

Глава 6. Электрохимическая активация в рисунках, схемах и фотографиях

Целевое назначение технологии электрохимической активации

Многokратная экономия расхода невозобновляемых сырьевых ресурсов, используемых для синтеза традиционных химических реагентов, путем их замены на электрохимически активированные вещества, синтезируемые на месте применения из возобновляемого или постоянно находящегося в естественной природной среде сырья. Полное исключение или значительное сокращение отходов, поступающих в окружающую среду в результате деятельности человека.

Определения электрохимической активации

Электрохимическая активация – это технология получения метастабильных веществ с ярко выраженными окислительными или восстановительными свойствами и последующего использования в различных технологических процессах вместо химически стабильных реагентов.

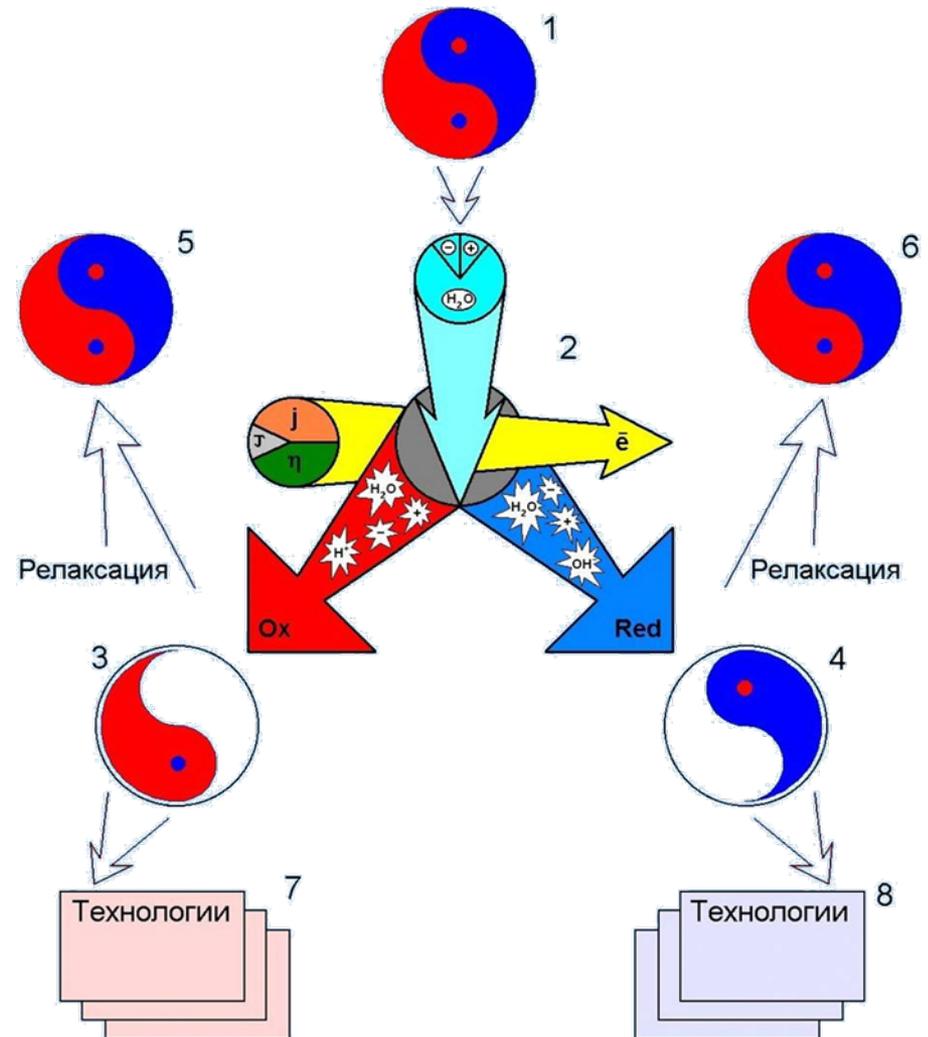
Как физико-химический процесс, электрохимическая активация - это совокупность осуществляемых в условиях минимального выделения тепла электрохимического и электрофизического воздействий на воду с содержащимися в ней ионами и молекулами растворенных веществ в области пространственного заряда у поверхности электрода (либо анода, либо катода) электрохимической системы при неравновесном переносе заряда через границу «электрод-электролит» электронами.

Сущность технологии электрохимической активации:

разделение воды в электрохимических реакторах на анодную и катодную фракции (анолит и католит) и последующее использование полученных фракций в различных технологических процессах до завершения периода релаксации

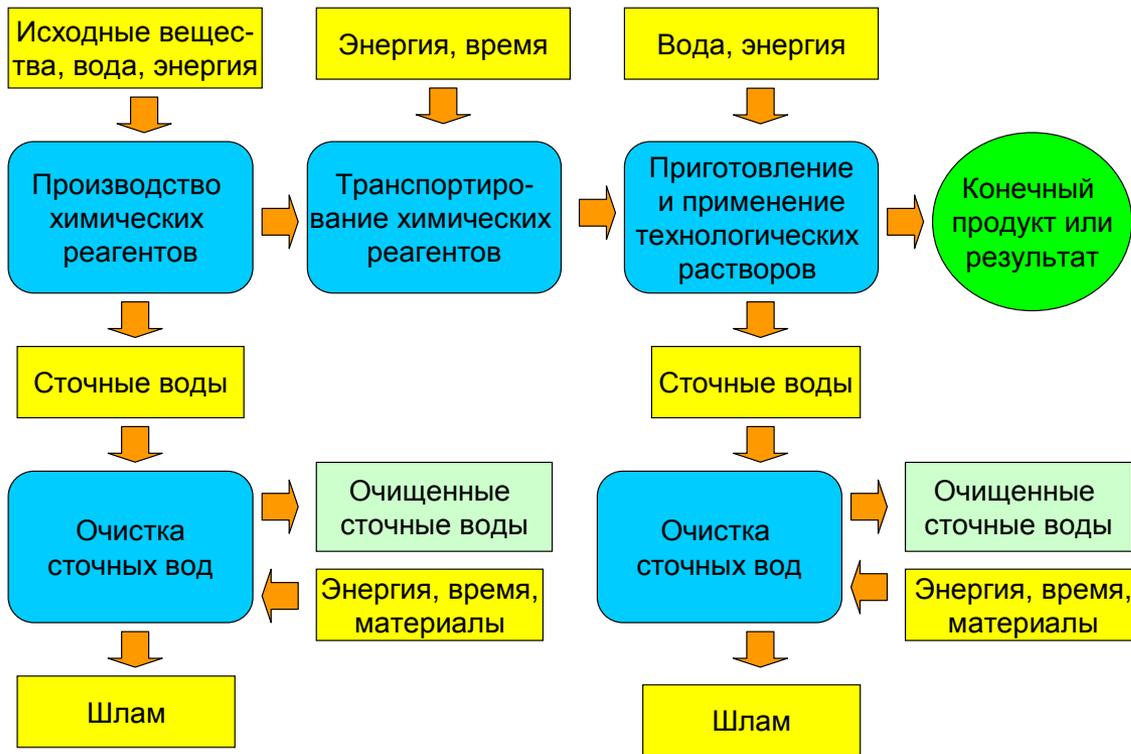
ПОЯСНЕНИЯ К СХЕМЕ:

- 1 – вода в состоянии термодинамического равновесия с окружающей средой;
- 2 – процесс электрохимической активации: за малое время (τ) через воду проходит электрический ток (поток электронов - e) большой плотности (j) при высоком перенапряжении (η), в результате чего образуется электрохимически активированная вода - анолит (Ox) у анода и католит (Red) у катода;
- 3, 4 – анолит и католит, соответственно с пониженной и повышенной активностью электронов;
- 5, 6 – анолит и католит после окончания релаксации в состоянии термодинамического равновесия с окружающей средой;
- 7, 8 – различные технологические процессы, в которых используются активированные анолит и католит вместо традиционных растворов химических реагентов

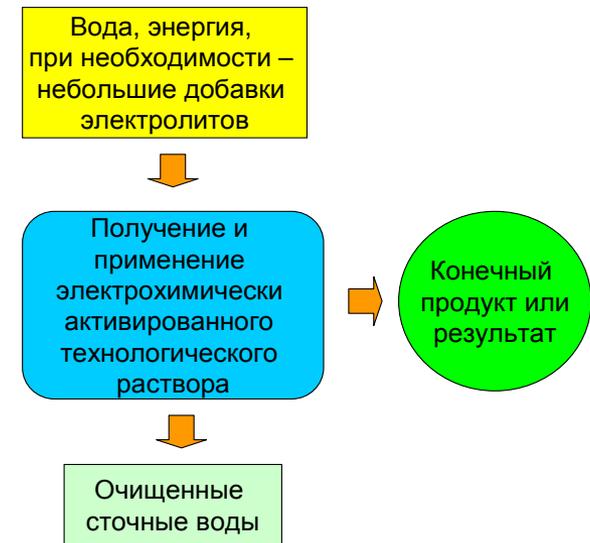


Экологические преимущества технологий с использованием электрохимической активации

Традиционные технологии с использованием готовых химических реагентов



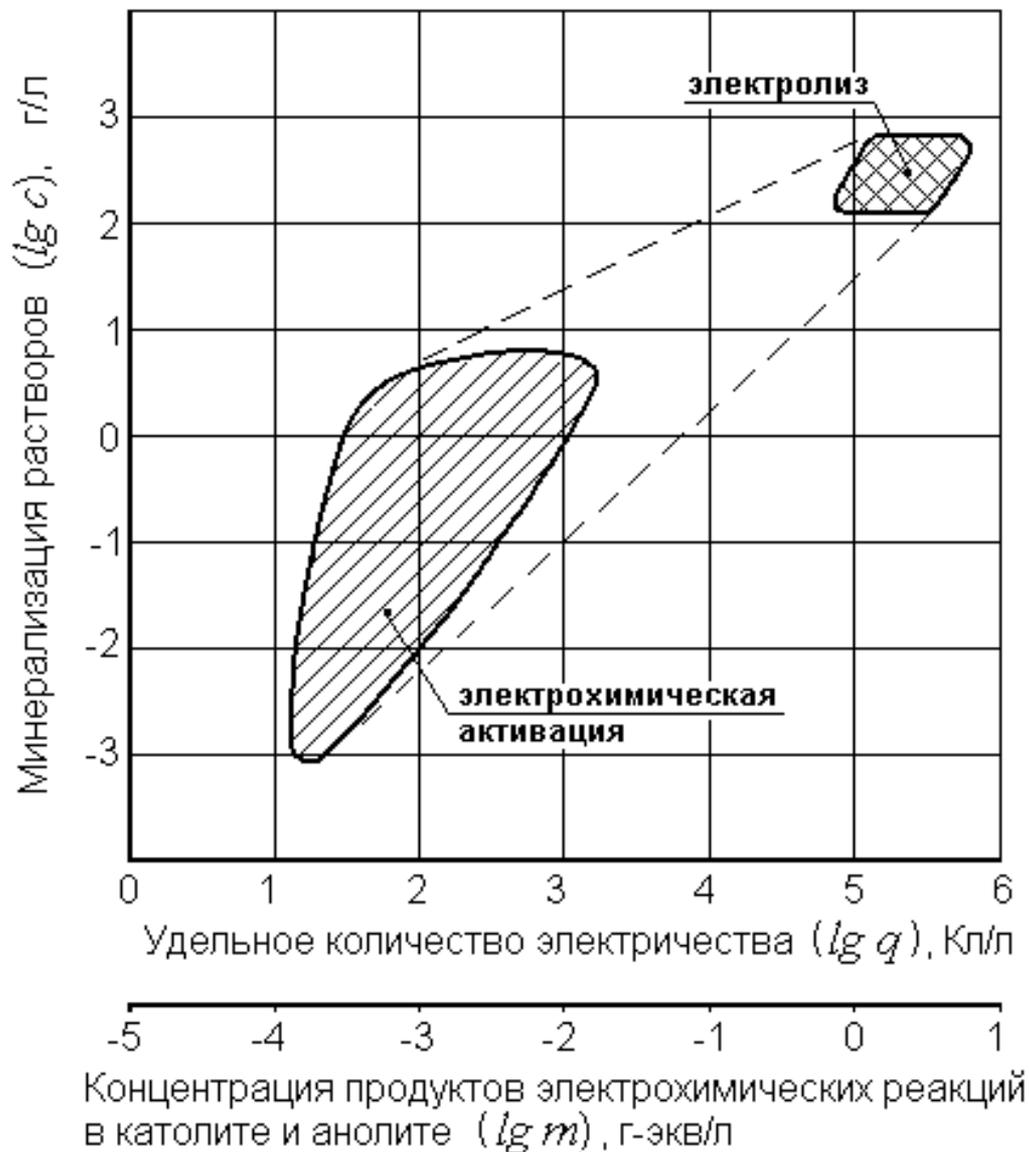
Технологии с применением электрохимически активированных растворов или воды



Электрохимическая активация и промышленный электролиз: различие целей обуславливает различие параметров процессов

Удельные затраты электричества в большинстве процессов электрохимической активации воды и растворов составляют от 40 до 4000 Кл/л, концентрация претерпевших электрохимические превращения веществ находится в пределах от 0,0001 до 0,02 г-экв/л при общей минерализации обрабатываемых жидкостей от 0,001 до 5,0 г/л. Для промышленных процессов электролиза водных растворов названные показатели на несколько порядков больше и находятся в пределах 100 000 – 1 000 000 Кл/л; 1,0 – 10,0 г-экв/л; 200 - 600 г/л соответственно.

Удельные затраты электроэнергии для большинства процессов электрохимической активации воды не выходят за пределы 0,5 - 5,0 Вт-ч/л



Электрохимическое и химическое регулирование pH и ОВП воды

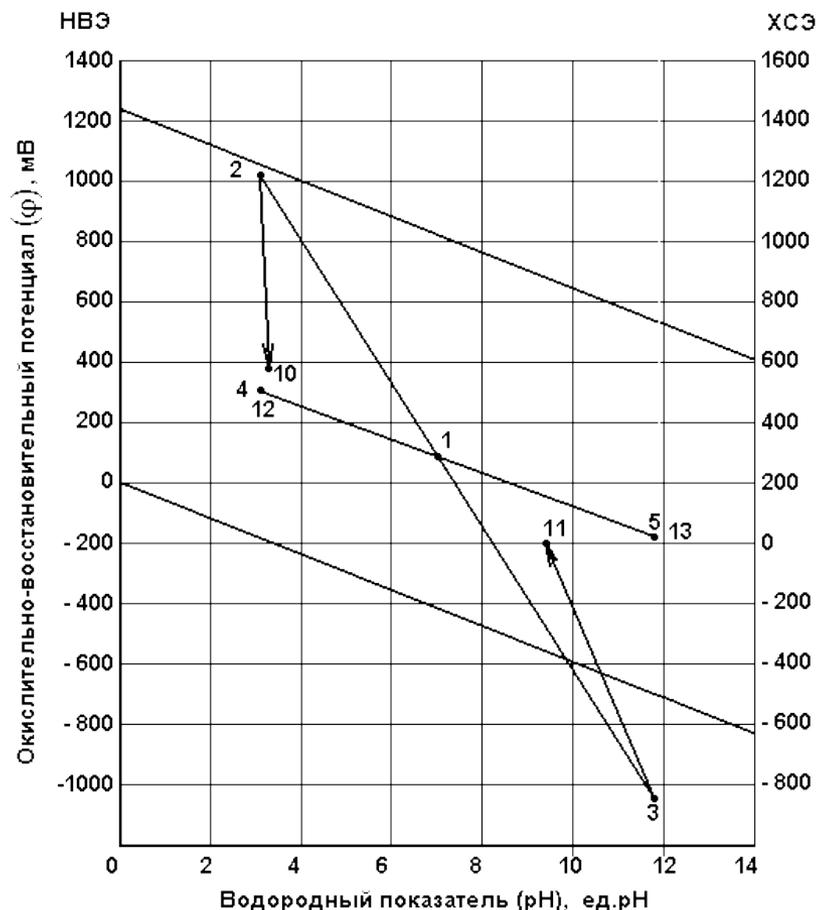
В результате электрохимической активации вода переходит в метастабильное (активированное) состояние, проявляя при этом в течение нескольких десятков часов повышенную реакционную способность в различных физико-химических процессах. Вода, активированная у катода (католит) обладает повышенной активностью электронов, имеет ярко выраженные свойства восстановителя. Соответственно, вода, активированная у анода (анолит) характеризуется пониженной активностью электронов и проявляет свойства окислителя.

Условные обозначения:

- 1 - исходная питьевая вода с общей минерализацией 0,22 г/л, pH = 7,1 и окислительно-восстановительным потенциалом $\varphi = +280$ мВ (х.с.э.);
- 2, 3 – электрохимически активированная вода - анолит и католит тотчас после получения;
- 4, 5 – исходная вода с добавкой соляной кислоты и гидроксида натрия соответственно – химические модели анолита и католита;
- 10, 11 – параметры электрохимически активированной воды через 168 часов;
- 12, 13 – параметры химических моделей анолита и католита через 168 часов.

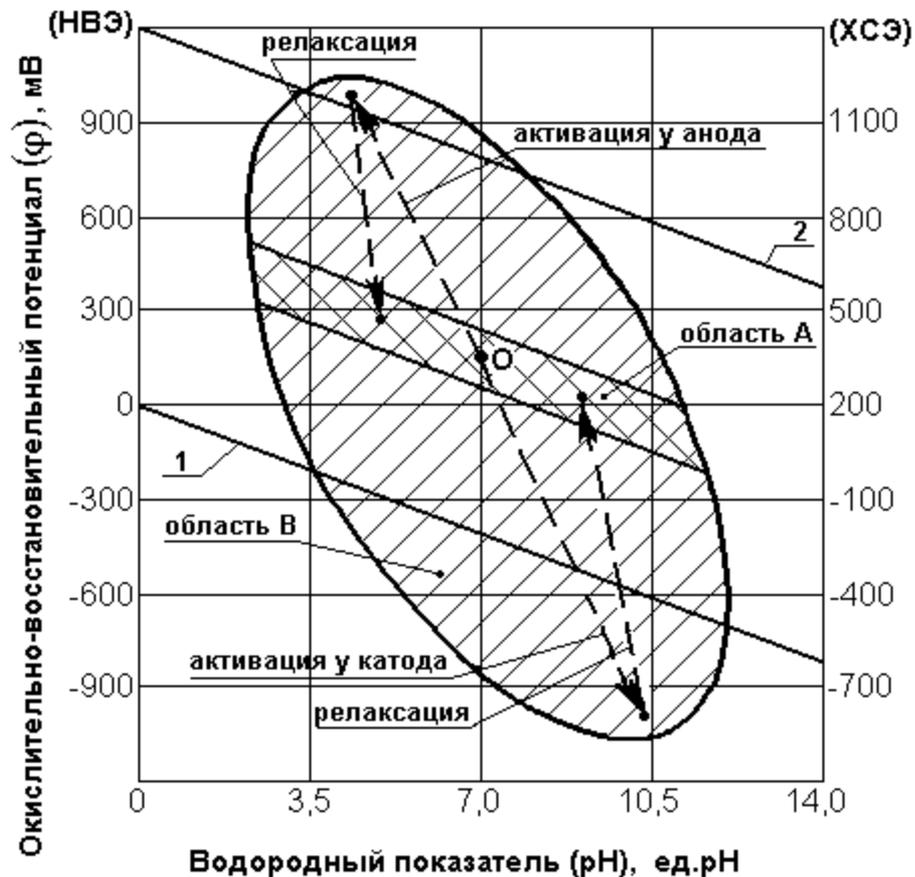
НВЭ – нормальный водородный электрод сравнения

ХСЭ – хлор-серебряный электрод сравнения



Соотношение рН и φ питьевой воды при химическом (область А) и электрохимическом (область В) регулировании её кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств.

