданы технологические процессы, которые нашли долговременное практическое применение. Одним из таких направлений развития электрохимической активации является постоянно совершенствующаяся техника и технология получения экологически чистых моющих, дезинфицирующих, стерилизующих и лечебных растворов. В настоящее время более 40000 установок типа СТЭЛ для получения таких растворов работает в лечебных учреждениях, на предприятиях пищевой и фармацевтической промышленности в России и за рубежом. Другим направлением являет-

ся также находящаяся в постоянном развитии техника и технология очистки питьевой воды в установках ИЗУМУРД. Всего за период с 1991 по 2015 годы было изготовлено и поставлено потребителям более 300000 установок ИЗУМУРД.

Главным стержнем развития исследований и разработок авторского коллектива всегда являлась конструкция электролизера. Поиск оптимальных конструкций для униполярного (только анодного или только катодного) воздействия на разнообразные жидкости (минерализованную, пресную, дистиллированную воду, молоко, молочную сыворотку, растительные и минеральные масла, нефти, буровые и тампонажные растворы, бытовые и промышленные сточные воды), имеющие различную температуру, протекающие с различной скоростью через электродные камеры при различных перепадах давления на диафрагме, напряжении на электродах и плотности тока породил множество различных типов электролизеров [50], которые изготавливали в единичных экземплярах или небольшими партиями различные предприятия по чертежам авторов и под их руководством. Среди этих предприятий НПО «ВОСТОК» (г. Ташкент), ПО «Нижекамскнефтехим» (г. Нижнекамск), ЦНИИАГ (г. Москва), НПО «Энергия» (г. Калининград, Моск. обл.), ЛНПО «АВАНГАРД» (г. Ленинград), завод «Счетмаш» (г. Курск), НПО «Химавтоматика» (г. Москва), Ленинабадский горнохимический комбинат (г. Чкаловск Таджикской ССР) и другие.

После многочисленных проб и ошибок в 1989 году была создана конструкция проточной электрохимической ячейки с керамической диафрагмой, обладавшей необходимыми свойствами универсального электрохимического инструмента [51]. Эта ячейка обеспечивала не только эффективное изменение pH и окислительно-восстановительных свойств протекающих через электродные камеры прямотоком или противотоком различных жидкостей при регулируемом перепаде давления на диафрагме, но также достаточно глубокое (60–90 %-ное) электрохимическое преобразование электролитов в пресных и слабоминерализованных растворах. Данное устройство было названо авторами проточным электрохимическим модульным элементом, известным как ПЭМ-1 (патент Великобритании GB 2253860).

До 1990 года в технической литературе устройства для получения электрохимически активированных растворов назывались либо установками для электрообработки воды, либо электроактиваторами, либо (редко) диафрагменными электролизерами. С появлением элемента ПЭМ-1 в технический лексикон был введен термин «электрохимический реактор» и впервые сформулированы его отличительные признаки [52, 53].

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 также широкой гаммы органических и неорганических жидкостей на водной и неводной основе. 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. 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, оптимальное сочетание всех указанных параметров и факторов в значительной степени определяется параметрами работы реактора, то есть, фактически, технологической схемой процесса электрохимического синтеза.

Первые модульные элементы ПЭМ-1 изготавливались в течение трех лет (1989–1991) на опытно-экспериментальном 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. Так, если количество коммерчески использованных элементов ПЭМ-1 не превысило 1000, то число 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 от авторов. После отзыва лицензии предприятие еще некоторое время производило элементы ПЭМ-2 нелегально, но было вынуждено остановить производство по решению суда, а также ввиду появления на рынке устройств с более совершенными элементами ПЭМ-3 (пат. РФ №2078738). Серийное производство оригинальных элементов ПЭМ-3 (рис. 4) было организовано на предприятии «Лаборатория электротехнологии» (ООО «ЛЭТ») и действовало в период с 1995 по 2010 годы, то есть, все время работы авторов в этом предприятии.

Расширение диапазона задач и спектра технологических процессов, где электрохимические технологии





Рис. 4. Реактор РПЭ из 96 элементов ПЭМ-3 (МБ-11) обеспечивает производительность по анолиту 5000 литров в час. На фото морские пехотинцы США испытывают мобильную версию реактора с элементами ПЭМ-3 для получения анолита в полевых условиях. Атланта, 1998.

позволяли достигнуть значительных экономических и технических преимуществ, обусловило появление прочных электрохимических модульных элементов ПЭМ-7 (пат. РФ №2176989) и ПЭМ-9 (пат. РФ №3370885). Эти элементы открыли возможность реализации принципиально нового процесса электролиза концентрированного (150–300 г/л) раствора хлорида натрия — ионселективного электролиза с диафрагмой. Впервые в мире дан-

«модуль Бахира» — элемент МБ (рис. 5). Реакторы МБ серийно производились предприятием ООО «ЛЭТ» с разрешения и под руководством авторов до 2010 года.

В начале 2011 года учеными и специалистами Института электрохимических систем и технологий Витольда Бахира (www.vbinstitute.ru) был завершен очередной этап исследовательских работ влияния физико-химических, фильтрационных свойств и конструкционных параметров керамических диафрагм на технологические параметры работы реакторов в различных условиях. Результаты работ послужили основой для создания целого ряда новых конструкций элементов МБ. Производство экспериментальных моделей технических электрохимических систем в виде элементов МБ с диэлектрическими корпусами было организовано авторами на предприятии ДЕЛФИН АКВА (г. Москва) в 2011 году. За весь период опытно-промышленных испытаний (с 2011 по 2014 годы) было произведено более 300 реакторов данного типа, которые прошли апробацию преимущественно в составе установок АКВАХЛОП-М различной производительности (рис. 6 и 7). Главной целью опытно — промышленных испытаний являлось исследование вариантов оптимизации процесса ионселективного

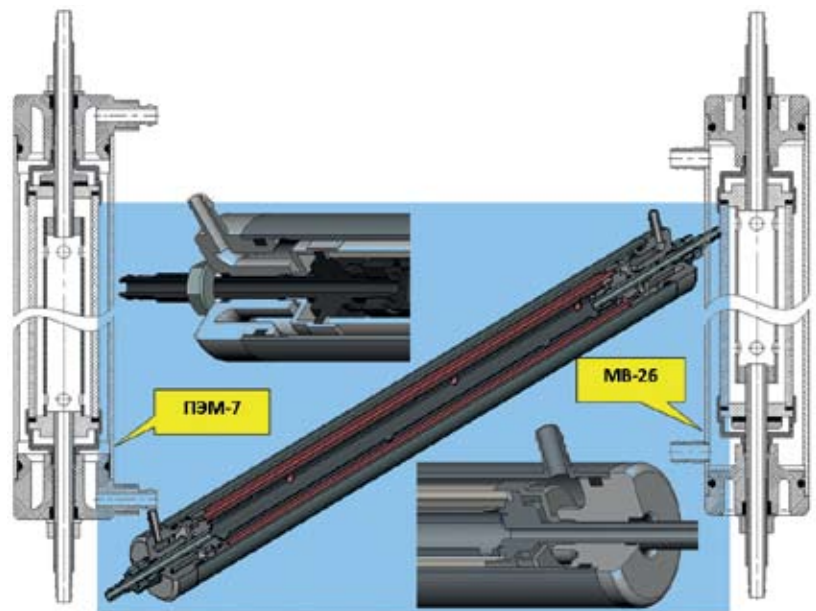


Рис. 5. Проточные модульные электрохимические элементы для ионселективного электролиза с диафрагмой.



Рис. 6. Модульный электрохимический элемент МБ-26Д модель 28600М7П19-03 в диэлектрическом корпусе (2011–2014 гг). Обозначение элемента МБ в соответствии с ТУ 3614-015-77350578-2016.

электролиза с диафрагмой при одновременной работе нескольких отдельных элементов с различающимися фильтрационными и физико-химическими свойствами диафрагм, а также исследование возможности применения модульных электрохимических элементов с диэлектрическим корпусом в качестве систем прямого синтеза концентрированной хлорноватистой кислоты.