Природа ОВП в первую очередь обусловлена квантовомеханическими характеристиками атомов элементарной электрохимической системы («электрод-раствор»), особенностями ее электронной структуры, которыми определяются ионизационные потенциалы элементов. Электронные структуры атомов и ионов в значительной мере определяют также характер и энергетику процессов гидратации ионов.



1 - нижняя граница термодинамической устойчивости воды:

$$\varphi_{H_2(HVЭ)} = -0,059pH$$

2 - верхняя граница термодинамической устойчивости воды:

$$\varphi_{O_2(HVЭ)} = 1,23 - 0,059pH$$

НВЭ - нормальный водородный электрод сравнения;

ХСЭ - хлорсеребряный электрод сравнения.

Динамика процесса релаксации электрохимически активированной воды

Условные обозначения:

1 - исходная питьевая вода с общей минерализацией 0,22 г/л, pH = 7,1 и окислительно-восстановительным потенциалом $\varphi = +280$ мВ (х.с.э.);

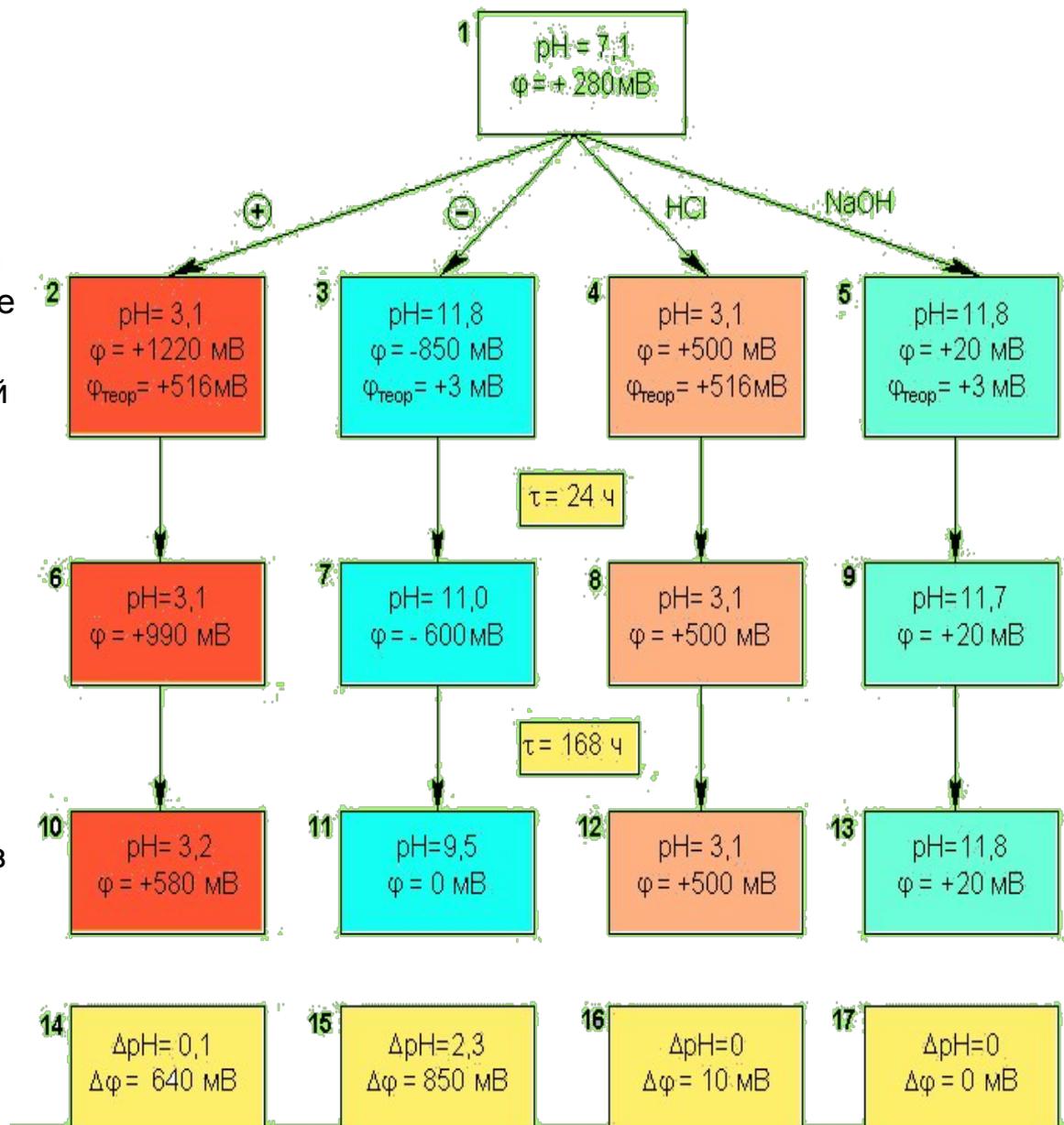
2, 3 – электрохимически активированная вода - анолит и католит тотчас после получения;

4, 5 – исходная вода с добавкой соляной кислоты и гидроксида натрия соответственно – химические аналоги электрохимически активированной воды (контроль);

$\varphi_{теор}$ - значения φ (ОВП), рассчитанные в соответствии с уравнением Нернста;

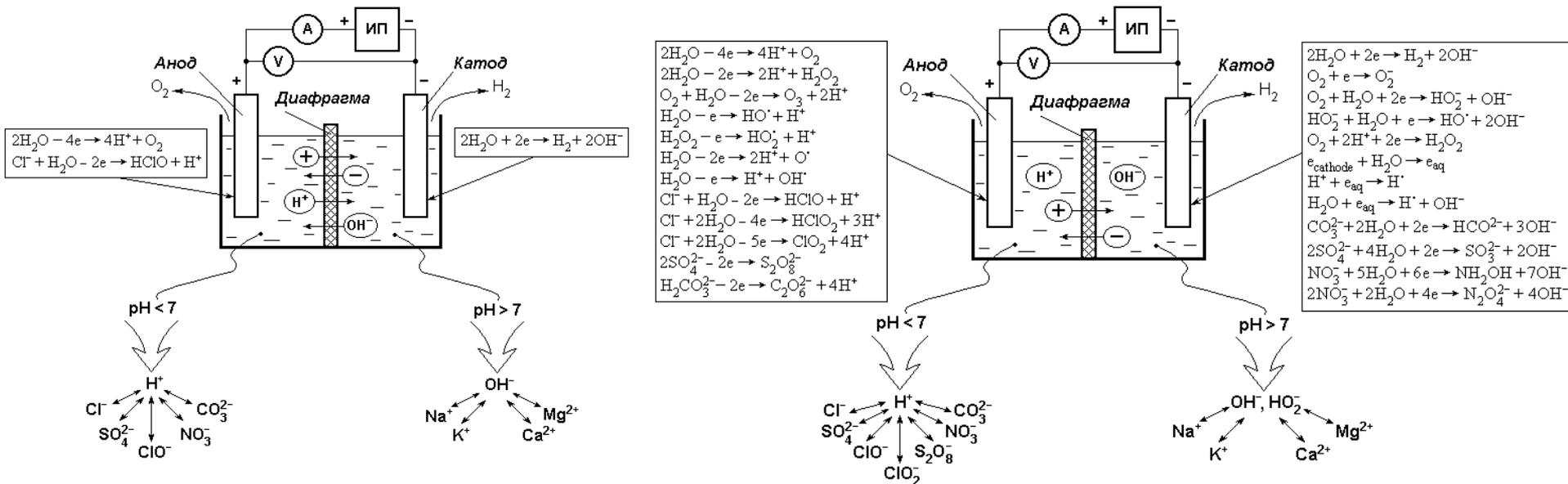
6 – 9, 10 – 13 – параметры порций электрохимически активированной воды и контрольных образцов (растворов кислоты и щелочи) через 24 и 168 часов соответственно;

14 – 17 – анализ результатов эксперимента.



Электрохимическое разложение пресной воды.

Электрохимическая активация позволяет направленно изменять состав растворенных газов, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства воды в пределах больших, чем при эквивалентном (в соответствии с законами электролиза) химическом регулировании, синтезировать из воды и растворенных в ней веществ химические реагенты (окислители или восстановители) в метастабильном состоянии. На эффектах метастабильности воды при электрохимическом безреагентном управлении ее физико-химическими свойствами основаны технологические процессы ее кондиционирования, очистки и обеззараживания, а также технологии преобразования воды или разбавленных растворов электролитов в экологически чистые антимикробные, моющие, экстрагирующие и другие функционально полезные растворы, которые синтезируют непосредственно у места их применения в специальных электрохимических устройствах.



Одинаковое количество электричества протекает через диафрагменный электролизер в течение нескольких часов (рисунок слева) и в течение нескольких секунд (рисунок справа).

Определяющая роль фактора неравновесности электрохимического воздействия

Свойства и физико-химические параметры анолита и католита, полученных при одинаковых удельных затратах количества электричества, определяются степенью неравновесности электрохимического воздействия, но не законами электролиза

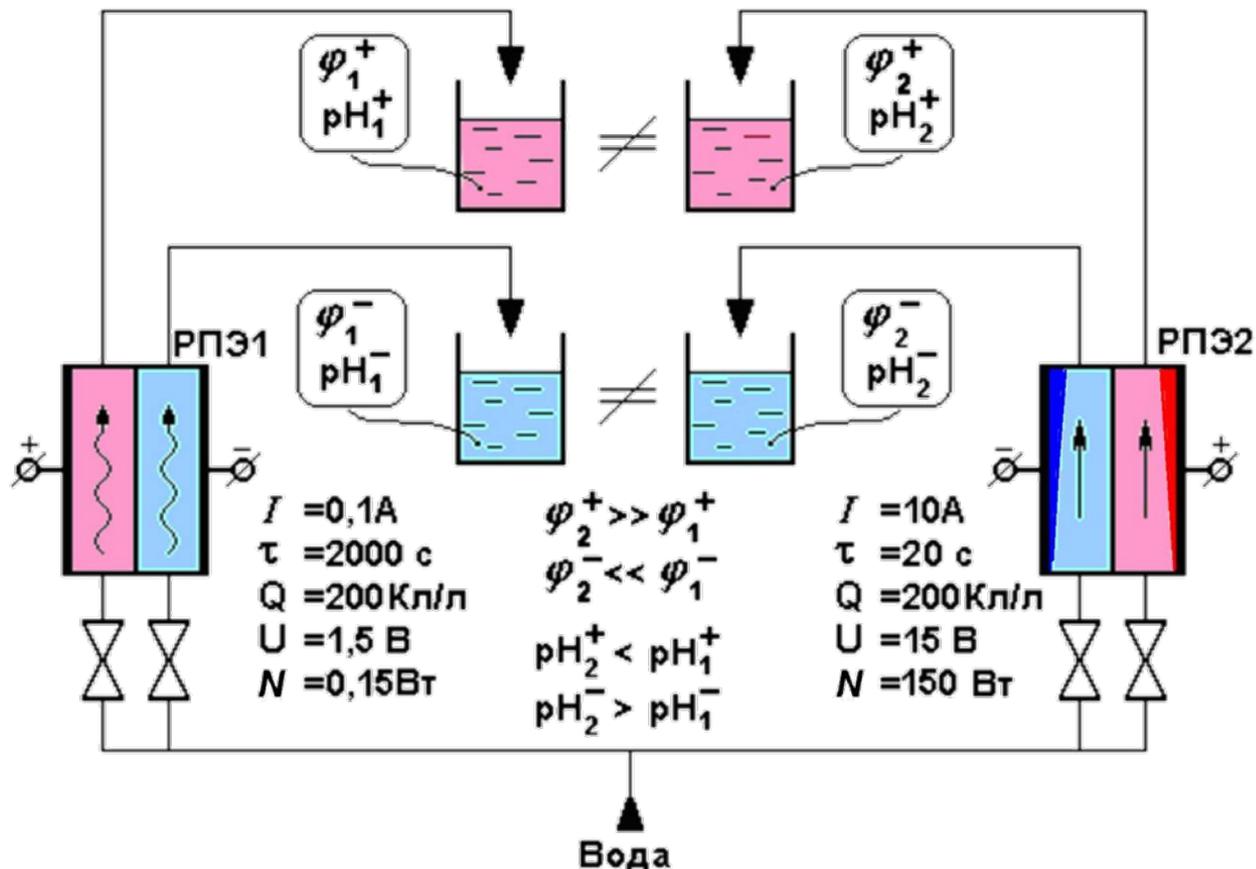
Масса веществ m , участвующих в электрохимических реакциях, определяется затраченным количеством электричества Q_e :

$$m = q \times Q_e, \text{ где } Q_e = I \times \tau;$$

$q = M/nF$. При одном и том же количестве электричества, энергия W_m , затраченная в ходе процесса, определяется напряжением на электродах U :

$$W_m = I \times U \times \tau, \text{ где}$$

$$U = U_{dec} + U_{pol} + I \times R;$$



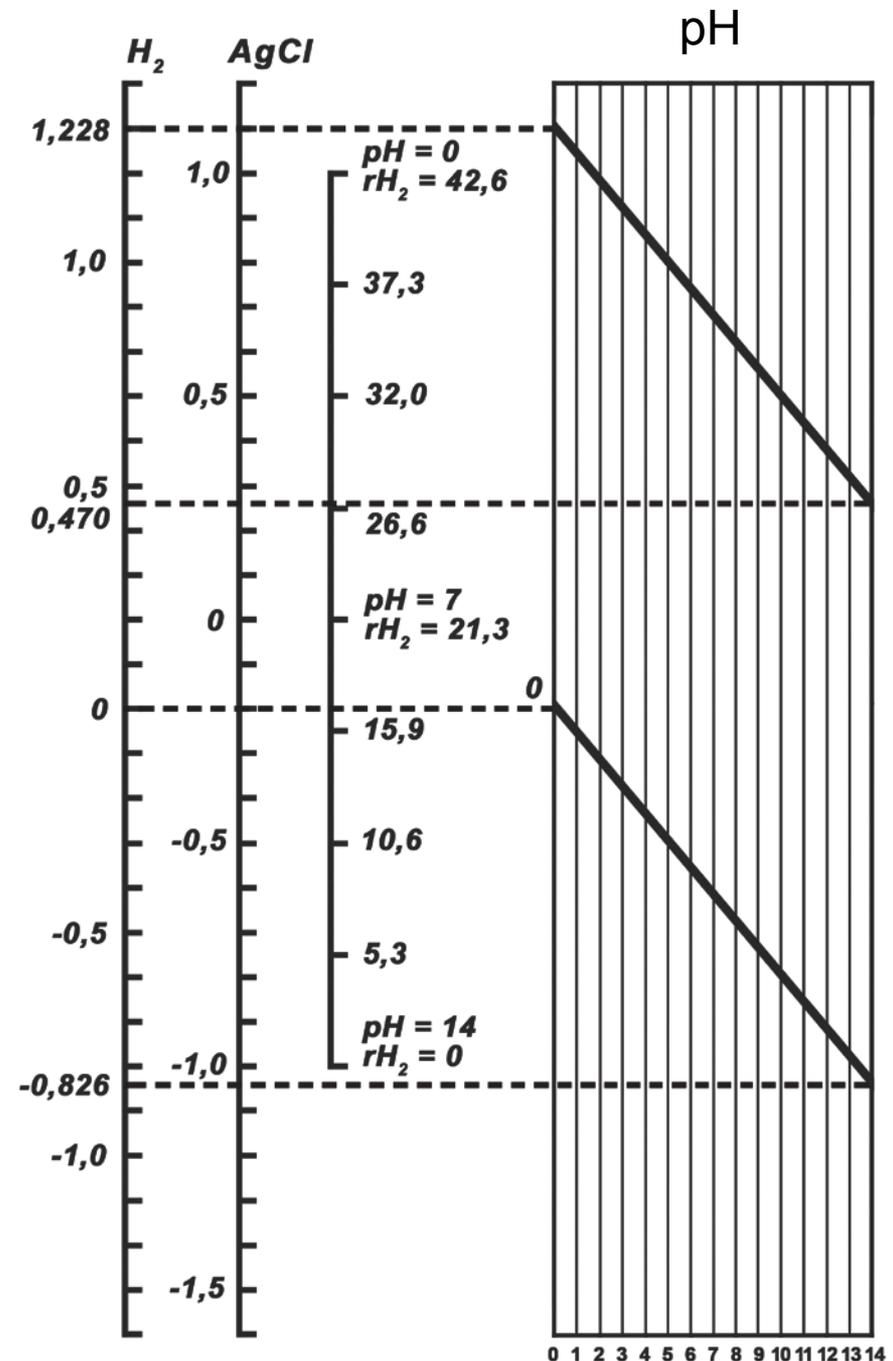
Условные обозначения:

I – сила тока, А; τ – время, с; Q – удельное количество электричества, Кл/л; U – напряжение, В; N – мощность, Вт; φ – окислительно-восстановительный потенциал, мВ; pH – водородный показатель, ед. pH ; U_{dec} – напряжение разложения, В; U_{pol} – напряжение поляризации, В; R – электрическое сопротивление электролита, Ом; q – электрохимический эквивалент, г/Кл; F – число Фарадея, Кл/г-экв; РПЭ – реактор проточный электрохимический

Связь окислительно-восстановительного потенциала и pH в часто используемых шкалах

Окислительно-восстановительный потенциал, обозначаемый как E_h , - это **равновесная** разность гальвани-потенциалов между раствором и электронным проводником, при которой **с равной скоростью** протекают реакции окисления и восстановления. Термин «окислительно-восстановительный потенциал - E_h », имеет синонимы: "обратимый потенциал электрода", "потенциал окислительно-восстановительной полуреакции", "стандартный потенциал окислительно-восстановительной полуреакции", которые адекватно отражают физический смысл явления образования равновесной разности гальвани-потенциалов. Используемый в биологии показатель rH_2 также определяется для равновесных условий существования окислительно-восстановительных систем.

Стационарный потенциал ϕ , который был предложен автором в 1975 году в качестве условной величины, характеризующей степень отклонения системы (пресной воды, растворов электролитов) от равновесных условий, измеряется так же, как и E_h , но имеет очень мало общего с потенциалом E_h , поскольку сущность электрохимически активированных систем состоит в их неравновесности.



Концентрация и активность ионов в электрохимически активированных растворах

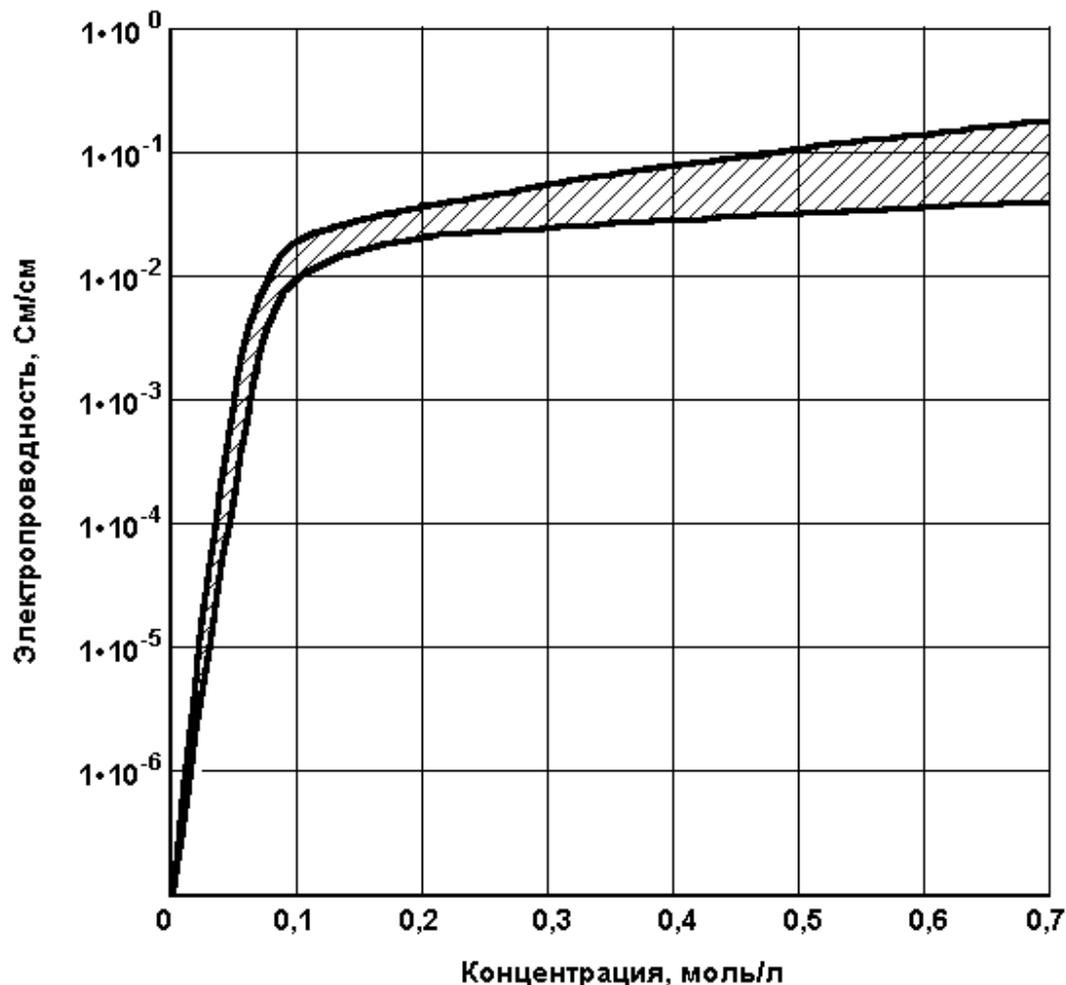
В разбавленных растворах электролитов (менее 0,1 моль/л) малые изменения концентрации растворенных веществ приводят к большим сдвигам удельной электропроводности раствора, что свидетельствует о значительной роли сил межоионного взаимодействия в процессах массопереноса.

Величину этих сил характеризует коэффициент γ в уравнении, связывающем активность ионов α в растворе с их концентрацией c :

$$\alpha = \gamma \cdot c$$

Влияние межоионных сил взаимодействия на процессы массопереноса ослабевает по мере увеличения концентрации растворов. Соответственно, эффекты проявления метастабильности водных растворов после униполярного электрохимического воздействия ослабевают по мере увеличения концентрации электролитов в исходных растворах.

Таким образом, изменение реакционной способности веществ при электрохимической активации сопряжено не с изменением их концентрации, а с изменением коэффициента активности.



Удельная электропроводность водных растворов неорганических веществ: кислот, солей, оснований в зависимости от концентрации

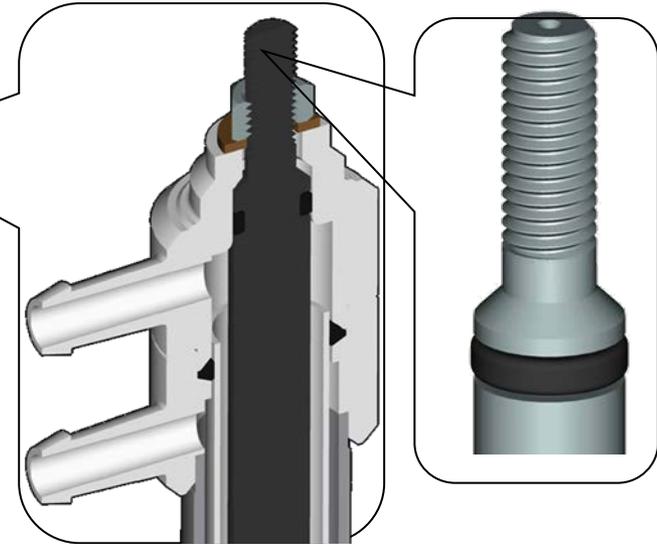
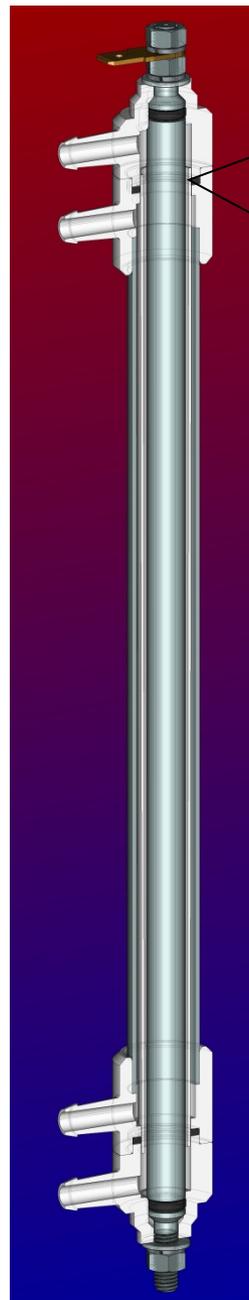
Элементы ПЭМ-МБ: эффективный инструмент электрохимического преобразования жидкостей

Для электрохимического преобразования воды и содержащихся в ней растворенных веществ используются проточные диафрагменные модульные электрохимические реакторы – элементы ПЭМ (1989), позднее (2009) получившие наименование элементы МБ (модули Бахира), которые могут применяться как самостоятельные электрохимические устройства, так и в виде блоков большой производительности, называемых реакторами РПЭ.

Отличительной особенностью элементов ПЭМ - МБ является возможность управления искусственно индуцированной ионселективной проводимостью диафрагмы.

Другой отличительной особенностью элементов ПЭМ - МБ являются обусловленные оптимальной конструкцией и рациональным выбором конструкционных материалов их высокие технико-экономические показатели при работе на пресной воде и разбавленных водных растворах. переноса массы и заряда.

Благодаря керамической диафрагме и коаксиальной конструкции элементов ПЭМ-МБ обеспечивается максимально возможная степень отклонения свойств анолита и католита от равновесного состояния.

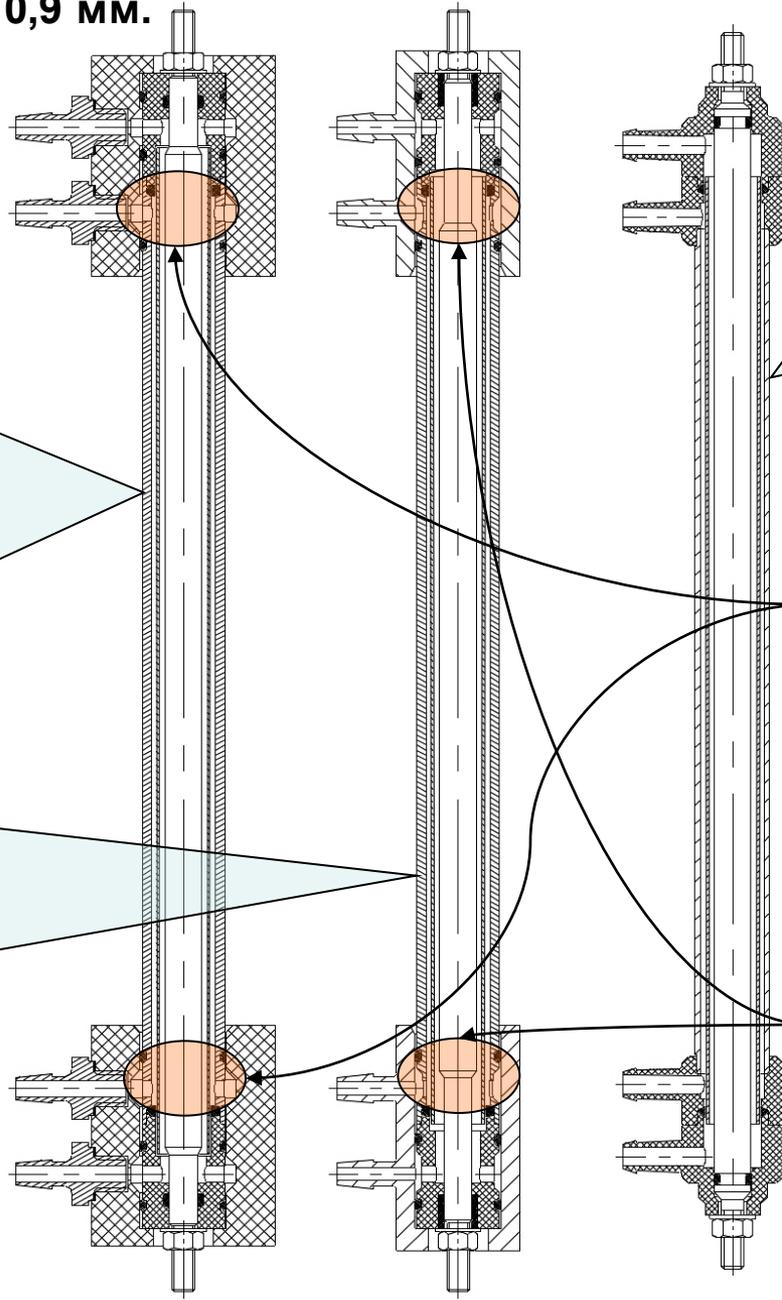


Элемент ПЭМ-3, 1994

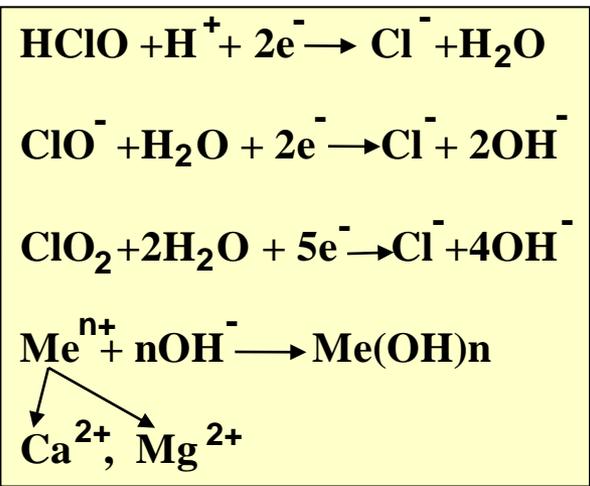
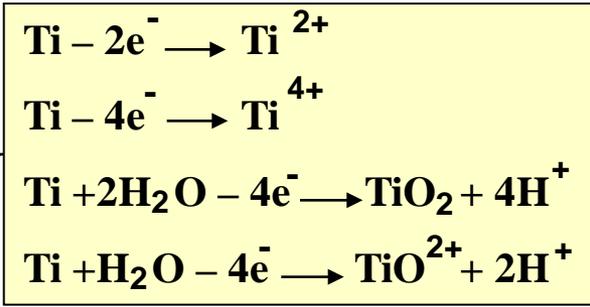
Этапы совершенствования элементов ПЭМ с диафрагмой диаметром 11 мм и толщиной стенки 0,8 – 0,9 мм.

ПЭМ-1, 1989 г.
 Патент Великобритании 2 253 860. Авторы: Бахир В.М., Задорожний Ю.Г.
 Главный недостаток: наведенные биполярные участки внешнего электрода

ПЭМ-2, 1991 г.
 Патент РФ 2042639. Авторы: Бахир В.М., Задорожний Ю.Г.
 Главный недостаток частично устранен



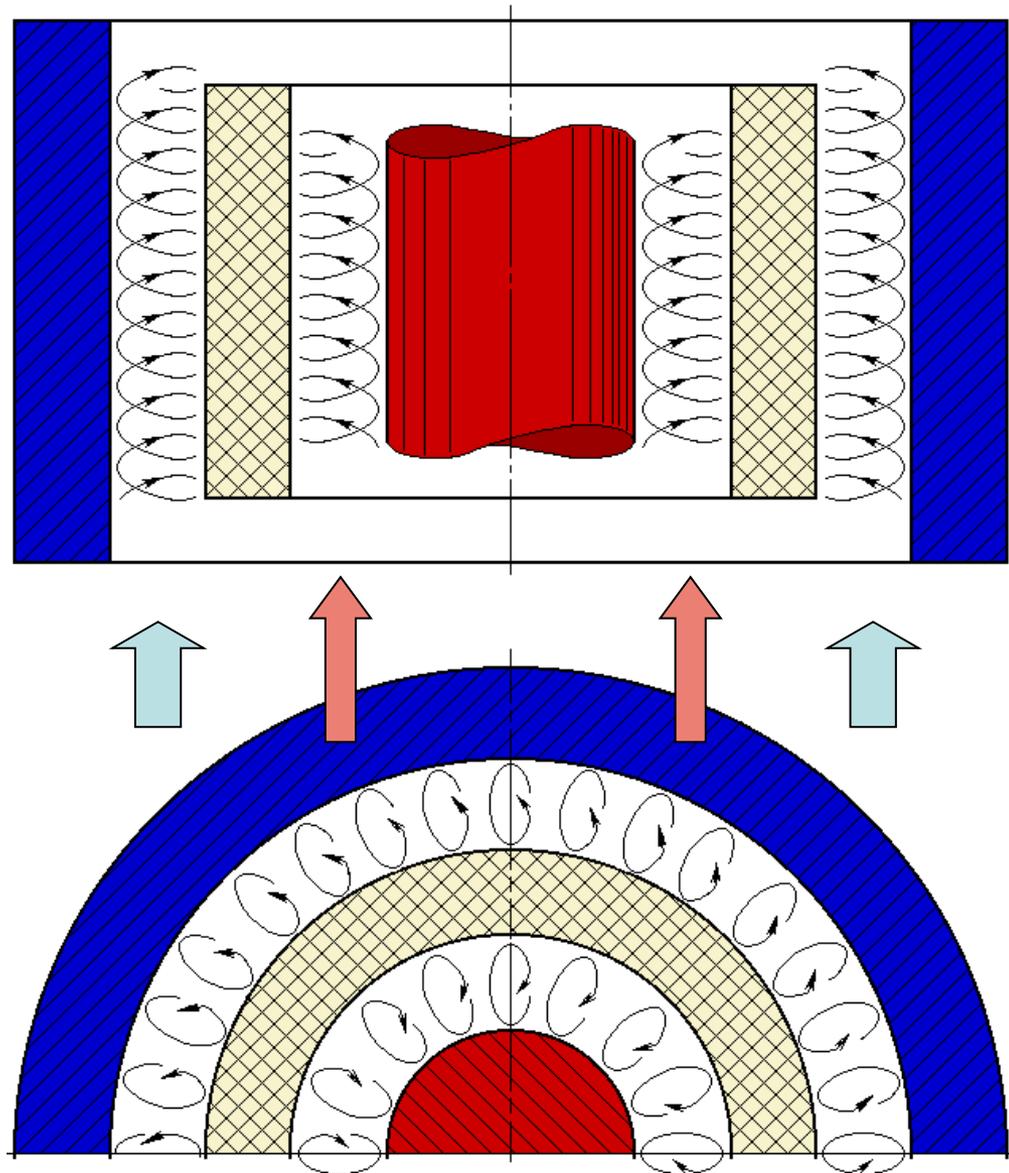
ПЭМ-3, 1994 г. Патент РФ 2078737
 Авторы: Бахир В.М., Задорожний Ю.Г.
 Главный недостаток устранен полностью



Элементы ПЭМ – МБ: оптимальная универсальность

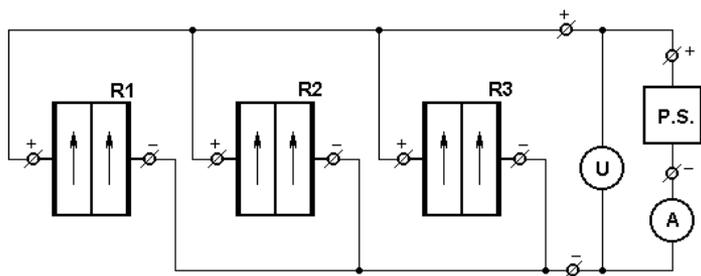
Главными отличительными особенностями элементов ПЭМ - МБ являются сочетание в одном элементе свойств реактора идеального продольного вытеснения и реактора идеального поперечного смешения.

Оптимальная конструкция и модульное исполнение, позволяют использовать элементы МБ не только для электрохимической активации воды, но также в промышленных технологиях: для получения водорода, кислорода, хлора, диоксида хлора, гипохлорита натрия, щелочей. При работе на концентрированных солевых растворах преимущество элементов ПЭМ - МБ перед промышленными диафрагменными или мембранными электролизерами состоит в возможности обеспечения конечного потребителя необходимыми продуктами (хлором, диоксидом хлора, соляной кислотой, едким натром, гипохлоритом натрия, хлорноватистой кислотой), синтезируемыми в требуемом количестве на месте применения в компактных экономичных установках с минимальными требованиями к качеству исходных растворов и при минимальных затратах труда, времени и химических реагентов.

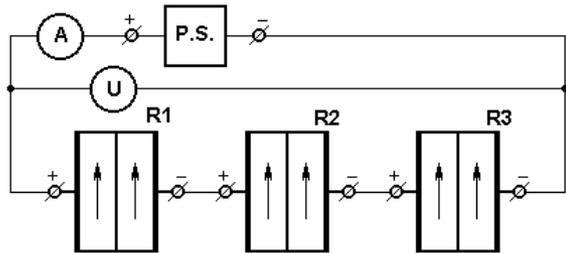


Эффективность электрохимического воздействия в элементах ПЭМ-МБ определяется возникновением самоорганизующихся диссипативных структур течения жидкости в электродных камерах, обеспечивающих интенсификацию процессов переноса массы и заряда.