В конструкции элементов МБ с диэлектрическим корпусом решена задача самоочистки диафрагмы и катодной камеры в процессе работы. Использование охлаждаемых анодов также позволило повысить производительность реактора, а довольно большой объем анодного пространства элементов создал условия для снижения влажности электролизных газов. Благодаря этим и другим конструктивным новшествам продолжительность непрерывной работы элементов МБ с диэлектрическим корпусом повысилась более, чем в 10 раз. На элементах МБ с диэлектрическим корпусом впервые отработана технология прямого получения хлорноватистой кислоты в диапазоне концентраций от 15 до 20 %. Попытки получить хлорноватистую кислоту с концентрацией выше 5 % на элементах предыдущего поколения (корпус которых является одним из электродов) не увенчались успехом. При сравнительном изучении элементов МБ с диэлектрическим корпусом и корпусом — электродом,

стало понятным, что обязательным условием эффективности ионселективного электролиза с диафрагмой для каждого типа технологического процесса (синтез хлора и каустической соды, получение хлорноватистой кислоты, синтез надсерной кислоты) является оптимальный выбор направления и величины градиентов давления и электрического поля в пористом пространстве диафрагмы. Частым препятствием для реализации оптимального выбора технологических параметров является конструктивная сложность решения задачи.

На рис. 8–10 схематически показаны технологические процессы электролиза раствора хлорида натрия с ионообменной мембраной, использующейся в промышленных электрохимических системах и варианты

ионселективного электролиза с керамической диафрагмой в электрохимических реакторах с диэлектрическим корпусом.

Из рисунков 8–10 очевидны технологические преимущества процессов с использованием керамических диафрагм. Однако, несмотря на достигнутые положи-



Рис. 7. Установки АКВАХЛОР-2000М производительностью по хлору 2 кг в час с модульными электрохимическими элементами МБ-26Д в диэлектрическом корпусе. Установка АКВАХЛОР-2000М содержит 8 элементов МБ-26 модели 28600М1П4-05. Потребляемая электрическая мощность 8,5 кВт, вес 700 кг.



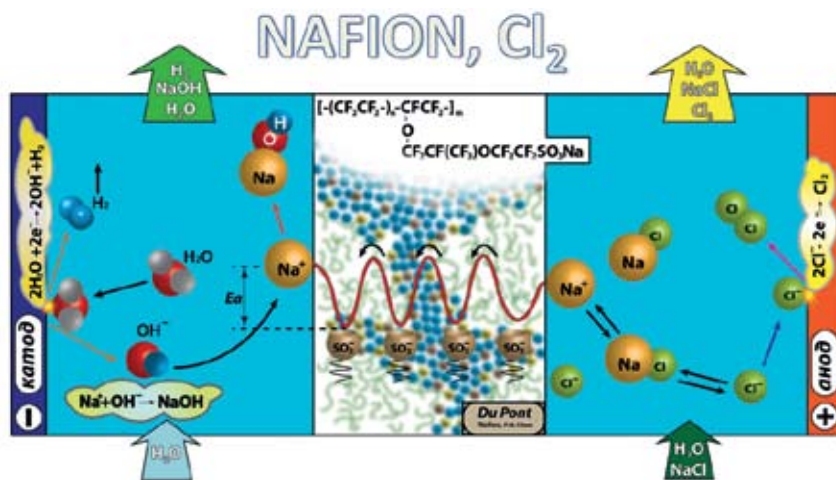


Рис. 8. Параметры процесса переноса заряда через мембрану определяются скоростью электромиграции катионов в полимерном электролите.

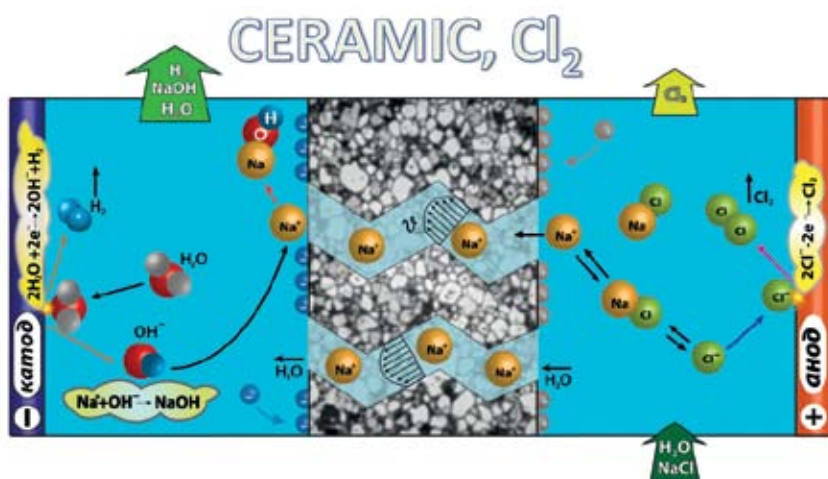


Рис. 9. Параметры процесса переноса заряда через диафрагму определяются скоростью фильтрационного потока раствора электролита пористой среде, представленной инертными оксидами металлов.

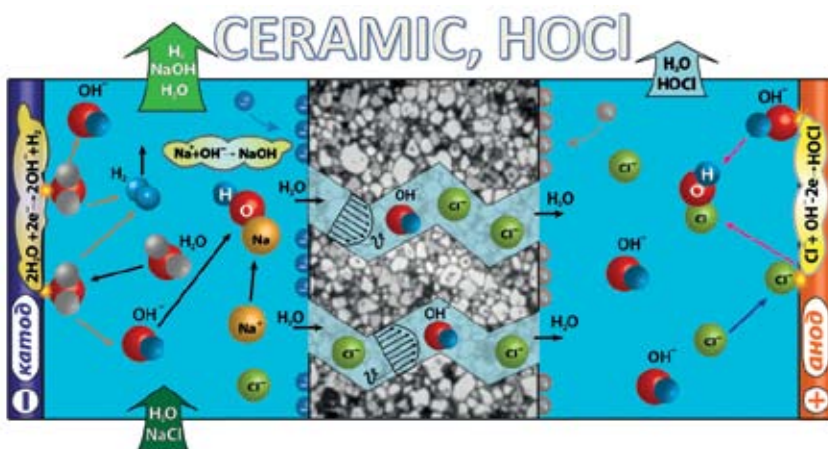


Рис. 10. Керамическая диафрагма с размерами пор от 0,01 до 0,1 мкм превращается в ионселективную МЕМБРАНУ (не только катионактивную, но и анионактивную) под действием суперпозиции поля давления и электрического поля.

тельные результаты в технологии ионселективного электролиза с диафрагмой, которая использовалась как в качестве катионактивной, так и в качестве анионактивной мембраны, препятствием на пути создания электрохимических систем большой производительности являются значительный геометрический объем элементов МБ с диэлектрическим корпусом и сложность их изготовления. Для решения задач бескомпрессионного получения хлора под повышенным давлением, а также для реализации целого ряда других технологических процессов, требуются элементы МБ, способные работать при давлении в анодной камере до 6 бар при перепаде давления на диафрагме до 2,0–2,5 бар. Изготовить элементы МБ с диэлектрическим корпусом, способные работать при таких условиях, задача весьма сложная. Увеличение прочности диэлектрического корпуса приводит к увеличению его габаритов, что не позволяет достигнуть оптимального показателя по съему продукции с единицы площади, занимаемой электрохимической системой. Решение найдено в рамках ранее сделанных изобретений, или, точнее, в рамках секретов технологии, окружающих ранее сделанные изобретения.

Научно-исследовательские работы в области развития и совершенствования технологии ионселективного электролиза с диафрагмой, проводившиеся авторами данной технологии в течение многих лет, позволили разработать в конце 2015 года электрохимические модульные элементы нового поколения, объемная плотность тока в которых намного превышает аналогичные параметры для элементов предшествующих поколений (1000–3000 ампер на литр в элементах МБ нового поколения (2016) против 200–500 ампер на литр в эле-



ментах МБ всех предшествующих поколений). Применение модульных электрохимических элементов нового (2016 года) поколения в существующих установках СТЭЛ, ИЗУМРУД, АКВАХЛОР, ЭКОХЛОР и других позволяет в несколько раз увеличить их производительность при сохранении прежних размеров и веса, а также открывает путь к созданию целого ряда принципиально новых электрохимических систем самого различного назначения.

В 2016 году на предприятиях инновационного промышленного кластера РОСЭЛЕКТРОХИМИНДУСТРИЯ (www.ipk-rechi.ru), созданного для практической реализации возможностей электрохимических технологий [50, 70], организовано производство всех известных типов электрохимических систем (установок, аппаратов, устройств), созданных ранее авторами, специалистами и учеными в области электрохимической активации [50], а также целого ряда принципиально новых технических электрохимических систем. В настоящее время в сфере производства электрохимической техники и продукции с использованием электрохимических систем и технологий работают следующие предприятия и организации: ООО «АКВА-РАУТ» (г. Дубна) — опытное и серийное производство всех типов электрохимических элементов МБ, а также установок АКВАТРОН, ЭКОХЛОР, АКВАХЛОР, СТЭЛ, ИЗУМРУД и других;

ЗАО «Институт электрохимических систем и технологий Витольда Бахира» и ООО «Лаборатория электрохимических систем» (г. Москва) — проектирование и изготовление экспериментальных электрохимических систем по отдельным заказам; ООО «МЕГАТ» (г. Дубна) — разработка и серийное производство источников питания и систем автоматики для установок электрохимического обеззараживания воды и синтеза химических продуктов из водных растворов электролитов (хлора, каустической соды, надсерной кислоты); ООО «ГПК КРАВТ» (г. Калуга) — производство мобильных комплексов (хлораторных, передвижных станций очистки питьевых и сточных вод) снабженных электрохимическими системами производства хлора;

ООО «ФЦГР ЭКОСТРОЙ» (г. Чебоксары) — проектирование, строительство и реконструкция объектов водоснабжения и водоотведения, производство станций очистки сточных вод с электрохимическими системами обеззараживания и очистки воды; ООО «ЛАГУНА» (г. Москва) — изготовление и поставка для плавательных бассейнов оригинальных электрохимических систем очистки воды, совмещенных с фильтрационными системами; ООО «КОМПЛЕКТ-НК» (г. Нижнекамск) — опытное производство систем очистки нефти и нефтепродуктов от серы и серосодержащих соединений на основе комплекса совместно используемых устройств: роторно — пульсационных аппаратов и электрохимических сис-

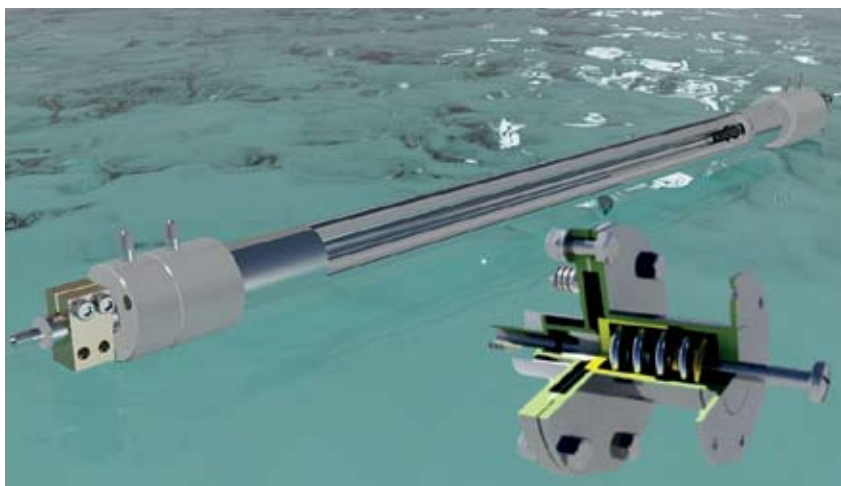
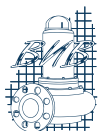


Рис. 11. В 2016 году на предприятии кластера РОСЭЛЕКТРОХИМИНДУСТРИЯ организовано производство электрохимических модульных элементов нового поколения. Производительность по продуктам электролиза новых элементов от 2 до 5 раз выше, чем их предшествующих аналогов. Также организовано производство редукторов влажного хлора, способных работать при давлении на входе до 8 бар.



Рис. 12. Элементы МБ нового поколения позволяют производить электролиз солевого раствора при давлении 6–7 бар.



тем синтеза надсернистой кислоты, каустической соды, пероксида водорода; ООО «АКВАМОДУЛЬ» (г. Волгоград) — разработка и производство модулей опреснения (обратный осмос) морской воды, мощностью от 30 до 300 куб. м/сутки с применением электрохимических систем и технологий предочистки опресняемой воды, обеспечивающих значительное снижение сброса концентрата и увеличивающих срок службы мембран, а также безреагентных электрохимических технологий и систем для обеззараживания опресненной воды, подаваемой потребителям.

В сфере проектирования, исследований, разработки новых технологий на основе использования электрохимических систем, а также в сфере защиты создаваемой интеллектуальной собственности работают следующие предприятия инновационного промышленного кластера РОСЭЛЕКТРОХИМИИДУСТРИЯ:

ООО «КВАЛИТЭК» (г. Казань) — научно-исследовательские работы по модернизации технологических процессов нефтехимического синтеза (пиролиз прямогонного бензина с целью получения этилена, пропилена, дивинила, бензола) с использованием техники и технологии электрохимической активации воды и органических жидкостей; ТОО «ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ» (г. Алма-Ата) — исследование и разработка с последующим внедрением технологических процессов подземного скважинного выщелачивания урана разбавленными растворами надсернистой кислоты, синтезированной в электрохимических установках АКВАТРОН и ОКСИТРОН; ФГБНУ «ВНИИ ВЕТЕРИНАРНОЙ САНИТАРИИ, ГИГИЕНЫ И ЭКОЛОГИИ» (г. Москва) — практические исследования и разработка технологий использования экологически чистых электрохимически активированных дезинфицирующих растворов для обработки животноводческих помещений, транспортных средств для перевозки скота и птицы, санитарных пропускников, сибиреязвенных захоронений; МУП «ЭНГЕЛЬС-ВОДОКАНАЛ» (г. Энгельс) — испытания новых пилотных образцов электрохимического оборудования, промышленная эксплуатация установок АКВАХЛОР, обучение персонала предприятий ЖКХ технологиям водоочистки с использованием нового электрохимического оборудования; ООО «Национальный центр «Хлорбезопасность» (г. Москва) — анализ, разработка и проектирование промышленных процессов ионселективного электролиза с диафрагмой на основе высокопроизводительных установок ЭКОХЛОР с универсальными модульными электрохимическими элементами МБ для получения хлора, соляной кислоты, каустической соды на месте использования; АО «ВЕДУЩИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ» — АО «ВНИИХТ» (г. Москва) — опытно-промышленные испытания и внедрение новых технологических процессов извлечения методом кучного и скважинного выщелачивания урана, золота, редкоземельных элементов с помощью синтезируемых на месте применения

электрохимически активированных растворов концентрированной надсернистой кислоты, концентрированной хлорноватистой кислоты, пероксида водорода; использование методов электрохимического синтеза реагентов в совершенствовании процессов гидрометаллургической переработки урановых руд и концентратов, в технологиях очистки сточных вод от радиоактивных компонентов; Московский Государственный Университет Печати им. Ивана Федорова (г. Москва) — реализация проектов по коммерциализации технологий разработки и изготовления элементов устройств органической электроники и фотоники (гибкой электроники), разработка новых технологий производства устройств органической электроники и фотоники с использованием электрохимически активированных растворов; НП «Корпорация РНИИС» (г. Москва) — научно-методическое и практическое обеспечение коммерциализации интеллектуальной собственности участников инновационного промышленного кластера РОСЭЛЕКТРОХИМИИДУСТРИЯ.