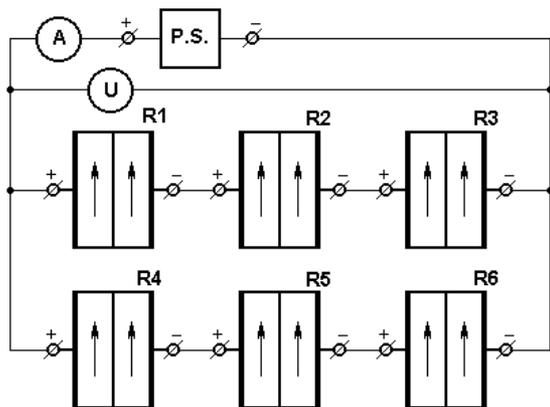
Универсальность в выборе схем электрического соединения элементов ПЭМ – МБ облегчает конструирование, делает его гибким в решении различных задач



Монопольный электрохимический реактор РПЭ при параллельном включении элементов ПЭМ



Бипольный электрохимический реактор РПЭ при последовательном включении элементов ПЭМ



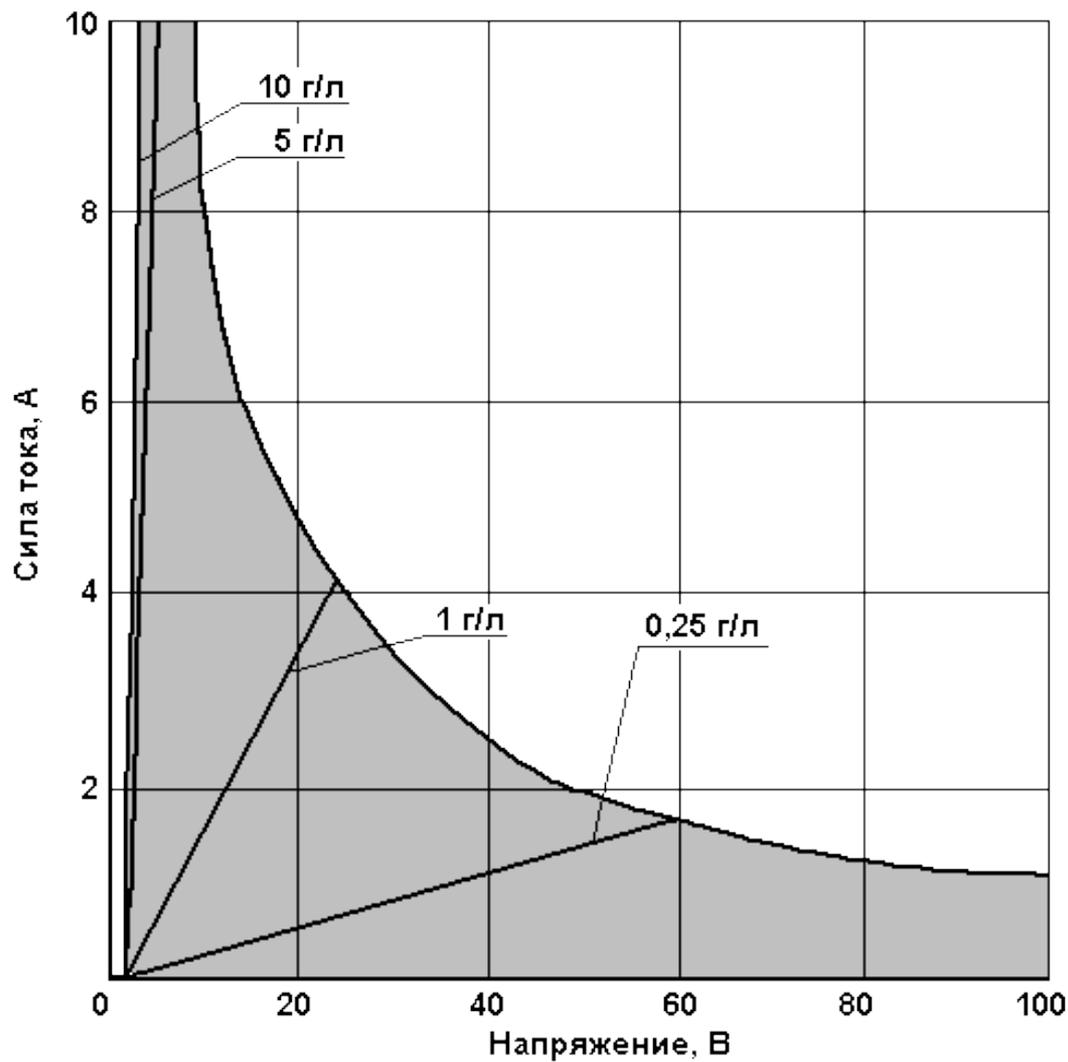
Электрохимический реактор РПЭ со смешанным включением элементов ПЭМ

Один и тот же реактор РПЭ может использоваться как монополярный электрохимический реактор (преимущественно при электрохимической обработке сильно разбавленных растворов и пресной воды), как бипольный электрохимический реактор, действующее значение силы тока в котором равно силе тока в цепи источника питания, умноженному на количество последовательно соединенных элементов ПЭМ (при обработке растворов с минерализацией свыше 4 – 5 грамм в литре) и как реактор со смешанным типом включения ячеек (элементов ПЭМ) для оптимального согласования параметров блока питания и электрохимического реактора.



При использовании одного и того же реактора для обработки жидкостей с различной минерализацией наилучшие условия обеспечивают источники тока с «мягкой» вольтамперной нагрузочной характеристикой

Показатели	Технические системы	
	СТЭЛ	ИЗУМРУД
Объемная скорость протока через элемент ПЭМ-3, л/ч (см ³ /с)	10 – 30 (2,8 – 8,3)	40 – 80 (12 – 22)
Линейная скорость протока через элемент ПЭМ-3, см/с	5,8 – 24	25 – 64
Время обработки воды (раствора) в элементе ПЭМ-3, с	0,8 – 3	0,3 – 0,75
Сила тока, А	3 – 8	0,5 – 1,5
Напряжение, В	10 – 24	30 – 120
Минерализация воды (раствора), г/л (моль/л)	0,5 – 5,0 (0,008 – 0,09)	0,05 – 1,5 (0,0006 – 0,02)
Удельное количество электричества, Кл/л	360 – 2880	22,5 – 135
Количество веществ, претерпевших электрохимические превращения, моль/л	0,0037 – 0,03	0,00023 – 0,0014
Диапазон регулирования рН, ед.	2,0 – 12,0	3,0 – 11,0
Диапазон регулирования ОВП, мВ (х.с.э.)	от +1200 до - 860	от +1000 до - 700

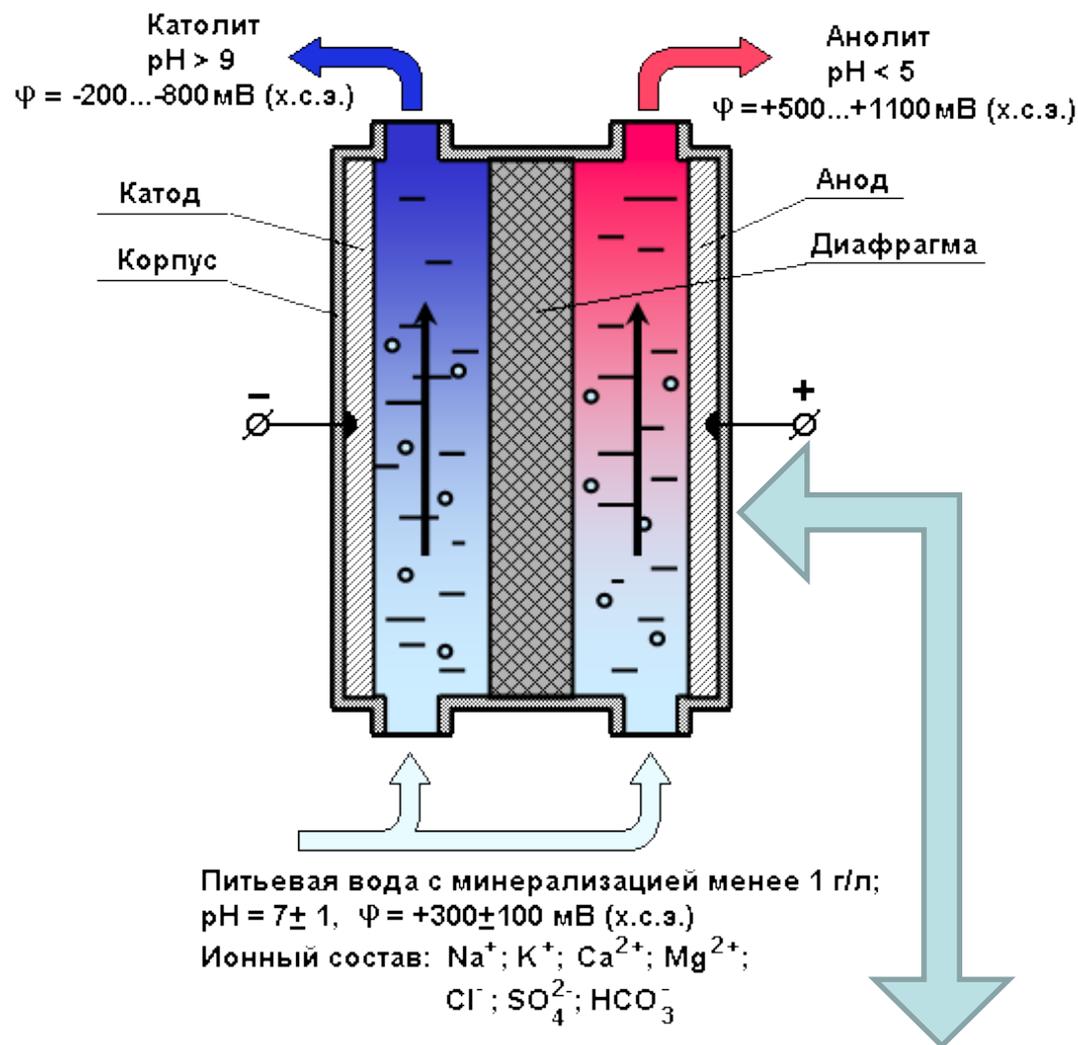


Область допустимых значений силы тока и напряжения в элементе ПЭМ-3 при работе на хлоридных растворах различной концентрации

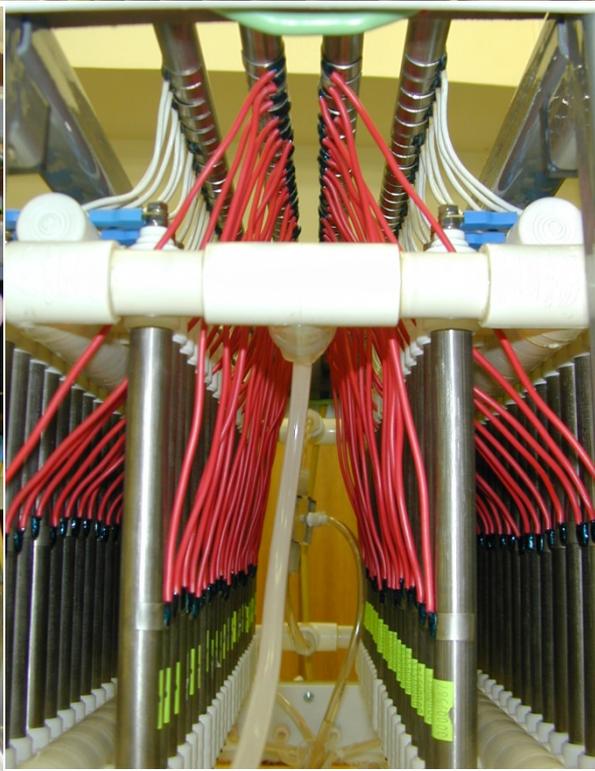
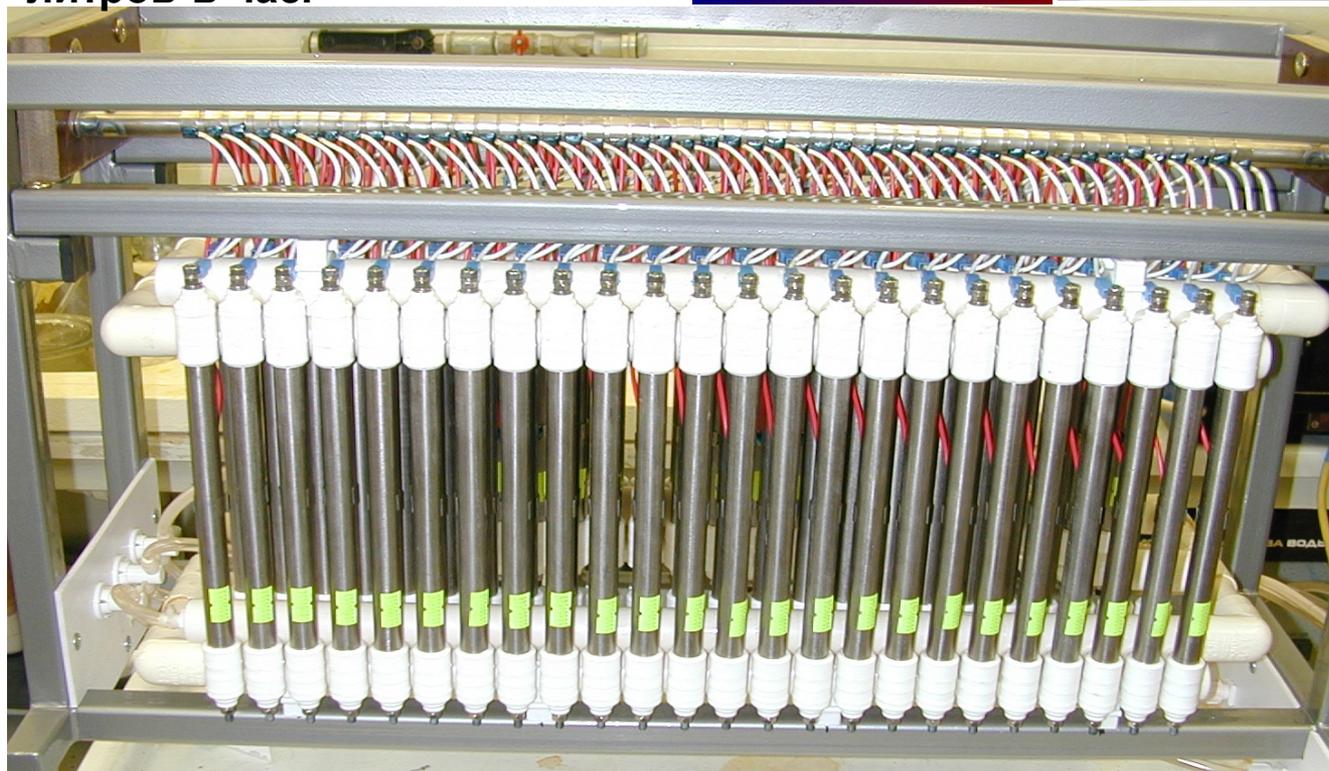
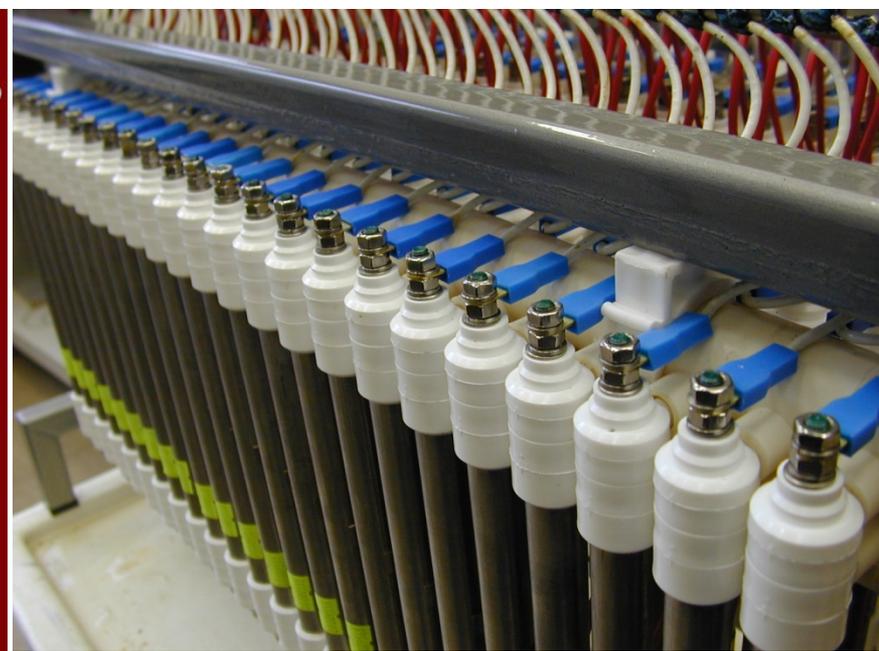
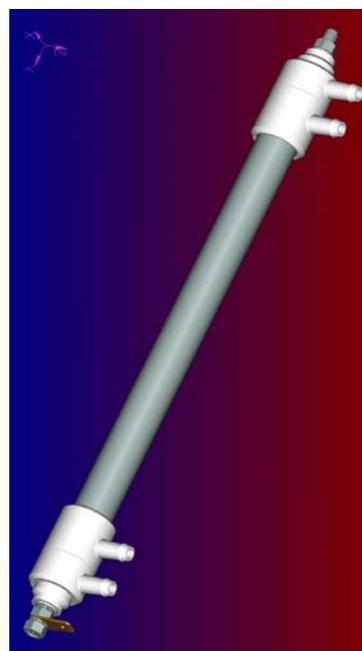
Получение электрохимически активированных анолита и католита пресной ВОДЫ

Некоторые химические реакции, возможные при электрохимической обработке питьевой воды