Основной задачей кластера РОСЭЛЕКТРОХИМИИДУСТРИЯ является разработка и организация выпуска высокопроизводительных и безопасных в эксплуатации технических устройств и систем на основе унифицированного ряда электрохимических модулей для промышленного производства на местах потребления важнейших продуктов химической промышленности (хлора, каустической соды, надсернистой кислоты, пероксида водорода), а также для безреагентного регулирования физико-химических свойств воды и водных растворов в различных технологических процессах, в том числе, для высокоэффективной очистки и обеззараживания воды.

Актуальность деятельности кластера РОСЭЛЕКТРОХИМИИДУСТРИЯ связана с решением задачи импортозамещения таких продуктов химической промышленности, как надсернистая, надуксусная, метафосфорная кислоты, концентрированный пероксид водорода высокой чистоты, хлор, диоксид хлора, каустическая сода, едкое кали, карбонат калия (поташ), соляная и хлорная кислоты и других, с одновременным исключением необходимости перевозки и хранения опасных веществ за счет организации их производства из простых и безопасных исходных веществ непосредственно в местах потребления в любом необходимом количестве с минимальными затратами энергии, времени и при гарантированной безопасности производства. Другим важным аспектом деятельности предприятий кластера является организация серийного производства электрохимических установок для высококачественной очистки и обеззараживания питьевой воды, сточных вод, воды плавательных бассейнов различной производительности — от нескольких литров в час до нескольких тысяч кубометров в сутки, — предназначенных для использования как на крупных водоочистительных станциях, так и для отдельных коттеджей и квартир. К основным областям деятельности предприятий-производителей



кластера также относится организация серийного производства электрохимических установок для синтеза из простых и доступных исходных компонентов (вода, соль, пищевая сода и других) высокоэффективных, универсальных по спектру антимикробной активности, экологически чистых моющих, дезинфицирующих, стерилизующих и лечебных растворов: АНОЛИТА АНК, АНОЛИТА АНК СУПЕР, АНОЛИТА ПЕРОКС и их новых модификаций. Технологические аспекты использования подобных растворов в различных областях — медицине, пищевой промышленности, сельском хозяйстве, медицине катастроф хорошо известны и подтверждены многими официальными документами, в том числе, регистрационными удостоверениями Роспотребнадзора, фармстатьями СССР и РФ.

Процессы безреагентного преобразования воды и водных растворов, получения различных веществ на месте применения проводятся в электрохимических установках, важнейшей частью которых является электрохимический реактор, состоящий из универсальных компактных модульных элементов МБ. От момента изобретения элементов этого типа (1989 год) за двадцать пять лет различными предприятиями в мире изготовлено более двух миллионов модульных элементов, как оригинальных (около полутора миллионов), так и их копий (более пятисот тысяч). Электрохимические элементы МБ различных типоразмеров преимущественно используются в установках АКВАХЛОР, СТЭЛ, ИЗУМРУД и их аналогах.

Появление электрохимических модульных элементов МБ нового типа (ТУ 3614-015-77350578-2016, сертификат соответствия ГОСТ Р №1964392), позволило кардинально расширить технические и технологические возможности промышленного электрохимического оборудования и бытовых электрохимических систем. Установки для электрохимического преобразования воды и водных растворов электролитов, а также электрохимические системы для промышленного производства различных химических продуктов на местах применения, оснащенные новыми электрохимическими модульными элементами МБ, с января 2016 года имеют общее название УСТАНОВКИ АКВАТРОН (ТУ 3614-017-77350578-2016, сертификат соответствия ГОСТ Р №1964393) и, в зависимости от модели и модификации (исполнения), соответствующих известным названиям ранее созданных этими же авторами установок [50], позволяют решать разнообразные задачи обеспечения потребителей нужными продуктами и услугами во всем спектре указанных выше задач кластера РОСЭЛЕКТРОХИМИНДУСТРИЯ. Разработка и серийное производство новых видов продукции для расширившегося диапазона областей использования обусловили необходимость создания системы классификации электрохимических установок АКВАТРОН.

Поскольку все технические электрохимические системы (все электрохимические установки), в которых

электрохимический реактор представлен элементами МБ, предназначены для преобразования физико-химических свойств воды и различных технологических водных растворов, а также для получения продуктов электрохимического синтеза — водорода, кислорода, хлора, щелочей, кислот и надкислот, то эти установки имеют собирательное название АКВАТРОН. Гносеологические корни данного названия проистекают из функционально-стилистической характеристики сферы применения изделий, то есть, АКВАТРОН — устройство, которое безреагентным способом управляет какими-либо свойствами воды или любой водной среды — раствора, эмульсии, суспензии. Учитывая множественность технических и технологических решений, используемых в созданных и находящихся в стадии разработки электрохимических систем различного назначения для разнообразных областей применения, они были разделены на классы установок АКВАТРОН. Классы установок АКВАТРОН характеризуются двузначным числом после основного наименования.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРОДУКЦИИ КЛАСТЕРА РОСЭЛЕКТРОХИМИНДУСТРИЯ

ИЗУМРУД (АКВАТРОН-01) — класс установок для очистки пресной питьевой воды, технологическая схема очистки воды в которых основана на прямом электрохимическом воздействии на очищаемую воду в диафрагменных модульных электрохимических элементах МБ. Отличительная особенность 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 150 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. Применение электрохимических элементов МБ нового типа, изготовленных в соответствии с ТУ 3614-015-77350578-2016, позволяет увеличить эффективность очистки воды на 30–50 % и обеспечить создание установок ИЗУМРУД (АКВАТРОН-01) с расширенным диапазоном производительности — от 10 до 500 литров в час против 40–60 литров в час в известных моделях. Также в установках ИЗУМРУД (АКВАТРОН-01), снабженных электрохимическими элементами МБ с высокой объемной плотностью тока обеспечивается более глубокая степень очистки воды от антибиотиков, антидепрессантов, гормонов, пестицидов и других органических соединений, которые не поддаются разрушению и удалению в существующих муниципальных системах очистки питьевой воды.



В классе установок АКВАТРОН-01 наиболее представительным является семейство бытовых установок ИЗУМУРУД различных моделей, отличающихся технологическими схемами очистки воды, производительностью, наличием различных вспомогательных систем (модификации). Впервые установки ИЗУМУРУД на российском рынке появились в 1991 году, их производство было организовано на советско-британском предприятии ЭМЕРАЛЬД (ИЗУМУРУД). Установки ИЗУМУРУД обычно монтируются в городских квартирах вблизи линий напорного хозяйственно-питьевого водоснабжения, преимущественно на кухне, над или под раковиной. Дренажная линия этих установок соединяется с общим патрубком канализации или отводится в раковину.

Другая группа установок данного класса представлена куллерами под общим названием ИЗУМУРУД-РЕДОКС. Эти установки обеспечивают защиту воды в емкостях куллеров от микробиологического заражения, а также придают воде антиоксидантные свойства (понижают окислительно-восстановительный потенциал) непосредственно в процессе наполнения стаканов холодной или горячей водой. Используются в домашних условиях и офисах с относительно небольшой потребностью в чистой питьевой воде.

Третья группа установок — ИЗУМУРУД-РЕДОКС-М — представлена диспенсерами, которые подключаются к линии питьевого напорного водоснабжения и предназначены для обеспечения чистой антиоксидантной питьевой водой детских садов, школ, больниц, отелей и других объектов с достаточно высоким потреблением питьевой воды.

АКВАТРОН-02 — новый класс установок для очистки пресной воды из скважин или поверхностных водоисточников от железа, марганца, органических примесей, в том числе от микроорганизмов и микробных токсинов, путем введения в очищаемую воду свежеполученного раствора оксидантов — продуктов анодного окисления воды или водно-солевого раствора с последующей фильтрацией воды через кварцевую загрузку для эффективной гетерофазной каталитической очистки. Установки данного типа используются для очистки воды в коттеджах и небольших поселках с часовым водопотреблением от 500 до 50000 литров в час.

Группы сходных по технологической схеме установок данного класса отличаются способом получения и способом введения растворов оксидантов, а также собственно технологической схемой очистки воды — двухступенчатой (с накопительной емкостью и постоянными параметрами работы системы дозирования оксидантов) и одноступенчатой (без накопительной емкости и вводом раствора оксидантов со скоростью, пропорциональной расходу воды).

УСТАНОВКИ СТЭЛ (АКВАТРОН-05) — класс установок для электрохимического синтеза анолита АНК. Анолит АНК — универсальный экологически чистый antimicrobial раствор широкого спектра действия и применение,

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. Установки СТЭЛ производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2033807, 2038322, 2076847, 2088539, 2155719, 2207983, 2208589, 2322397, 2321681, 2350692.

К данному классу относятся установки СТЭЛ-10Н-120-01, СТЭЛ-60-03-АНК которые предназначены для получения анолита АНК с общей минерализацией до 5 г/л при концентрации оксидантов 500 мг/л. Время сохранения функциональной активности анолита АНК, производимого этими установками не превышает 5 дней.

Другое семейство установок представлено модификациями установки СТЭЛ-АНК-ПРО. Установки данного типа позволяют получать анолит АНК с минерализацией 1,0–1,2 грамма в 1 литре при концентрации оксидантов 500 мг/л. Время сохранения функциональных свойств такого анолита АНК составляет 30 дней при значительно меньшей коррозионной активности в сравнении с анолитом АНК из установок предшествующей группы.

Третья группа установок СТЭЛ имеет название СТЭЛ-АНК-СУПЕР и позволяет обеспечить синтез анолита АНК СУПЕР, общая минерализация которого не превышает 0,9 граммов в 1 литре при концентрации оксидантов 500 мг/л. Это позволяет увеличить срок сохранения функциональных свойств анолита АНК СУПЕР до 6 месяцев, а также дополнительно уменьшить коррозионную активность анолита.

В 2016 году началась разработка новой группы установок, позволяющих снизить общую минерализацию анолита АНК СУПЕР до 0,5 граммов в 1 литре при концентрации оксидантов, также равной 0,5 граммов в 1 литре. Это позволит достигнуть еще большего времени сохранения функциональных свойств анолита при более значительном снижении его коррозионной активности.

Применение в установках СТЭЛ (АКВАТРОН-05) электрохимических модульных элементов с повышенной объемной плотностью тока (серийное производство с 2016 года) позволяет увеличить производительность по анолиту АНК, анолиту АНК СУПЕР в пять раз при сохранении прежних габаритов установок и прежнего энергопотребления. Также в отличие от предшествующих систем аналогичного назначения, установки класса СТЭЛ (АКВАТРОН-05), которые производятся с 2016 года, могут работать не только от напорных источников воды, но также превращать в раствор (в анолит АНК или анолит АНК СУПЕР) любую пресную воду (от дистиллированной до обычной питьевой) в емкости любого объема (от 10 до 10000 литров и более) с крейсерской (обозначенной в паспорте) производительностью



по оксидантам, что позволяет поднять концентрацию оксидантов в емкости до 5000 мг/л (5 г/л) вместо предельного максимального значения для всех установок типа СТЭЛ на сегодняшний день — 500 мг/л (0,5 г/л). Новая технология получения анолитов АНК и анолитов АНК СУПЕР позволяет реализовать целый ряд новых возможностей применения растворов, в том числе, для нужд армии и флота.

СТЭЛ ПЕРОКС (АКВАТРОН-10) — класс установок для электрохимического синтеза анолита ПЕРОКС. Анолит ПЕРОКС — 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 чистый продукт, не обладает коррозионной активностью, имеет ярко выраженные антимикробные свойства. Общая минерализация анолита ПЕРОКС не превышает 0,6 г/л. Установки СТЭЛ-ПЕРОКС (АКВАТРОН-10) производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2329335, 2329197.

Класс установок АКВАТРОН-10 представлен группой установок СТЭЛ-ПЕРОКС, которые помимо анолита ПЕРОКС производят электрохимически активированный католит с общей минерализацией, не превышающей 1 г/л. Этот католит обладает выраженными моющими свойствами, превышающими аналогичные показатели для растворов детергентов. Католит подобного типа имеет условное обозначение К-001, где трехзначное число соответствует ориентировочной концентрации гидроксида щелочного металла в граммах на литр (г/л).

В 2016 году началась разработка новой модели установок АКВАТРОН-10 на основе электрохимических элементов с повышенной объемной плотностью тока, что позволит получить устойчивые во времени растворы надугольных кислот с повышенными концентрациями активно действующих веществ. Это даст возможность широкого применения уникального и самого экологически чистого антимикробного раствора в самых различных областях: в медицине, на воздушном, железнодорожном и водном транспорте, в пищевой промышленности и военном деле.

СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ (АКВАТРОН-15) — класс установок для электрохимического синтеза электрохимически активированных анолита и католита из пресной воды и растворов различных электролитов. Общее содержание растворенных веществ в синтезированных электрохимически активированных растворах (анолите и католите), как правило, не превышает 1,0 г/л. Установки АКВАТРОН-15 производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2204530, 2148027, 2157793.

Класс установок АКВАТРОН-15 представлен модельным рядом установок СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ, отличающихся производительностью и некоторыми особенностями принципиальной гидравлической схемы. 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.

Другая группа установок того же назначения представлена установками с реакторами из электрохимических элементов с повышенной объемной плотностью тока, что позволит расширить диапазон продуктов за счет включения в качестве исходных таких веществ, как карбоновые кислоты, четвертичные аммониевые соединения, а также решить задачу очистки нефтепродуктов и сырой нефти от серы путем прямого электрохимического воздействия в протоке.

АКВАХЛОР (АКВАТРОН-20) — класс установок для преобразования раствора хлорида натрия в раствор оксидантов, используемый в процессах обеззараживания и очистки воды, и концентрированный электрохимически активированный раствор каустической соды (католит К-190, т. е. с концентрацией гидроксида натрия 190 г/л), при степени преобразования солевого раствора выше 99,5%. Установки АКВАТРОН-20 производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2088693, 2270885, 2176989, 2350692, США — 7,897,023.

Данный класс технических электрохимических систем представлен установками АКВАХЛОР и АКВАХЛОР-М. Верхняя граница диапазона производительности единичной установки ограничена значением 500 граммов в час.

Применение в новых моделях установок АКВАТРОН-20 электрохимических элементов с высокой объемной плотностью тока позволит увеличить производительность по конечным продуктам в три раза при сохранении прежнего энергопотребления и габаритов установок (рис. 13, 14).

ЗКОХЛОР (АКВАТРОН-25) — класс установок для электрохимического синтеза газообразного хлора и концентрированного раствора каустической соды. Установки АКВАТРОН-25 — 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.

Технологические схемы процессов электрохимического синтеза в установках АКВАТРОН-20 и АКВАТРОН-25 отличаются системами на выходе хлора из анодного контура, где давление может быть в пределах от 1 до 6 атм. В установках АКВАТРОН-25 в отличие от установок класса АКВАТРОН-20 требуются устройства для подогрева хлора перед стабилизатором давления и системы извлечения влаги перед подачей потребителям. Установки АКВАТРОН-25 производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2270885, 2350692.