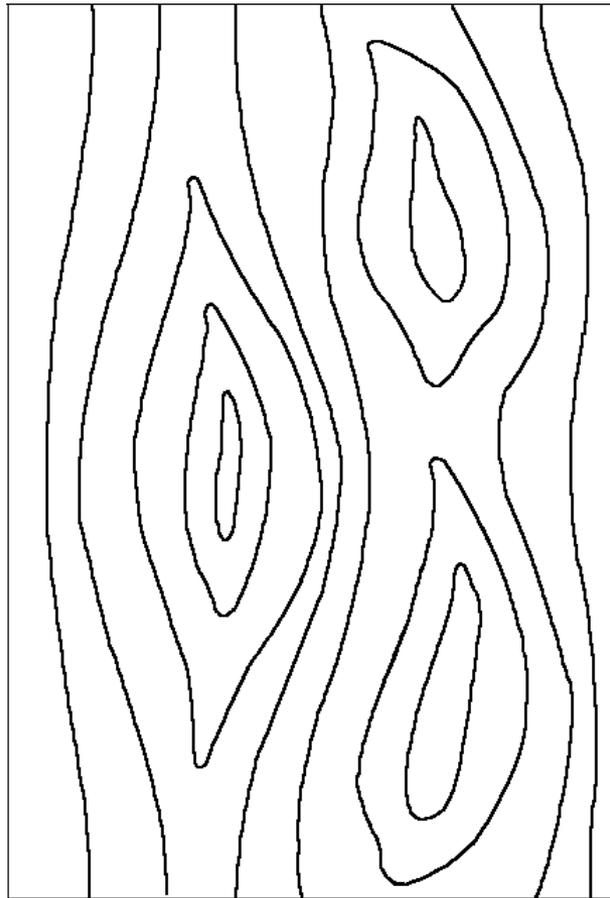
Анодные реакции	Катодные реакции
$2\text{H}_2\text{O} - 4e \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2$	$2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
$2\text{H}_2\text{O} - 2e \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2$	$\text{O}_2 + e \rightarrow \text{O}_2^-$
$\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} - 2e \rightarrow \text{O}_3 + 2\text{H}^+$	$\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{HO}_2^- + \text{OH}^-$
$\text{OH}^- - e \rightarrow \text{HO}^\bullet$	$\text{HO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + e \rightarrow \text{HO}^\bullet + 2\text{OH}^-$
$3\text{H}_2\text{O} - 6e \rightarrow \text{O}_3 + 6\text{H}^+$	$\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$
$\text{O}_2 + 2\text{OH}^- - 3e \rightarrow \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$e_{\text{cathode}} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow e_{\text{aq}}$
$\text{H}_2\text{O} - e \rightarrow \text{HO}^\bullet + \text{H}^+$	$\text{H}^+ + e_{\text{aq}} \rightarrow \text{H}^\bullet$
$\text{H}_2\text{O}_2 - e \rightarrow \text{HO}_2^\bullet + \text{H}^+$	$\text{H}_2\text{O} + e_{\text{aq}} \rightarrow \text{H}^\bullet + \text{OH}^-$
$3\text{OH}^- - 2e \rightarrow \text{HO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4e \rightarrow \text{HCHO} + \text{H}_2\text{O}$
$\text{H}_2\text{O} - 2e \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{O}^\bullet$	$\text{CO}_3^{2-} + 8\text{H}^+ + 6e \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{H}_2\text{O} - e \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^\bullet$	$2\text{CO}_3^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$
$3\text{OH}^- - 2e \rightarrow \text{HO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$	$2\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$
$2\text{Cl}^- - 2e \rightarrow \text{Cl}_2$	$\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{HCOOH}$
$\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} - 2e \rightarrow \text{HClO} + \text{H}^+$	$\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{HCO}_2^- + 3\text{OH}^-$
$\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} - 4e \rightarrow \text{HClO}_2 + 3\text{H}^+$	$2\text{SO}_4^{2-} + 5\text{H}_2\text{O} + 8e \rightarrow \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 10\text{OH}^-$
$\text{HCl} + 2\text{H}_2\text{O} - 5e \rightarrow \text{ClO}_2 + 5\text{H}^+$	$2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{S}_2\text{O}_6^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{Cl}^- + 4\text{OH}^- - 4e \rightarrow \text{ClO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$
$\text{Cl}^- + 4\text{OH}^- - 5e \rightarrow \text{ClO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
$\text{Cl}^- + 2\text{OH}^- - 2e \rightarrow \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$	$\text{NO}_3^- + 5\text{H}_2\text{O} + 6e \rightarrow \text{NH}_2\text{OH} + 7\text{OH}^-$
$\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} - 5e \rightarrow \text{ClO}_2 + 4\text{H}^+$	$2\text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4e \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4^{2-} + 4\text{OH}^-$
$2\text{SO}_4^{2-} - 2e \rightarrow \text{S}_2\text{O}_8^{2-}$	$\text{N}_2 + 5\text{H}^+ + 4e \rightarrow \text{N}_2\text{H}_5^+$
$2\text{H}_2\text{CO}_3^{2-} - 2e \rightarrow \text{C}_2\text{O}_6^{2-} + 4\text{H}^+$	$\text{Fe}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Fe}$



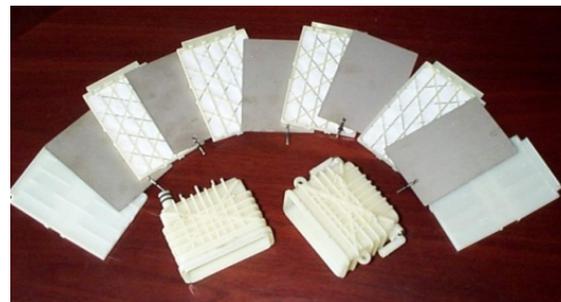
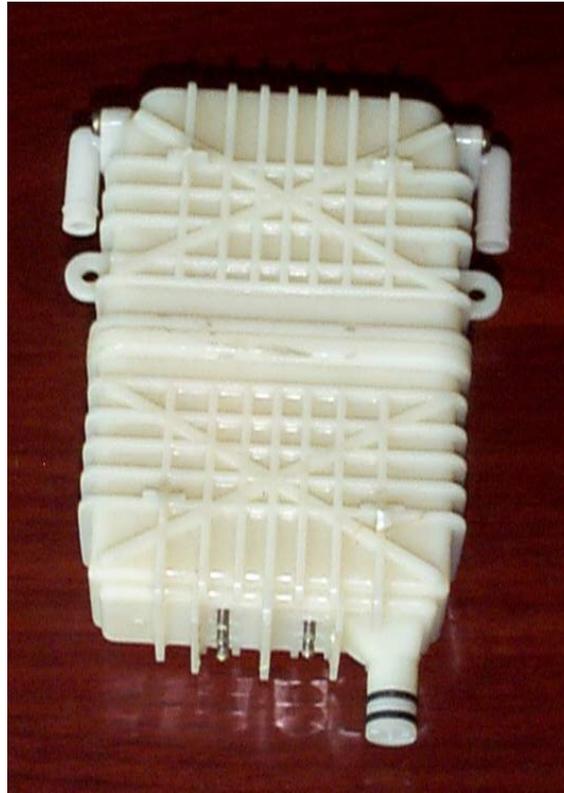
**Электрически параллельное
соединение элементов ПЭМ-3
(МБ-11) позволяет
осуществлять эффективную
электрохимическую
обработку больших объемов
маломинерализованных
растворов и пресной воды.
Максимальная достигнутая
производительность
реактора РПЭ-96 (из 96
элементов ПЭМ-3) – 5000
литров в час.**



Одной из причин непригодности электрохимических реакторов с плоскими электродами и полимерными мембранами в процессах синтеза электрохимически активированной воды является «пятнистая» электропроводность – следствие образования застойных зон и зон замедленного протока с увеличенной концентрацией продуктов электрохимических реакций.

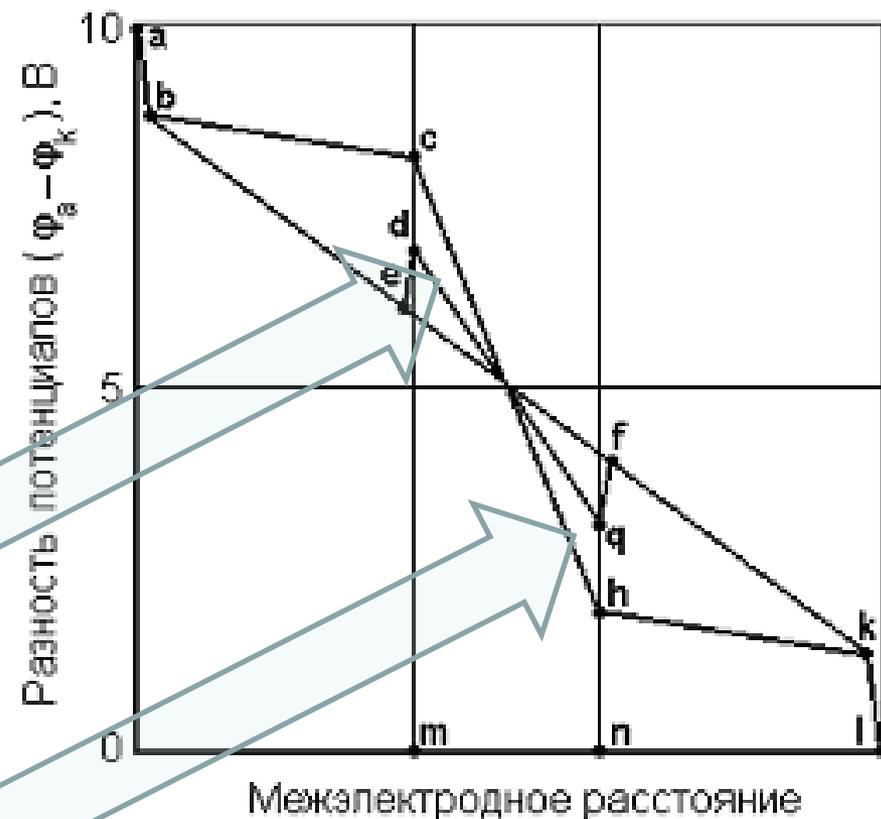


Распределение изотерм по поверхности плоского электрода диафрагменного электролизера



Неравномерность скорости протока разбавленного раствора электролита вдоль поверхности электрода приводит к локальным изменениям плотности тока и значительно ухудшает технические параметры электрохимического реактора

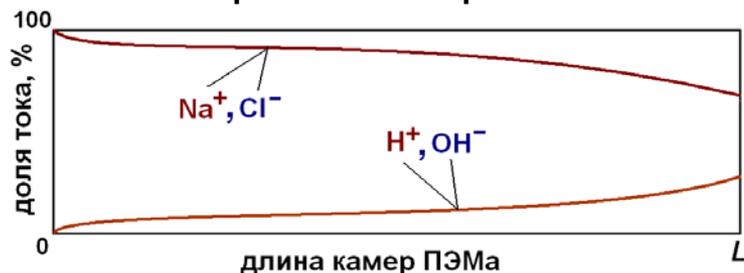
Другой причиной непригодности электрохимических реакторов с плоскими электродами и полимерными мембранами в процессах синтеза электрохимически активированной воды является взаимонейтрализация высокоактивных продуктов электрохимических реакций в толще полимерных перегородок.



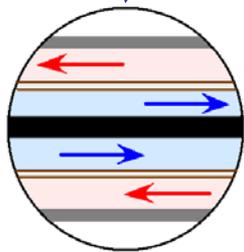
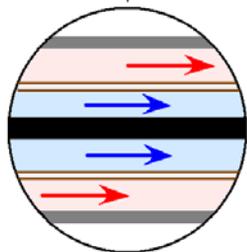
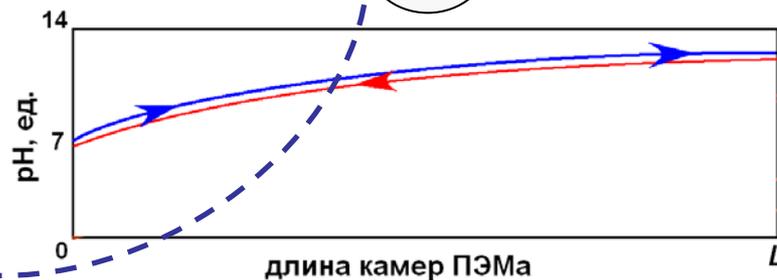
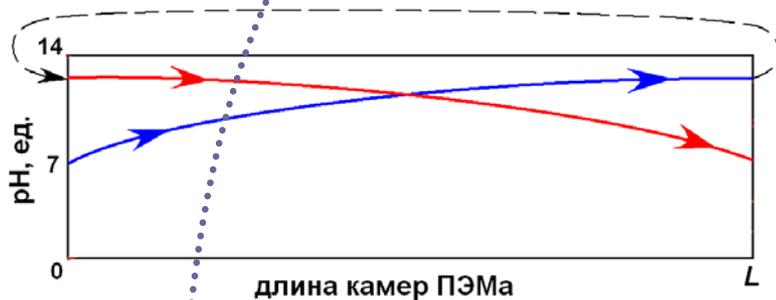
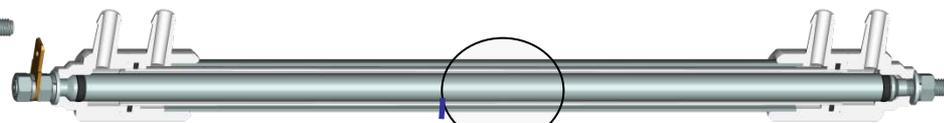
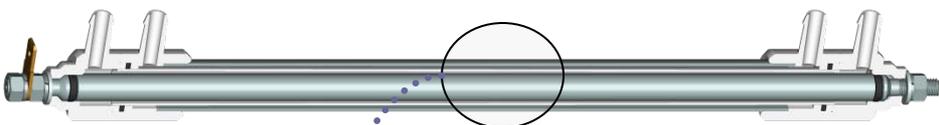
Градиент потенциала в межэлектродном пространстве электрохимического реактора.
 a b e f k l - без диафрагмы;
 a b c h k l - с микропористой полимерной диафрагмой или ионселективной полимерной мембраной;
 a b e d q f k l - с электрохимически активной керамической диафрагмой (в элементах ПЭМ-МБ);
 0 - m - ширина анодной камеры; m - n - толщина диафрагмы; n - l - ширина катодной камеры

Режимы противотока и параллельного протока в элементе ПЭМ

Параллельный проток



Противоток



Существенным недостатком электрохимических реакторов с плоскими электродами и полимерными диафрагмами (мембранами) является полное отсутствие возможности работы в режиме противотока, что значительно сужает область регулирования параметров воды и растворов в процессах их электрохимического преобразования. Элементы ПЭМ – МБ свободны от этого недостатка.

Изменение во времени процесса переноса заряда через диафрагму статического электрохимического реактора

Ионный состав воды

+

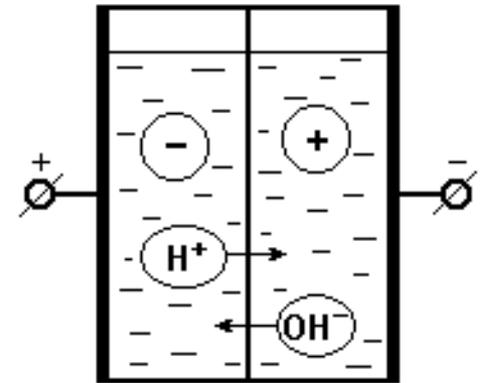
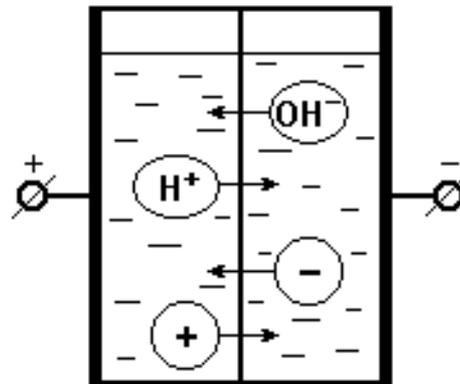
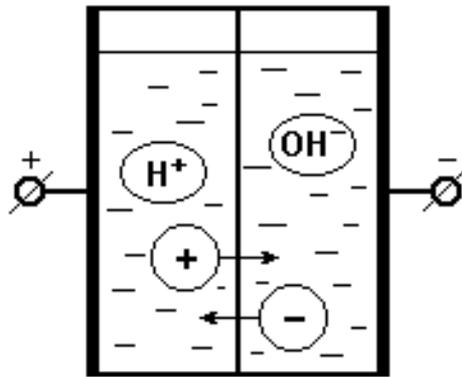


Катионы: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} и др.

-



Анионы: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- и др.



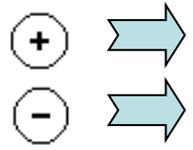
Начальная стадия процесса – ионы гидроксила (OH^-) и гидроксония (H^+) практически не участвуют в переносе заряда ввиду их малой концентрации в сравнении с концентрацией других анионов и катионов

Установившийся процесс электролиза: в переносе заряда принимают участие все ионы

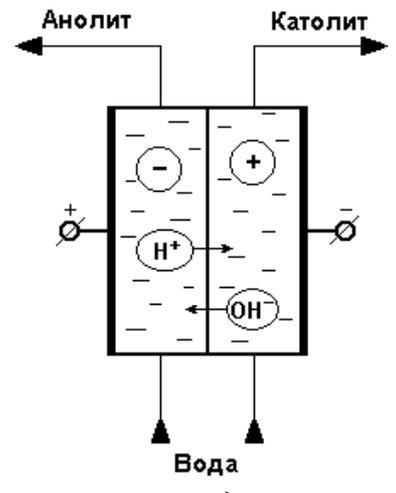
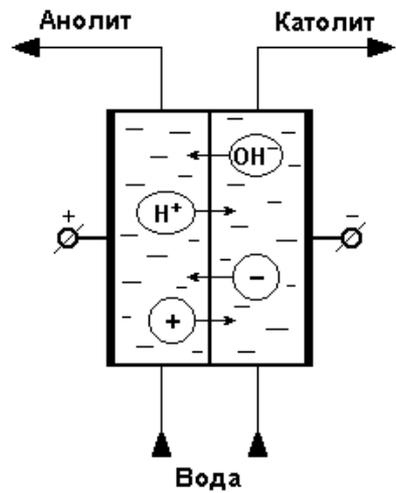
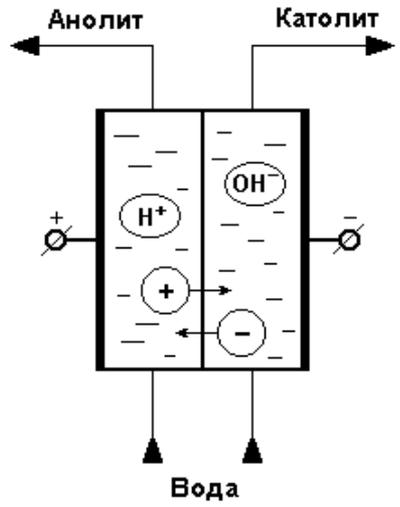
Конечная стадия процесса: полное разделение катионов и анионов растворенных веществ, в переносе заряда участвуют только ионы гидроксила (OH^-) и гидроксония (H^+)

Механизм переноса заряда через диафрагму в проточном электрохимическом реакторе в зависимости от соотношения удельного количества электричества и минерализации исходной воды

Ионный состав воды



Катионы: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} и др.
Анионы: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- и др.