Класс электрохимических систем АКВАТРОН-25 до 2016 года был представлен модельным рядом уста-



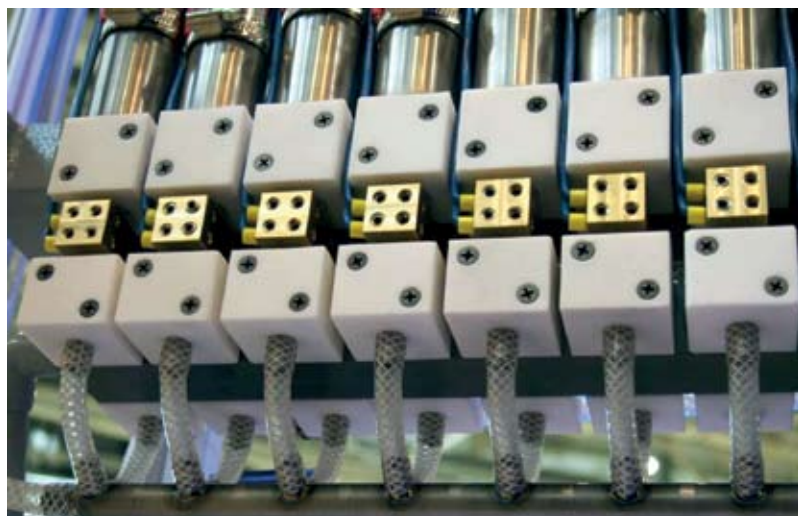


Рис. 13. Установка для электрохимического синтеза хлора на месте использования Аквахлор-3000:

Производительность по хлору 3 кг/час;
 Производительность по каустической соде..... 3,4 кг/час;
 Выход католита (18% водный раствор NaOH)..... 19 л/час;
 Потребляемая электрическая мощность..... 10 кВт;
 Номинальные параметры работы источника питания:
 Сила тока — 2400 А;
 Напряжение — 4,4 В;
 Габаритные размеры установки (ВхШхГ) 1750х600х400 мм;
 Вес:..... 95 кг.
 Расход соли (хлорида натрия) 5,4 кг/час;
 Расход соли в растворе (270–300 г/л) 20–18 л/час;
 Обеспечивает обеззараживание до 72000 м³ воды в сутки.

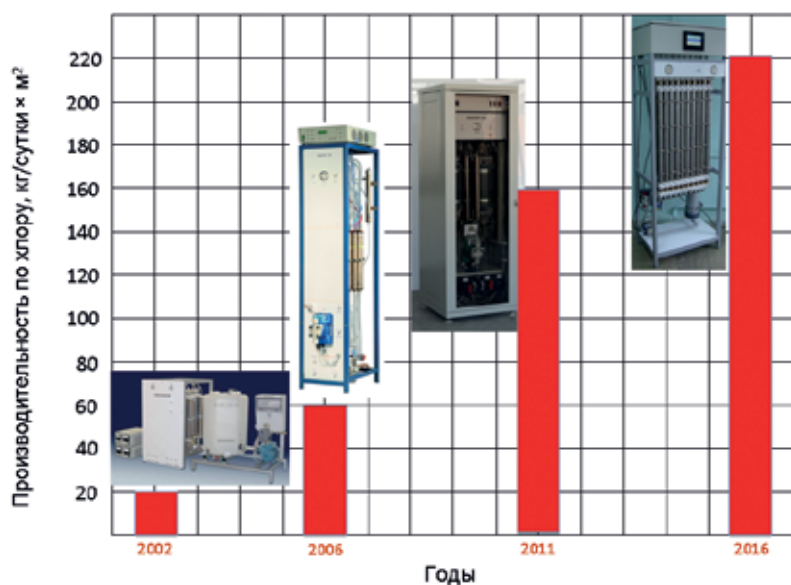


Рис. 14. Производительность установок АКВАХЛОР, отнесенная к занятой ими площади пола.

новок ЭКОХЛОР с максимальной производительностью по хлору 500 граммов в час. Применение в установках ЭКОХЛОР электрохимических элементов с высокой объемной плотностью тока позволяет увеличить производительность этих установок по хлору и каустической соде в три раза при сохранении прежнего энергопотребления (за счет уменьшения напряжения на электрохимических модульных элементах) и при неизменных габаритных размерах установки, а также создать модульные установки ЭКОХЛОР единичной производительностью по хлору до 10 кг в час.

АКВАТРОН-30 — класс установок для синтеза высокоочищенного раствора гипохлорита



натрия — компактные модульные устройства, генерирующие электрохимически активированный концентрированный раствор гипохлорита натрия с минимальным содержанием балластных веществ, т. е. хлорида и гидроксида натрия, а также хлората натрия. Степень использования хлорида натрия в процессе преобразования исходного раствора достигает 95 %. Установки АКВАТРОН-30 производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2157793, 2148027, 2145940.

ОКСИТРОН-М (АКВАТРОН-35) — класс установок 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. Установки АКВАТРОН-35 производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2079575, 2270885, 2350692. Данный класс представлен установками ОКСИТРОН-М, максимальная производительность которых не превышает 100 литров активированной соляной кислоты в час. Применение новых технологических решений синтеза, связанных с применением модульных электрохимических элементов нового поколения, позволит достигнуть производительности единичной модульной установки ОКСИТРОН-К до 1000 литров активированной соляной кислоты в час.

ОКСИТРОН-К (АКВАТРОН-40) — класс установок для синтеза соляной кислоты из хлора и водорода — уникальные установки, не имеющие аналогов в мире. Процесс синтеза соляной кислоты не требует предварительной глубокой очистки исходного раствора хлорида натрия, а также удаления влаги из водорода и хлора перед подачей в реакционную камеру. Безопасность процесса гарантирована новым принципом подачи газов в реакционную камеру. Установки АКВАТРОН-40 производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2176989, 2079575, 2270885, 2350692.

Данный класс представлен установками ОКСИТРОН-К, максимальная производительность которых не превышает 50 граммов хлористого водорода в час. Применение новых технологических решений синтеза, связанных с применением модульных электрохимических элементов нового поколения, позволит достигнуть производительности единичной модульной установки ОКСИТРОН-К до 10 килограммов хлористого водорода в час.

РОСТОК (АКВАТРОН-45) — класс установок для получения раствора электрохимически активированных азотных и фосфорных удобрений в воде орошения без изменения ее минерализации. В установках АКВАТРОН-45 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. Технологический процесс синтеза нитратов и фосфатов в воде орошения позволяет создавать условия для питания растений избирательно указанными удобрениями, выбирая их оптимальные концентрации, соответствующие фазам развития растений. Установки АКВАТРОН-45 производятся в соответствии с патентами РФ №№ 2063932, 2079575, 2207982.

Данный класс представлен установками РОСТОК производительностью от 30 до 500 литров в час по воде орошения с растворенными минеральными удобрениями в виде фосфатов и нитратов щелочных и щелочноземельных металлов в концентрации от 0,01 до 1,3 мг/л. Использование в технологической схеме установок РОСТОК элементов МБ нового поколения позволит увеличить производительность единичной модульной установки РОСТОК до 5000 литров в час.

АКВАТРОН-50 — класс установок для получения четырех видов продуктов — в зависимости от необходимости: кислого раствора оксидантов, производимого установками АКВАТРОН-20 (АКВАХЛОП), анолита АНК СУПЕР, производимого установками АКВАТРОН-05 (СТЭЛ-АНК-СУПЕР), раствора гипохлорита натрия, производимого установками АКВАТРОН-30, влажного газообразного хлора, производимого установками АКВАТРОН-25 (ЭКОХЛОП), раствора гидроксида натрия концентрацией до 20 %.

Класс установок АКВАТРОН-50 представлен установками ОКСИТРОН-УНИВЕРСАЛ, предназначенными для армии и МЧС.

АКВАТРОН-55 — класс установок для производства раствора хлорноватистой кислоты концентрацией от 5 до 30 % из раствора хлорида натрия. Экспериментальные модели.

АКВАТРОН-60 — класс установок для синтеза надсерной кислоты из концентрированного раствора серной кислоты. Экспериментальные модели.

БАЗЕКС (АКВАТРОН-65) — класс установок для регулирования окислительно-восстановительного потенциала растворов для гемодиализа с целью обеспечения достижения биосовместимости диализирующего раствора по окислительно-восстановительному равновесию.

Данный класс представлен двумя моделями аппарата БАЗЕКС производительностью 5 и 25 литров в час по очищенной воде для гемодиализа с окислительно-восстановительным потенциалом в диапазоне от — 300 до — 500 мВ. Экспериментальные модели.