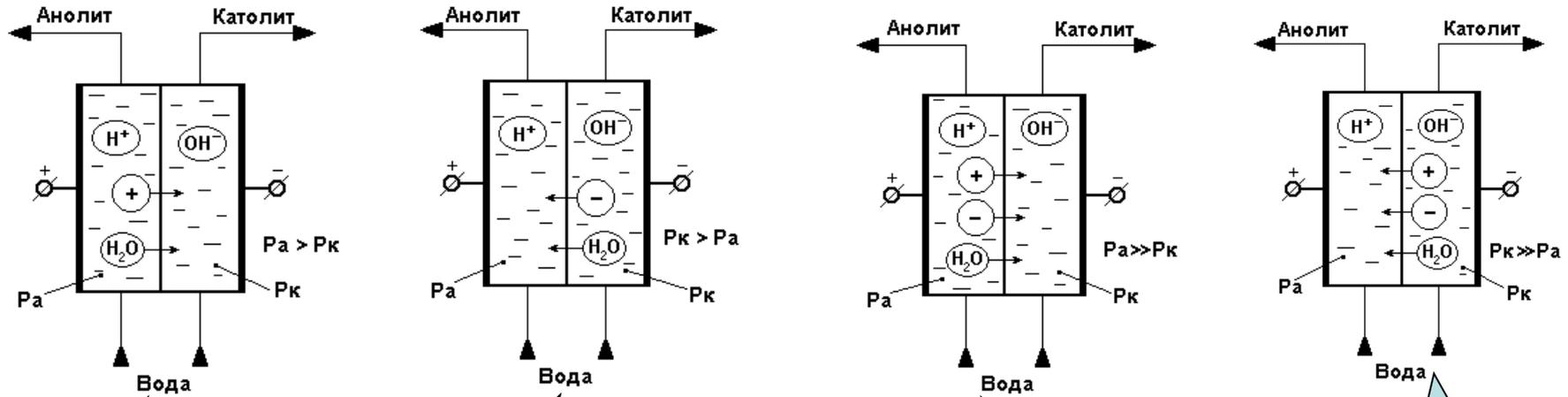
При $I/Q < F \times c$ ионы гидроксила (OH^-) и гидроксония (H^+) практически не участвуют в переносе заряда ввиду их малой концентрации в сравнении с концентрацией других анионов и катионов

При $I/Q \cong F \times c$ в переносе заряда принимают участие все ионы

При $I/Q > F \times c$ растворенных веществ, в переносе заряда участвуют только ионы гидроксила (OH^-) и гидроксония (H^+)

Условные обозначения: I - сила тока, А; Q - объемный расход воды через электродную камеру электрохимического реактора, л/с. F - число Фарадея ($F \approx 96500$ Кл/моль); c - концентрация растворенных в исходной воде ионов, моль/л

Использование искусственно вызванной ионселективной проводимости диафрагмы в элементе ПЭМ для управления свойствами электрохимически активированных растворов



Усиление окислительных свойств анолита с удалением части катионов растворенных солей

Усиление восстановительных свойств католита с удалением части анионов растворенных солей

Усиление окислительных свойств анолита с его частичным обессоливанием

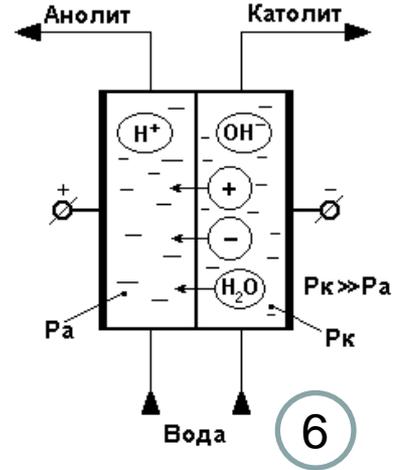
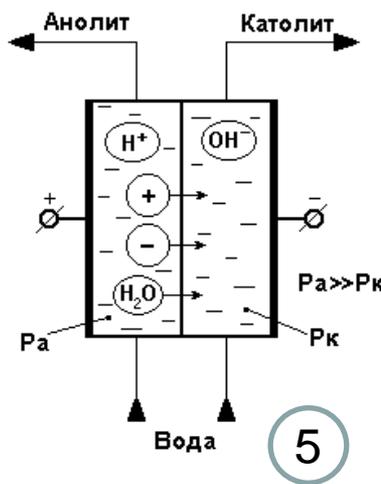
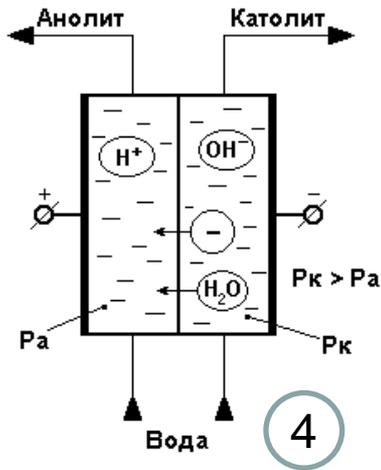
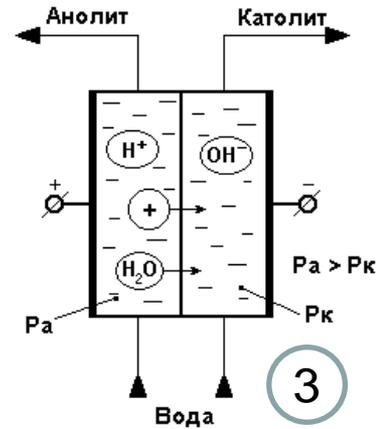
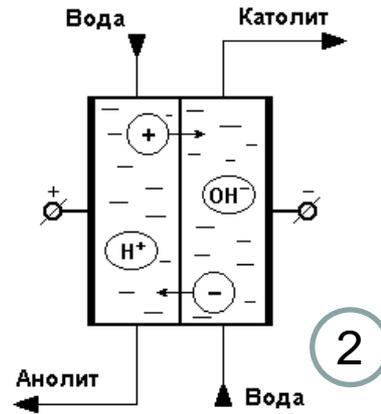
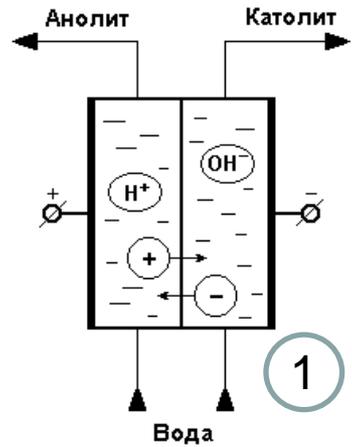
Усиление восстановительных свойств католита с его частичным обессоливанием

Условные обозначения: P_A и P_K - давление в анодной и катодной камерах соответственно;

⊕ - Катионы: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} и др.

⊖ - Анионы: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- и др.

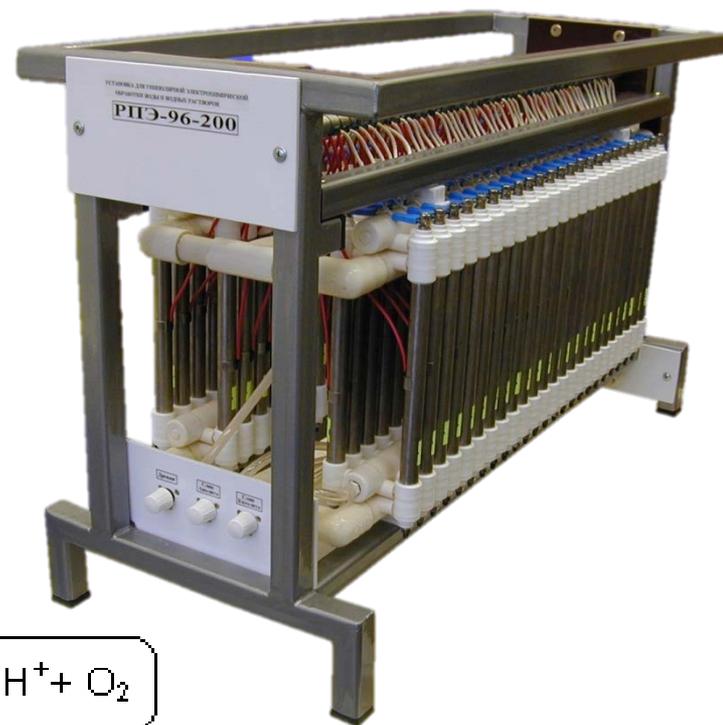
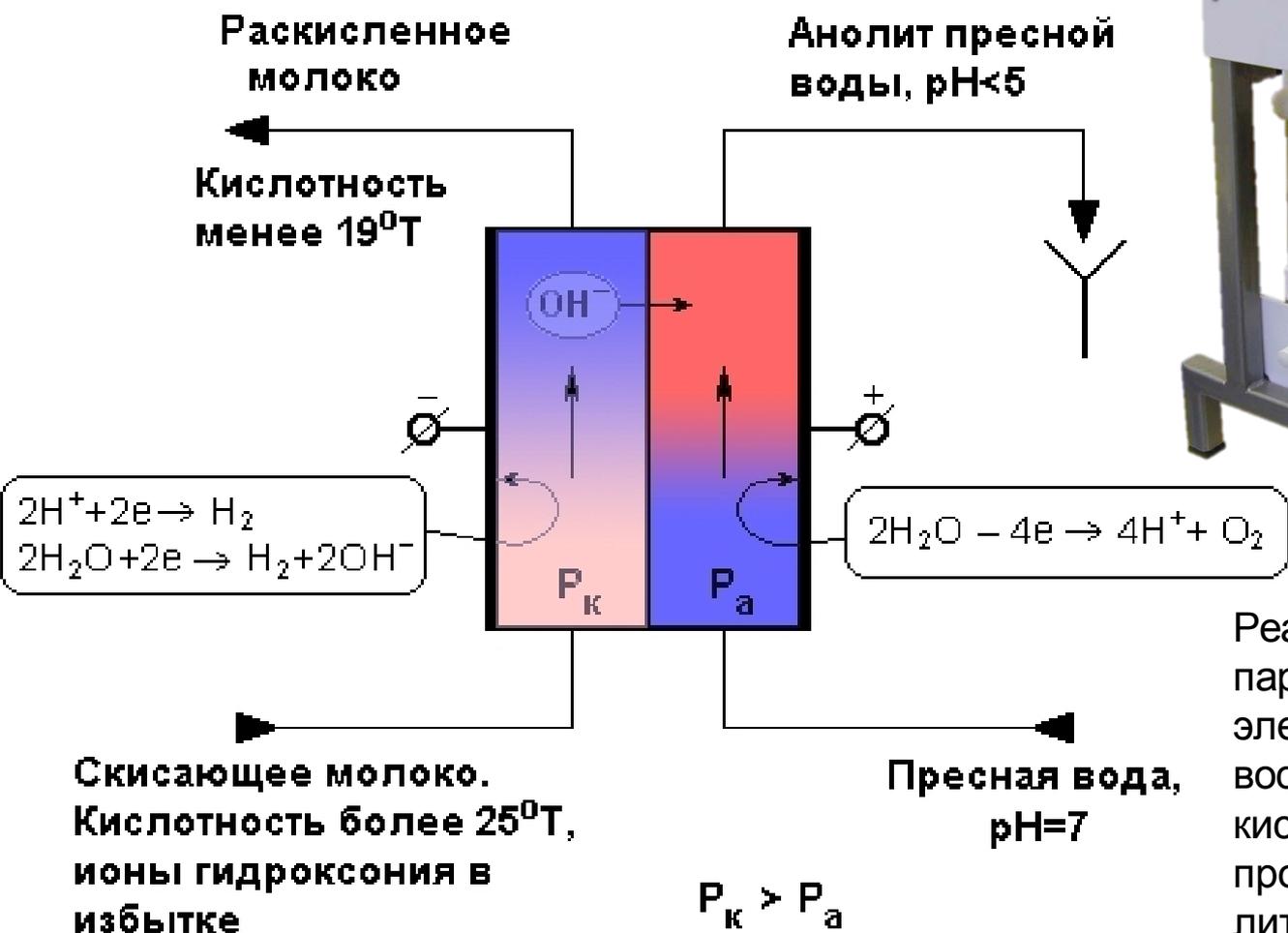
Вариабельность технологических режимов работы реакторов РПЭ из элементов ПЭМ-МБ (противоток, прототок, градиенты давления в диафрагме) делает их исключительно гибким инструментом управления свойствами воды и растворов



1 – ставшее традиционным получение электрохимически активированных анолита и католита; негативное влияние на параметры продуктов оказывает синхронно увеличивающаяся разность значений pH и ОВП в электродных камерах. 2 – противоток элиминирует отрицательное влияние разности pH и ОВП в схеме 1. 3 - усиление окислительных свойств анолита с удалением части катионов растворенных солей. 4 - усиление восстановительных свойств католита с удалением части анионов растворенных солей; 5 - усиление окислительных свойств анолита с его частичным обессоливанием; 6 - усиление восстановительных свойств католита с его частичным обессоливанием.

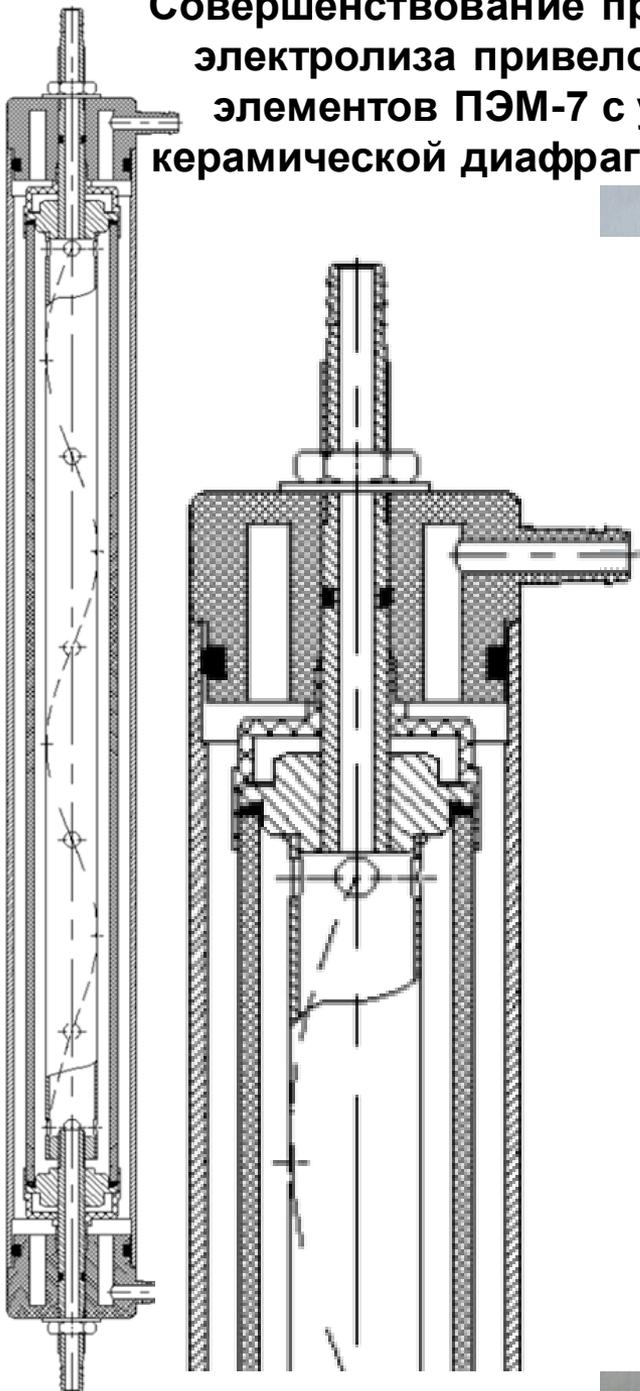
P_A и P_K - давление в анодной и катодной камерах соответственно

Электрохимическая униполярная обработка пресной воды и разбавленных водных растворов электролитов, в том числе, экстрагентов растительного сырья, молока, эмульсий прямых и обратных, растворов ПАВ возможна при использовании возможностей вариации технологических схем работы реактора



Реактор с электрически параллельно включенными элементами ПЭМ-3 позволяет восстанавливать нормальную кислотность молока с производительностью до 2000 литров в час

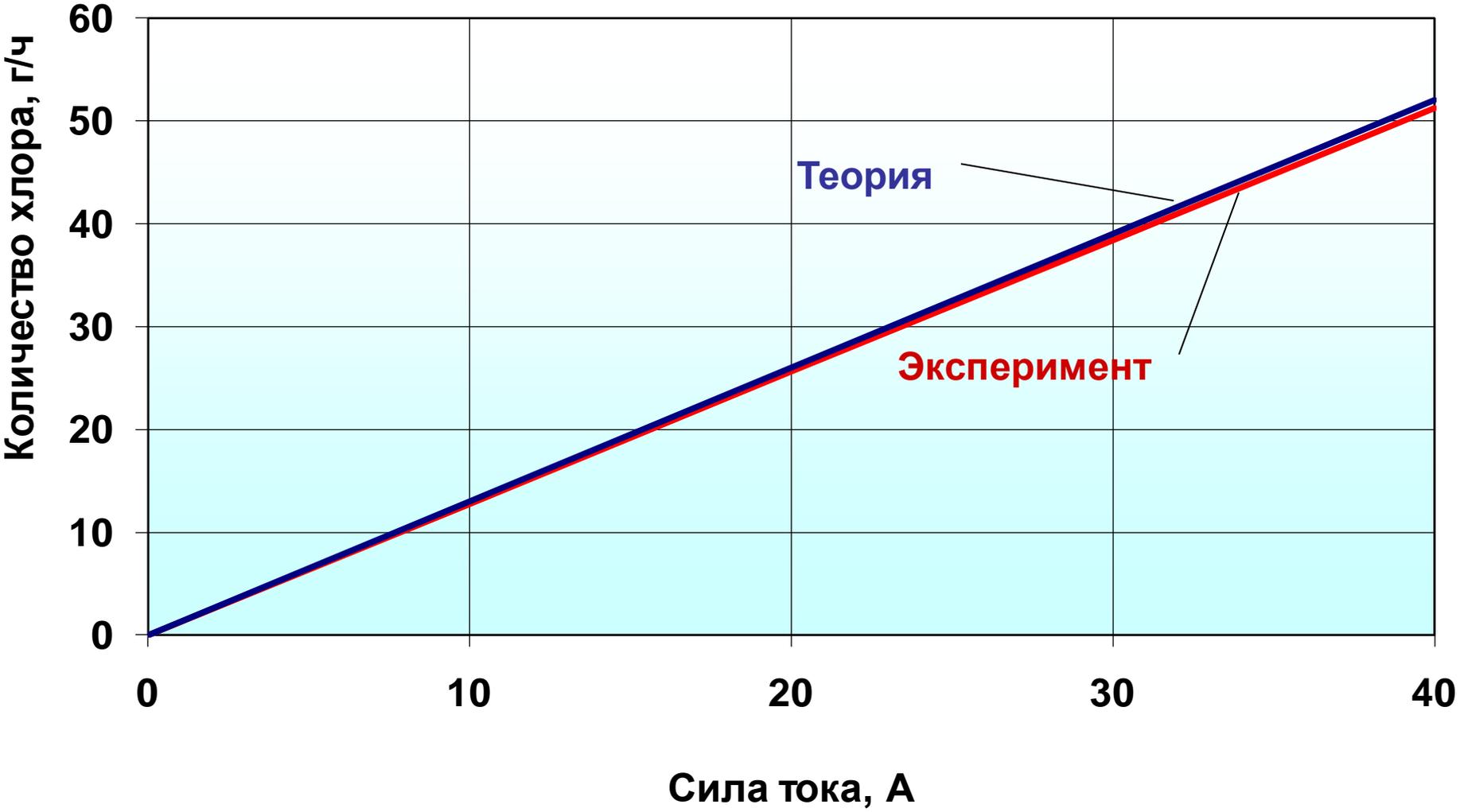
Совершенствование процессов ионселективного электролиза привело в 2000 году к созданию элементов ПЭМ-7 с увеличенной толщиной керамической диафрагмы (2,5 мм вместо 0,8 мм)



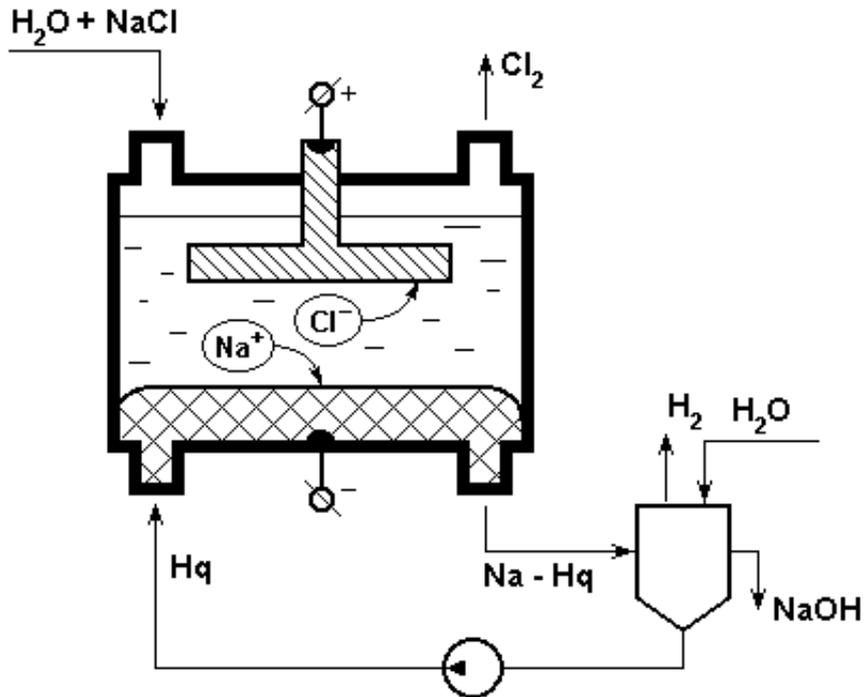
Проточные электрохимические модульные элементы МБ-26-01 и МБ-26-02 для осуществления процесса ионселективного электролиза с диафрагмой являются ступенями совершенствования конструкции универсального модульного диафрагменного электрохимического реактора для осуществления принципиально нового, четвертого (после ртутного, диафрагменного и мембранного) процессов электрохимического разложения раствора хлоридов щелочных металлов (2009)