ЭНДОСТЕРИЛ (АКВАТРОН-70) — класс установок для стерилизации эндоскопической медицинской техники электрохимически активированными растворами.

Данный класс представлен установкой ЭНДОСТЕРИЛ, где дезинфекция, предстерилизационная очистка и стерилизация эндоскопа осуществляется в автоматическом режиме с использованием электрохимически активированных низкоконцентрированных анолита и католита, полученных из сильноразбавленного водно-солевого раствора.



В разработке находится экспериментальная установка АКВАТРОН-70-ПЕРОКС, где в качестве моющего и стерилизующего раствора используется анолит ПЕРОКС.

КРИСТАЛЛ-С (АКВАТРОН-75) — класс установок для очистки концентрированных растворов хлорида натрия от солей жесткости.

Данный класс представлен экспериментальной моделью установки КРИСТАЛЛ-С, которая подготавливается к постановке на производство в 2016 году.

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, Великобритании GB.2253860, свидетельствами на полезную модель РФ 20513, 20514.

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., Дадзиани 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, ч. 2, с. 657.
12. *Мамаджанов У.Д., Бахир В.М., Шамсутдинова В.Н., Бахир Т.М.*, Способ обработки бурового раствора // Авторское свидетельство СССР № 929682, 22.04.1974.
13. *Мамаджанов У.Д., Бахир В.М., Александров А.А., Задорожний Ю.Г., Соколов Ю.Н., Сорокин Л.А.*, Устройство для регулирования параметров бурового раствора // Авторское свидетельство СССР № 746082, 11.02.1976.
14. *Мамаджанов У.Д., Сорокин Л.А., Бахир В.М., Соколов Ю.Н., Задорожний Ю.Г.*, Устройство для регулирования параметров бурового раствора // Авторское свидетельство СССР № 895152, 01.09.1976.
15. *Мамаджанов У.Д., Гаврилов Е.Г., Алимджанов Х.А., Бахир В.М., Александров А.А., Сорокин Л.А., Соколов Ю.Н., Задорожний Ю.Г.*, Способ приготовления бурового раствора // Авторское свидетельство СССР № 619500, 19.01.1977.
16. *Соколов Ю.Н., Бахир В.М., Мамаджанов У.Д., Александров А.А., Хашимов М.А., Александров В.А., Задорожний Ю.Г., Газиев Д.Ш., Копач А.А.*, Устройство для электрообработки воды // Авторское свидетельство СССР № 691419, 11.07.1977.
17. *Мамаджанов У.Д., Бахир В.М., Александров А.А., Соколов Ю.Н., Задорожний Ю.Г., Ризаев Г.С., Бахир Т.М., Александров В.А.*, Способ обработки бурового раствора // Авторское свидетельство СССР № 716321, 11.07.1977.
18. *Мамаджанов У.Д., Сорокин Л.А., Бахир В.М., Соколов Ю.Н., Александров А.А.*, Устройство для разрушения пены // Авторское свидетельство СССР № 835169, 06.10.1977.
19. *Наджимитдинов А.Х., Бахир В.М., Александров А.А., Соколов Ю.Н., Задорожний Ю.Г., Александров В.А.*, Устройство для опреснения воды // Авторское свидетельство СССР № 713140, 21.11.1977.
20. *Соколов Ю.Н., Бахир В.М., Александров А.А., Задорожний Ю.Г., Бахир Т.М., Александров В.А., Мошнягер Я.И.*, Устройство для очистки бурового раствора // Авторское свидетельство СССР № 662688, 22.02.1978.
21. *Мамаджанов У.Д., Бахир В.М., Алехин С.А., Задорожний Ю.Г., Бахир Т.М.*, Способ обработки бурового раствора и устройство для его осуществления // Авторское свидетельство СССР № 904364, 22.03.1979.
22. *Мамаджанов У.Д., Бахир В.М., Дергач Г.И.*, Магнитоэлектрические свойства буровых растворов и их использование для повышения эффективности бурения, М., ВНИИЭГАЗПРОМ, 1975, с. 39.



23. Бахир В. М., Задорожний Ю. Г., Александров В. А., Ризаев Г. С., Некоторые вопросы электрообработки буровых растворов // Тезисы докладов на II Республ. конф. молодых ученых и специалистов по технологии добычи и транспорта газа, Ташкент, Фан, 1977.
24. Алехин С. А., Бахир В. М., Джанмамедов Ш. Х., Мариампольский Н. А., Рубан А. А., Опыт использования методов электрохимической активации бурового раствора // Бурение газовых и морских нефтяных скважин. Реф. сб., М., ВНИИЭГАЗПРОМ, 1981, вып. 3.
25. Мамаджанов У. Д., Минувшие годы, тернистые пути, Ташкент, Kvinta Print, 2012, с. 88.
26. Мамаджанов У. Д., Сайидов У. Х., Активация веществ, Ташкент, Tafakkur Bo'stoni, 2015, с. 232.
27. Латышев В. М., Неожиданная вода // Изобретатель и рационализатор, № 9, 1981.
28. Егоров Ю. Н., Академик Вахидов: активированная вода перспективна // Изобретатель и рационализатор, № 9, 1981.
29. Евсеев Е., Эти активированные жидкости // Техника и наука, № 11, 12, 1981, № 1, 1982, № 12, 1984.
30. Новоградский Е. Е., «Живая вода и мертвая» — что за сенсацией? // Литературная газета № 37 (5051), 11.09.1985, с. 12.
31. Латышев В. М., Куда течешь, «неожиданная вода»? // Изобретатель и рационализатор, 1985, № 2, 5.
32. Онацкая А. А., Музалевская Н. И., Активированная вода // В кн. Химия — традиционная и парадоксальная, Л., ЛГУ, 1985, с. 88–114.
33. Гладков В., Морозов Н., Реут В., Водная феерия // Правда, № 189 (24446), 8.07.1985.
34. Мамаджанов У. Д., Алехин С. А., Гуревич Л. Е., Юмашев А. П., Гончаров П. В., Кузнецов Э. Б., Бахир В. М., Устройство для электрообработки бурового раствора // Авторское свидетельство СССР № 1021210, 11.12.1980.
35. Мамаджанов У. Д., Кузнецов Э. Б., Бахир В. М., Бузов А. А., Спектор Л. Е., Клименко В. И., Устройство для обработки бурового раствора // Авторское свидетельство СССР № 1134697, 22.03.1982.
36. Спектор Л. Е., Кирпичников П. А., Бахир В. М., Ликумович А. Г., Кузнецов Э. Б., Фридман Б. С., Мамаджанов У. Д., Устройство для электрической обработки жидкости // Авторское свидетельство СССР № 1100770, 31.05.1982.
37. Спектор Л. Е., Ликумович А. Г., Бахир В. М., Кузнецов Э. Б., Мамаджанов У. Д., Гамер П. У., Задорожний Ю. Г., Устройство для обработки бурового раствора // Авторское свидетельство СССР № 1090049, 06.10.1982.
38. Бахир В. М., Спектор Л. Е., Латышев Ю. В., Задорожний Ю. Г., Мамаджанов У. Д., Мирзакаримова Г. Р., Кирпичников П. А., Ликумович А. Г., Бахир Т. М., Переносное устройство для электрообработки жидкости // Авторское свидетельство СССР № 1215306, 08.12.1982.
39. Бахир В. М., Спектор Л. Е., Задорожний Ю. Г., Лысенко Н. М., Рудинский Я. А., Устройство для электрохимической обработки жидкости // Авторское свидетельство СССР № 1719316, 17.10.1986.
40. Задорожний Ю. Г., Бахир В. М., Спектор Л. Е., Беликов В. С., Лысенко Н. М., Подколзин А. А., Дмитриев Н. Н., Штефан В. Н., Грачев Ю. А., Устройство для электрохимической обработки жидкости // Авторское свидетельство СССР № 1634643, 02.12.1986.
41. Спектор Л. Е., Бахир В. М., Задорожний Ю. Г., Устройство для униполярной электрообработки жидкости // Авторское свидетельство СССР № 1476806, 05.03.1987.
42. Спектор Л. Е., Бахир В. М., Задорожний Ю. Г., Штефан В. Н., Устройство для униполярной обработки жидкости // Авторское свидетельство СССР № 1476807, 05.03.1987.
43. Машков О. А., Балдин В. П., Крылов К. П., Здвигков Ю. В., Прилуцкий В. И., Задорожний Ю. Г., Штерн К. М., Бахир В. М., Устройство для сорбции токсических веществ из биологических жидкостей // Авторское свидетельство СССР № 1680209, 29.03.1988.
44. Бахир В. М., Задорожний Ю. Г., Леонов Б. И., Машков О. А., Перловский Р. Ш., Прилуцкий В. И., Пулавский А. М., Рыжнев В. Ю., Штерн К. Л., Способ очистки диализных мембран // Авторское свидетельство СССР № 1707823, 13.09.1988.
45. Пулавский А. М., Бахир В. М., Рыжнев В. Ю., Бялко М. В., Задорожний Ю. Г., Штерн К. Л., Устройство для электрохимической обработки жидкостей // Авторское свидетельство СССР № 1679746, 26.12.1988.
46. Пулавский А. М., Бахир В. М., Рыжнев В. Ю., Бялко М. В., Задорожний Ю. Г., Штерн К. Л., Способ стирки белья и устройство для его осуществления // Авторское свидетельство СССР № 1687684, 26.12.1988.
47. Акимов Ю. П., Беликов В. С., Давыдов А. А., Бахир В. М., Электроактиватор бытовой. Свидетельство на промышленный образец № 26926, 05.04.1988.
48. Бахир В. М., Веденков В. Г., Лир И. Л., Леонов Б. И., Пулавский А. М., Рыжнев В. Ю., Способ получения моющего и стерилизующего растворов для очистки и подготовки биофильтров к повторному использованию // Авторское свидетельство СССР № 2033807, 19.04.1990.
49. Леонов Б. И., Машков О. А., Веденков В. Г., Прилуцкий В. И., Оверченко А. В., Задорожний Ю. Г., Лир И. Л., Найда Н. Н., Бахир В. М., Устройство для гемодиализа // Авторское свидетельство СССР № 2032426, 06.07.1990.
50. Бахир В. М., Электрохимическая активация: изобретения, техника, технология, М., Вива-Пресс, 2014, с. 514.
51. Реактор электрохимический 23.3.0061.00.00. (СТП 21.5-19-31). Полный комплект технических документов, М., ВНИИИМТ, 1989.
52. Бахир В. М., Лабораторный электрохимический диафрагменный проточный реактор РПЭ-1. Руководство по эксплуатации, М., ФМПК ГВЦ Госкомстата СССР, 1990, с. 35.
53. Бахир В. М., Задорожний Ю. Г., Электрохимические реакторы РПЭ, М., Гиперокс, 1991, с. 35.
54. Bakhir V. M., Zadorozhny Y. G., The electrochemical treatment of water and a device for electrochemically treating water // UK Patent 2253860 B, 12.03.1991.
55. Bakhir V. M., Zadorozhny Y. G., An electrolytic method of drinking water purification // UK Patent 2257982 B, 24.07.1991.
56. Бахир В. М., Задорожний Ю. Г., Устройство для электрохимической обработки воды // Патент № 2042639, 03.04.1992.