Производительность элементов ПЭМ-7, МБ-26-01, МБ-26-02 по оксидантам (в пересчете на молекулярный хлор) в зависимости от силы тока



Получение хлора электролизом с ртутным катодом



Недостатки:

- При работе на неподкисленном растворе хлорида натрия расход электроэнергии увеличивается до 4900 кВт-ч на 1 т Cl_2
- Безвозвратные потери ртути, загрязнение хлора парами ртути
- Необходимость глубокой очистки исходного раствора хлорида натрия от ионов тяжелых металлов, железа, солей жесткости

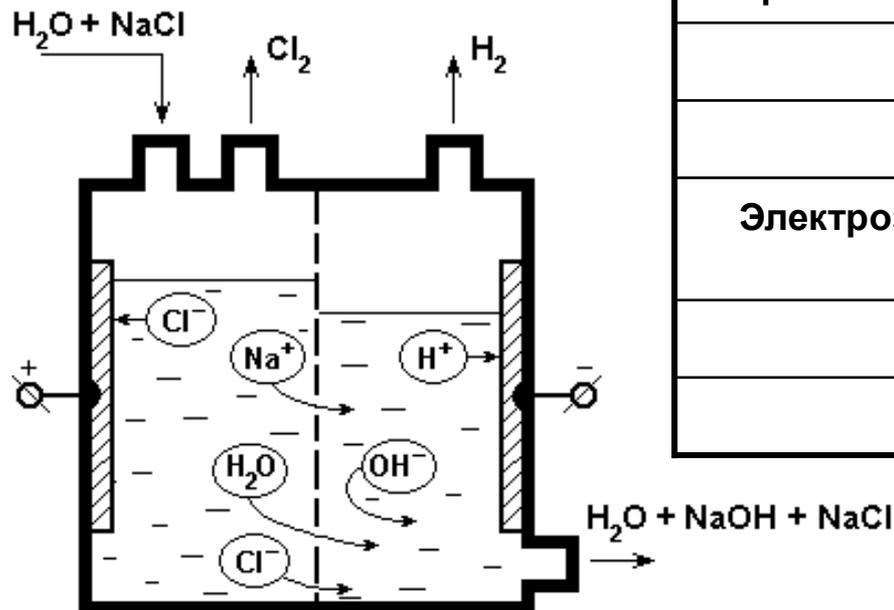
Статья расхода	Электролиз с ртутным катодом	
	на 1 т Cl_2	на 1 т NaOH
Соль поваренная (100% NaCl), т	1,81	1,6
Сода кальцинированная (95% Na_2CO_3), кг	11,5	10
Сода каустическая (100% NaOH), кг	16-34	14-30
Соляная кислота (31% HCl), кг	22-36	20-32
Хлористый барий, кг	3,5-12	3-10
Серная кислота (100% H_2SO_4), кг	17-23	15-20
Графит, кг	3,0-4,5	2,7-4,0
Рутений, г	0,1-0,2	-
Электроэнергия постоянного тока, кВт-ч	3390-3730	3000-3200
Пар, ГДж	1,42-4,75	1,26-4,19
Вода, м ³	10-15	9-13

Получение хлора электролизом с диафрагмой

Недостатки:

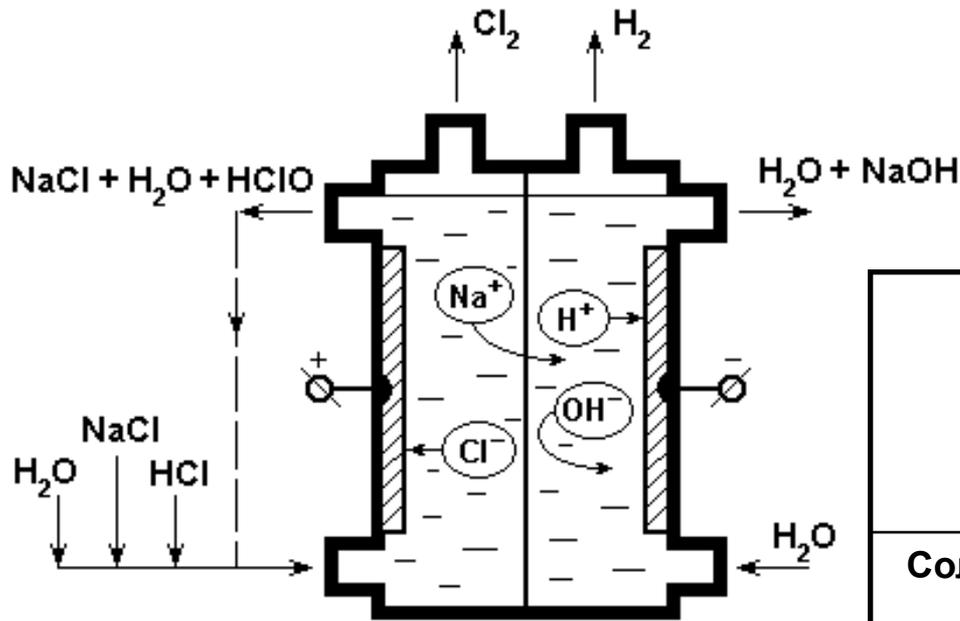
- При работе на неподкисленном растворе хлорида натрия расход электроэнергии увеличивается до 4300 кВт-ч на 1 т Cl_2

- Необходимость постоянного отделения соли от католита (электролитических щелоков) и возвращения ее в цикл



Статья расхода	Электролиз с диафрагмой	
	на 1 т Cl_2	на 1 т NaOH
Соль поваренная (100% NaCl), т	1,81	1,6
Сода кальцинированная (95% Na_2CO_3), кг	11,5	10
Соляная кислота (31% HCl), кг	25,0	22
Серная кислота (100% H_2SO_4), кг	17-23	15-20
Графит, кг	5,6	5
Рутений, г	0,1-0,2	-
Электроэнергия постоянного тока, кВт-ч	2700-3100	2400-2750
Пар, ГДж	10,9-15,5	9,6-13,4
Вода, м ³	10-15	9-13

Получение хлора электролизом с ионообменной мембраной

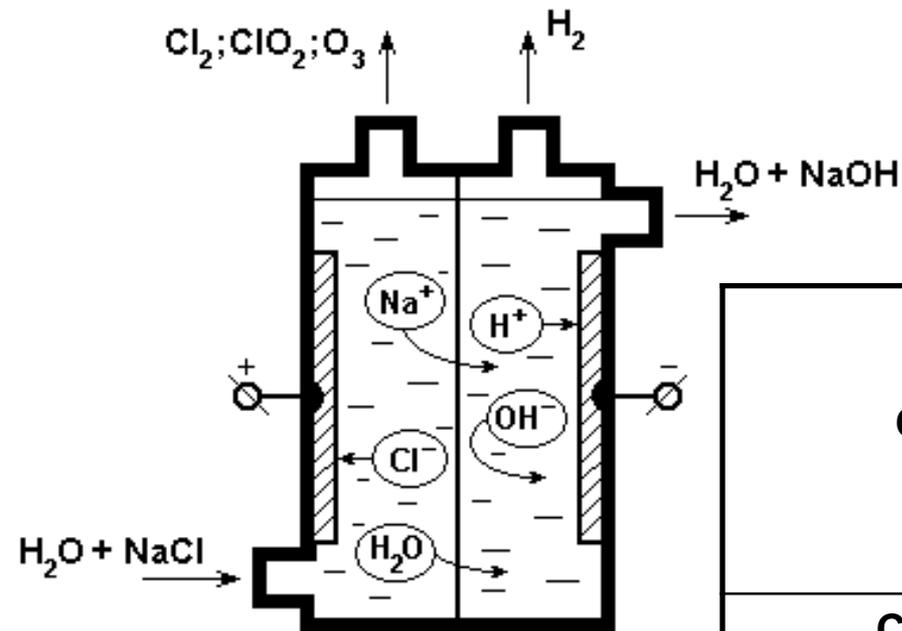


Недостатки:

- При работе на неподкисленном растворе хлорида натрия расход электроэнергии увеличивается до 5100 кВт·ч на 1 т Cl_2
- Необходимость глубокой очистки исходного раствора хлорида натрия от ионов тяжелых металлов, железа, солей жесткости

Статья расхода	Электролиз с ионообменной мембраной	
	на 1 т Cl_2	на 1 т NaOH
Соль поваренная (100% Na Cl), т	1,82	1,65
Сода кальцинированная (95% Na_2CO_3), кг	13	11
Сода каустическая (100% NaOH), кг	18-36	16-32
Соляная кислота (31% HCl), кг	30-45	29-41
Рутений, г	0,1-0,2	-
Электроэнергия постоянного тока, кВт·ч	3100-4500	2700-3900
Вода, м ³	20-35	18-31

Получение газообразной смеси оксидантов в установке АКВАХЛОР: ионселективный электролиз с диафрагмой



Недостатки:

- Новизна технологического процесса, новизна технической системы и, как следствие, малая информированность широкой научно-технической общественности и специалистов о новой прогрессивной технологии и технике

Статья расхода	Электролиз в установке АКВАХЛОР	
	на 1 т Cl_2	на 1 т NaOH
Соль поваренная (100% NaCl), т	1,8 – 2,0	1,6 – 1,8
Сода кальцинированная (95% Na_2CO_3), кг	2 - 3	1,5 – 2,5
Рутений, г	0,01-0,03	–
Иридий, г	0,005–0,008	–
Электроэнергия постоянного тока, кВт-ч	1900–4000	1650–3500
Вода, м ³	7–8	6,5–7,5

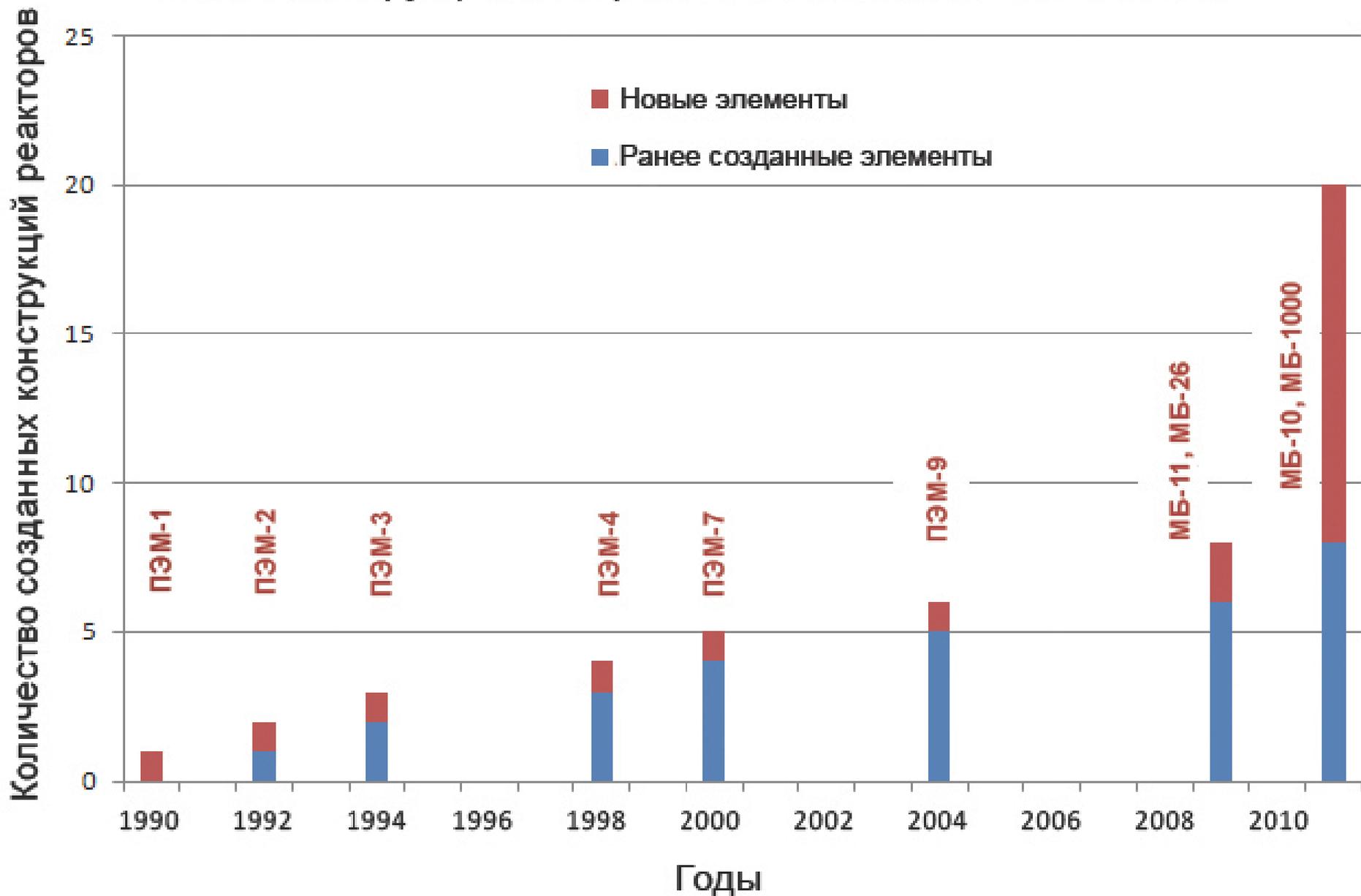
Дальнейшее совершенствование конструкции элементов МБ привело к появлению в 2011 году целой серии высоконадежных и высокопроизводительных моделей, которые, наряду с ранее разработанными конструкциями, находят самое широкое применение в электрохимических установках нового поколения – СТЭЛ, АКВАХЛОР, ИЗУМРУД, ОКСИТРОН, РОСТОК и других.



История создания и совершенствования проточных электрохимических модульных элементов ПЭМ - МБ

Обозначение	Год создания	Патент	Отличительные признаки
ПЭМ-1	1989	GB 2 253 860	Проточные электрохимические модульные элементы для электрохимической обработки разбавленных водных растворов неорганических электролитов , преимущественно хлоридов, и пресной воды. Увеличение номера модели соответствует возрастанию степени конструктивного и технологического совершенства элементов ПЭМ.
ПЭМ-2	1992	РФ № 2042639	
ПЭМ-3	1994	РФ № 2078738	
ПЭМ-4	1998	РФ № 2145940	
ПЭМ-7	2000	РФ № 2176989	Проточные электрохимические модульные элементы для электрохимической обработки концентрированных водных растворов хлорида натрия .
ПЭМ-9	2004	РФ № 2270885	
МБ-11 * - модуль Бахира	2009	РФ №2350692	Проточные электрохимические модульные универсальные элементы – модули Бахира. Предназначены для электрохимической обработки водных растворов неорганических электролитов – хлоридов, сульфатов, карбонатов - любой возможной концентрации . Номер модели характеризует условный диаметр керамической диафрагмы.
МБ-26	2009	РФ №2350692	
МБ-11-01-01 – МБ-11-40-58, МБ-26-01-01 – МБ-26-29-34	2012	Заявка на патент РФ №2012105962	Модули Бахира. Предназначены для электрохимической обработки как водных, так и неводных растворов электролитов любой возможной концентрации, в том числе, ряд моделей - для работы в условиях повышенного давления (до 20 кгс/см ²) и температуры (до 120 °С). Четыре последних цифры в обозначении модели характеризуют типоразмер (две цифры) и вид исполнения (две цифры).

Динамика появления изобретений в области создания новых конструкций электрохимических элементов ПЭМ и МБ



Основные технологические принципы электрохимической активации

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 транспортировку и хранение опасных веществ.

Основные технические принципы электрохимической активации

Электрохимическое преобразование воды и водных растворов производится в проточных электрохимических модульных элементах, снабженных ультрафильтрационными керамическими диафрагмами, способными работать в потоках агрессивных сред с самоорганизующимися диссипативными структурами течения при значительных градиентах давления и электрического потенциала, что позволяет селективно управлять процессами энерго- и массопереноса в широком диапазоне концентраций ионов электролитов различного химического состава.

Промышленные высокопроизводительные технические электрохимические системы создают из отдельных модульных элементов (компактных электрохимических реакторов) по принципу формирования живых организмов из отдельных клеток, причем, назначение системы определяется схемой гидравлических и электрических соединений элементов, а производительность - их количеством.

Основной критерий рациональности применения электрохимической активации

Многokратная экономия энергии, труда, времени и материалов в сравнении с традиционными техническими решениями при одновременном повышении эффективности основного технологического процесса; достижение новых свойств и результатов

Некоторые практические результаты применения технологии электрохимической активации

Более 40 000 не имеющих аналогов в мире электрохимических установок СТЭЛ для получения экологически чистых моющих, дезинфицирующих и стерилизующих растворов, работают в госпиталях России и многих стран.

Более десяти городов с населением от 30 до 200 тысяч человек (в. т.ч. Энгельс, Вольск, Балаково, Невинномысск, Усть-Илимск, Саянск), а также множество поселков потребляют питьевую воду, очищенную и обеззараженную при помощи не имеющих аналогов в мире установок АКВАХЛОР

Более 300 000 не имеющих аналогов в мире установок ИЗУМРУД для очистки питьевой воды и придания ей антиоксидантных свойств работают в квартирах россиян и жителей многих других стран.

Установки СТЭЛ для получения электрохимически активированных антимикробных и моющих растворов

Установки СТЭЛ предназначены для получения экологически чистого антимикробного электрохимически активированного раствора универсального назначения - анолита.

Создание и совершенствование технологии получения анолита происходило всегда в стремлении достичь трех главных критериев, которыми характеризуется «идеальное» жидкое средство для борьбы с микробами:

1. Антимикробное средство должно обладать широким спектром антимикробного действия, т.е. эффективно уничтожать бактерии, микобактерии, вирусы, грибы и споры вне зависимости от продолжительности и частоты применения, что предполагает наличие свойств, препятствующих микроорганизмам выработать резистентность.
2. Антимикробное средство должно быть безопасным для человека и животных как во время его приготовления и применения, так и после окончания использования по назначению, т.е. в период деградиционных и деструктивных изменений под влиянием факторов внешней среды или в результате процессов биодеградациии в организме человека, т.е., иными словами, антимикробное средство и продукты его естественной или искусственной деградациии не должны содержать веществ-ксенобиотиков.
3. Антимикробное средство должно обладать универсальностью действия, т.е. иметь не только противомикробные свойства, но также обладать моющей способностью с минимальной повреждающей и коррозионной активностью по отношению к различным материалам, а также быть максимально простым в применении и при этом относительно недорогим.