57. Бахир В. М., Задорожный Ю. Г., Леонов Б. И., Веденков В. Г., Устройство для электрохимической обработки воды // Патент РФ № 2038322, 03.04.1992.
58. Бахир В. М., Задорожный Ю. Г., Рахманин Ю. А., Найда И. Н., Найда Н. Н., Джейранишвили Н. В., Бутин С. К., Устройство для очистки и обеззараживания воды // Патент № 2038323.03.04.1992.
59. Бахир В. М., Задорожный Ю. Г., Рахманин Ю. А., Устройство для обеззараживания и очистки воды // Патент РФ № 20404477, 03.04.1992.
60. Бахир В. М., Веденков В. Г., Леонов Б. И., Прилуцкий В. И., Репетин Е. А., Задорожный Ю. Г., Найда Н. Н., Машков О. А., Джейранишвили Н. В., Бутин С. К., Способ обработки воды // Патент РФ № 2064440, 04.06.1992.
61. Задорожный Ю. Г., Бахир В. М., Переносное устройство для электрохимической обработки жидкости // Патент РФ № 2040479, 16.06.1992.
62. Бахир В. М., Задорожный Ю. Г., Установка для электрохимической обработки воды // Патент РФ № 2056364, 15.03.1993.
63. Бахир В. М., Задорожный Ю. Г., Устройство для электрохимической обработки жидкости // Патент РФ № 2063932, 11.10.1993.
64. Бахир В. М., Задорожный Ю. Г., Устройство для электрохимической обработки воды // Патент РФ № 2078737, 26.05.1994.
65. Бахир В. М., Задорожный Ю. Г., Барабаш Т. Б., Устройство для получения моющих и дезинфицирующих растворов // Патент РФ № 2076847, 07.03.1995.
66. Бахир В. М., Задорожный Ю. Г., Барабаш Т. Б., Устройство для получения моющих и дезинфицирующих растворов // Патент РФ № 2079575, 31.05.1995.
67. Бахир В. М., Задорожный Ю. Г., Барабаш Т. Б., Устройство для электрохимической обработки воды и водных растворов // Патент РФ № 2088539, 31.05.1995.
68. Бахир В. М., Задорожный Ю. Г., Барабаш Т. Б., Устройство для электрохимической обработки воды // Свидетельство на промышленный образец № 3600, 17.11.1995.
69. Бахир В. М., Задорожный Ю. Г., Барабаш Т. Б., Устройство для электрической обработки воды // Свидетельство на промышленный образец № 3599, 22.11.1995.
70. Павлов Б. П., Инновационные промышленные кластеры — важный инструмент современной парадигмы повышения конкурентоспособности экономики // Наноиндустрия, № 1 (63), 2016, с. 90–96.

Bakhir V. M.

The synthesis and subsequent use in various technological processes of meta-stable substances instead of the traditional chemical reagents, as well as the production on point of the application of major products of the chemical industry, such as chlorine, caustic soda, persulfuric acid, hydrogen peroxide, are new directions of development of environmentally friendly chemical production. Implementation of new technologies is carried out with special compact, high-performance electrochemical reactors. The article describes the latest design of electrochemical systems, which is producing by enterprises of Innovative Industrial Cluster ROSELECTROCHEMINDUSTRY. Shows the evolution of the improvement of electrochemical reactors, depending on the complexity and volume of technical requirements.

KEYWORDS:

electrochemical reactor, chlorine, caustic soda, persulfuric acid, electrochemical activation, STEL, EMERALD, AQUACHLOR, anolyte, catholyte, ceramic diaphragms, membranes, solutions, water.



ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ КЛАСТЕР РОСЭЛЕКТРОХИМИНДУСТРИЯ

НОВЕЙШИЕ

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ «АКВАТРОН»



**Производство компактных
и мобильных систем
для синтеза реагентов
и важнейших
продуктов химической
промышленности**

**Регулирование свойств воды
без реагентов**

**Очистка, обеззараживание,
дезинфекция**

ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ КЛАСТЕР «РОСЭЛЕКТРОХИМИНДУСТРИЯ»

420061, г. Казань, ГТРК «Корстон», ул. Н. Ершова, д. 1а, оф. 756

Тел.: +7 (843) 279-33-95

E-mail: priem.pavlov@mail.ru

www.ipk-rechi.ru

ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ ВИТОЛЬДА БАХИРА

123423, Москва, ул. Народного ополчения, д. 34

Тел.: +7 (985) 774-62-26; +7 (985) 774-86-68; +7 (495) 640-46-89

E-mail: vitold@bakhir.ru; eca@vbinstitute.ru; vitold_bakhir@vbinstitute.ru

www.vbinstitute.ru; www.vbinstitute.org; www.bakhir.ru; www.bakhir.com