Условные обозначения в принципиальных гидравлических схемах электрохимических процессов:

RPE - реактор электрохимический РПЭ в виде одного или нескольких (блок) диафрагменных проточных электролитических модульных элементов (элементов ПЭМ);

P - насос;

PR - регулятор давления;

D - дренаж;

V - вентиль регулирующий;

R - гидравлическое сопротивление;

M - смеситель;

S - сепаратор для отделения газа от жидкости;

F - флотационный реактор для отделения частиц твердой фазы от жидкости;

C - каталитический реактор;

E_τ - промежуточная емкость для выдержки во времени реакционной среды до завершения химических реакций;

E_{AUX} - емкость циркуляционного контура для вспомогательного электролита;

W - вода питьевая;

A - полученный в установках СТЭЛ электрохимически активированный анолит кислотный для использования в медицине (рН < 5,0; ОВП = + 800 ... + 1200 мВ. Значения ОВП здесь и далее приводятся для системы измерительного платинового электрода относительно хлорсеребряного электрода сравнения);

AN - полученный в установках СТЭЛ электрохимически активированный анолит нейтральный для использования в медицине (рН = 6,0 ± 1,0; ОВП = +600 ... + 900 мВ);

ANK - полученный в установках СТЭЛ электрохимически активированный анолит нейтральный для использования в медицине (рН = 7,7 ± 0,5; ОВП = + 450 ... + 800 мВ);

AND - полученный в установках СТЭЛ электрохимически активированный анолит нейтральный для использования в медицине (рН = 7,3 ± 0,5; ОВП = +700 ... + 1100 мВ);

K - полученный в установках СТЭЛ католит (рН > 9,0; ОВП = - 700 ... - 820 мВ).

⊕ - катионы металлов, в частности, натрия;

⊖ - анионы растворенных солей, в частности, хлор-ионы.

Получение электрохимически активированных кислотоанодита А и щелочного католита К в установке СТЭЛ

Условия процесса: перенос заряда через диафрагму ионами натрия и хлора; скорости потока через анодную и катодную камеры сопоставимы

Катодная камера

Параметры раствора в начале процесса: pH = 6,5 ... 7,5; ОВП = + 300 ... + 400 мВ (х.с.э.)

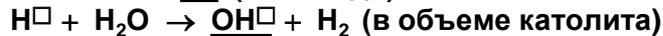
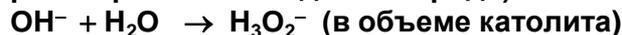
Параметры католита в конце процесса: pH = 9 ... 12 (зависит от концентрации соли и глубины электрохимических превращений); ОВП = -300 ... -860 мВ (х.с.э.)

Химические реакции:



$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ (на катоде, при плотности тока более 500 А/м²; скорость реакции возрастает при уменьшении концентрации хлорида натрия)

$\text{O}_2 + \text{e} \rightarrow \text{O}_2^-$; $\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow \text{HO}_2^- + \text{OH}^-$; $\text{O}_2 + 2\text{H}_2 + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{OH}^-$ (на катоде, с участием растворенного в воде кислорода)

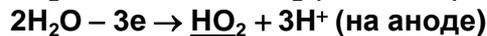
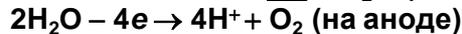
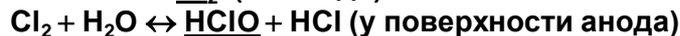


Анодная камера

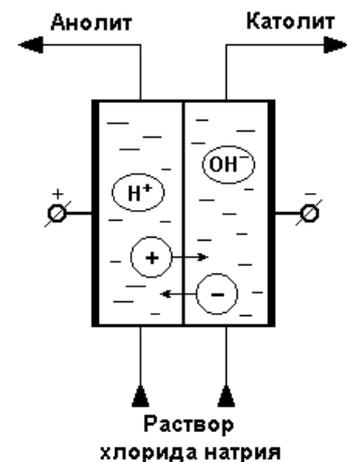
Параметры раствора в начале процесса: pH = 6,5 ... 7,5; ОВП = + 300 ... + 400 мВ (х.с.э.)

Параметры анолита в конце процесса: pH = 2 ... 5 (зависит от концентрации соли и глубины электрохимических превращений); ОВП = + 900 ... +1200 мВ (х.с.э.)

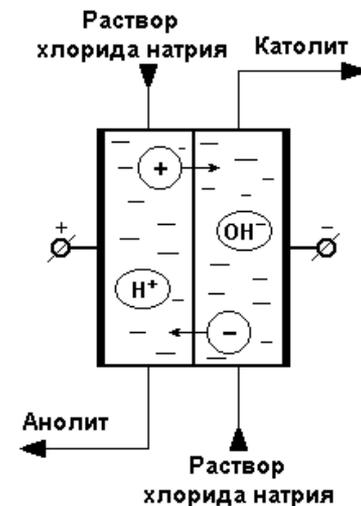
Химические реакции:



Ион гидроксила образует с молекулой воды ион H_3O_2^- , который активно взаимодействует с различного рода загрязнениями, обеспечивая аномально высокую моющую активность католита. Ионы гидроксила в виде соединений типа H_3O_2^- , удерживаемых на межфазных поверхностях микропузырьков водорода, могут существовать в католите достаточно долго, сохраняя его свойства как эффективного моющего агента.



Режим параллельных потоков



Режим противотока

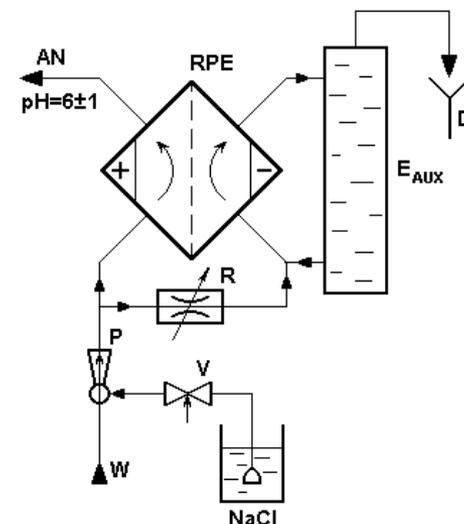
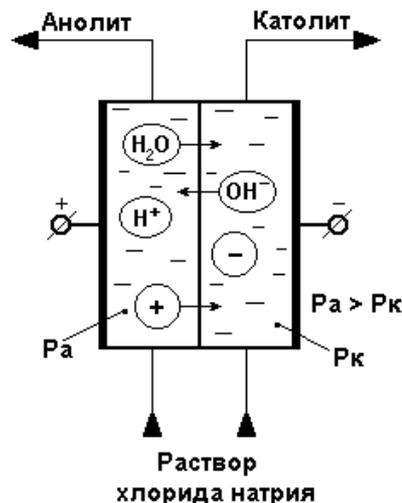
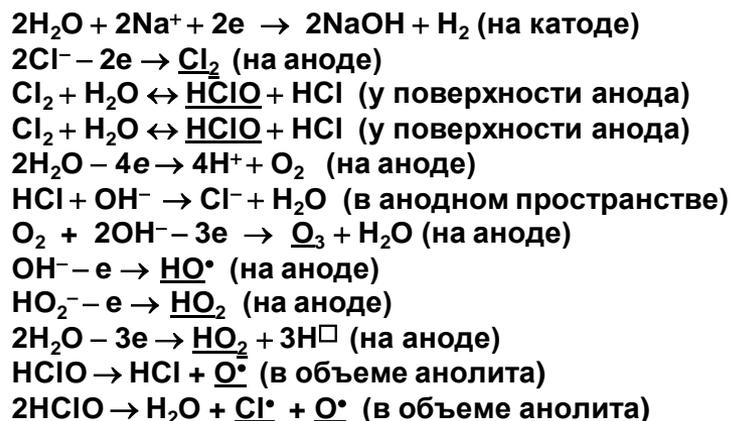
Получение электрохимически активированного нейтрального анолита АН в установке СТЭЛ

Условия процесса: перенос заряда через диафрагму ионами натрия и гидроксила; скорость потока через катодную камеру во много раз меньше скорости потока через анодную камеру

Параметры раствора в начале процесса: pH = 6,5 ... 7,5; ОВП = + 300 ... + 400 мВ (х.с.э.)

Параметры анолита в конце процесса: pH = 5 ... 7; ОВП = + 900 ... +1000 мВ (х.с.э.)

Химические реакции:



Варианты технологических схем получения анолита АН

P_A – давление в анодной камере; P_K – давление в катодной камере.

Основным активным компонентом в растворе АН является хлорноватистая кислота, являющаяся самым сильным окислителем в ряду $\text{ClO}^- < \text{Cl}_2 < \text{HClO}$. Нейтральный анолит не обладает столь резким запахом свободного хлора, как кислый анолит, т.к. ни раствор, ни газовая фаза практически не содержат Cl_2 . Основными компонентами газовой фазы нейтрального анолита являются Cl_2O и кислород.

Окислительные процессы в растворах нейтрального анолита в значительной степени обусловлены действием атомарного кислорода, образующегося в растворах активного хлора в условиях нейтральных и слабо-кислых значений pH ($5,0 < \text{pH} < 7,0$) в результате разложения HClO и ClO^- : $\text{HClO} \rightarrow \text{HCl} + \text{O}^\bullet$; $2\text{HClO} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^\bullet + \text{O}^\bullet$.

Возможен также механизм образования атомарного кислорода в результате взаимодействия $\text{ClO}^- / \text{HClO}$ с пероксидом водорода, образующимся в результате разряжения гидроксид-ионов (OH^-) на аноде: $\text{OH}^- - \text{e} \rightarrow \text{OH}^\bullet$.

Получение электрохимически активированного нейтрального анолита АНК в установке СТЭЛ

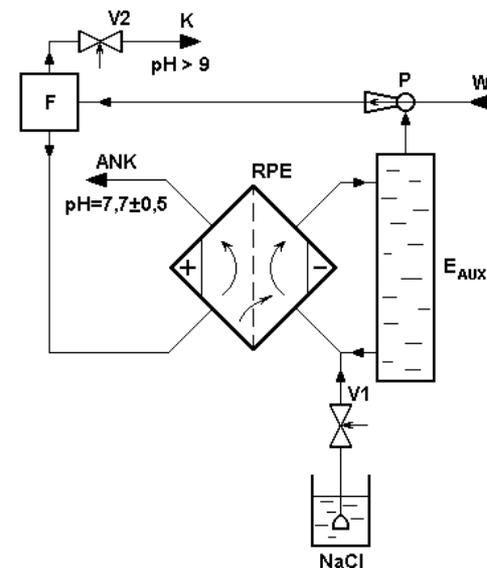
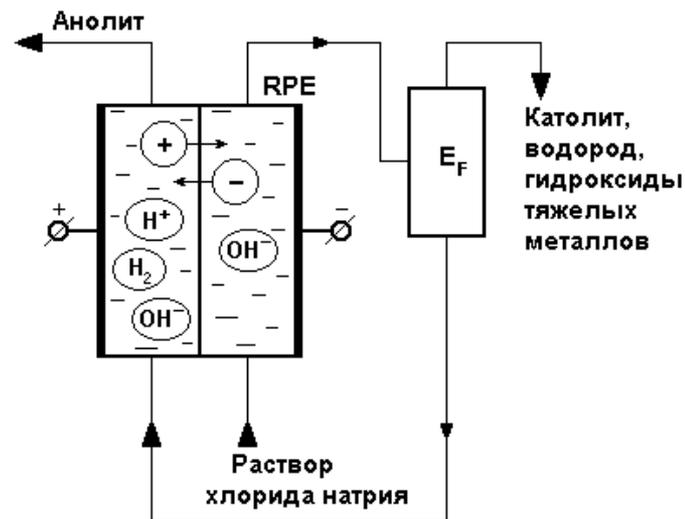
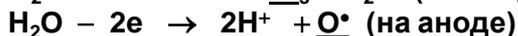
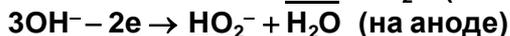
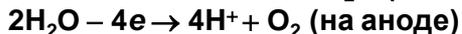
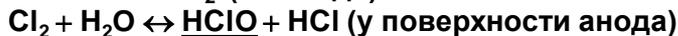
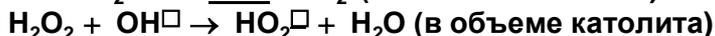
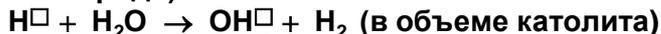
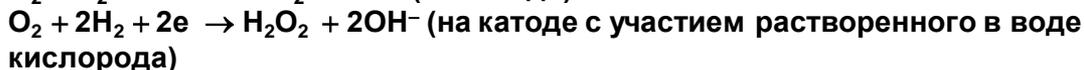
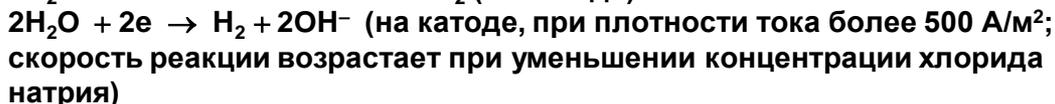
Условия процесса: перенос заряда через диафрагму ионами натрия и хлора, удаление части катионов металлов, насыщение раствора водородом.

Параметры раствора в начале процесса катодной обработки: pH = 6,5 ... 7,5; ОВП = + 300 ... + 400 мВ (х.с.э.)

Параметры католита в начале процесса анодной обработки: pH = 9 ... 12 (зависит от концентрации соли и глубины электрохимических превращений); ОВП = -300 ... -860 мВ (х.с.э.)

Параметры анолита АНК в конце процесса: pH = 6,5 ... 7,5; ОВП = + 800 ... +900 мВ (х.с.э.)

Химические реакции:



Варианты технологических схем получения анолита АНК

Получение электрохимически активированного нейтрального анолита АНД в установке СТЭЛ

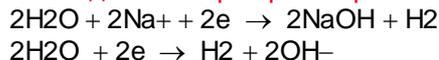
Условия процесса: перенос заряда через диафрагму преимущественно ионами натрия и гидроксила

Параметры раствора в начале процесса: pH = 6,5 ... 7,5; ОВП = + 300 ... + 400 мВ (х.с.э.)

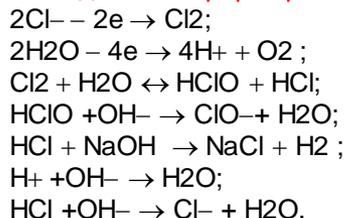
Параметры анолита в конце процесса: pH = 7,0 ... 7,3; ОВП = + 900 ... +1100 мВ (х.с.э.)

Химические реакции:

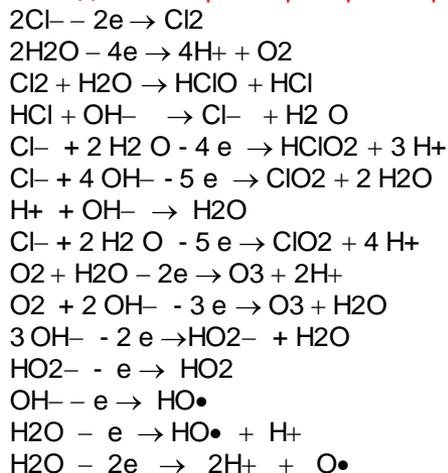
В катодных камерах реакторов:



В анодной камере первого реактора:

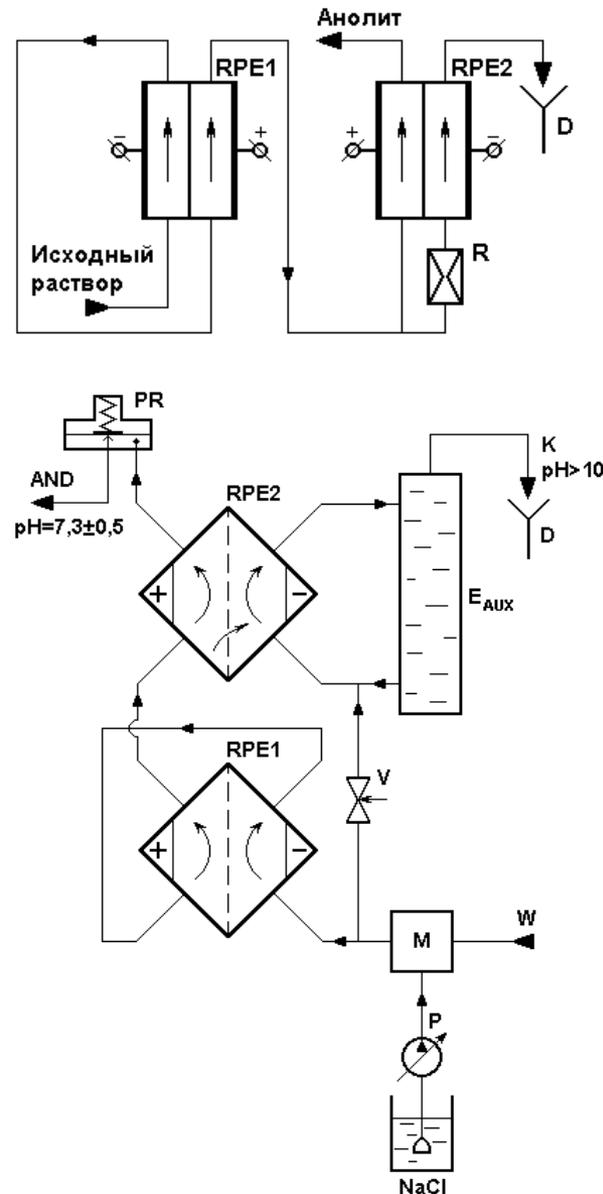


В анодной камере второго реактора:



В катодную камеру первого реактора поступает подсолённая водопроводная питьевая вода (концентрация хлорида натрия составляет от 1 до 5 г/л). После выхода из катодной камеры весь поток католита вместе с растворённым и газообразным водородом поступает в анодную камеру этого же реактора. Единственным биоцидным соединением, образующимся в анодной камере реактора РПЭ-1, является гипохлорит-ион. Весь поток жидкости с растворёнными водородом и кислородом, а также вместе с газообразными водородом и кислородом, поступает в анодную камеру второго реактора, давление в которой больше, чем давление в катодной камере (в циркуляционном контуре католита) на величину от 0,1 до 0,4 кгс/см².

В анодной камере второго реактора осуществляется постоянное удаление ионов натрия через диафрагму в катодную камеру. Этот процесс происходит благодаря двум силам, действующим однонаправленно - перепаду давления на диафрагме и электрофоретическому действию электрического поля.



Варианты технологических схем получения анолита АНД

Получение гипохлорита натрия в бездиафрагменном электрохимическом реакторе

Условия процесса: в переносе заряда между электродами принимают участие ионы хлора, натрия, гидроксила и гидроксония.

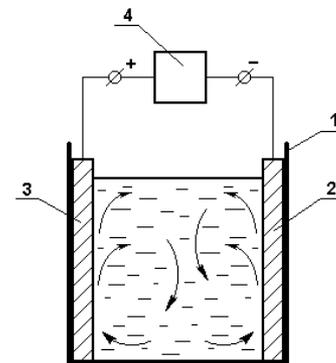
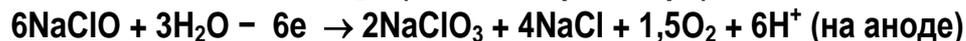
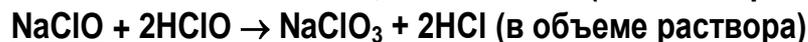
Параметры раствора в начале процесса: pH = 6,5 ... 7,5; ОВП = + 300 ... + 400 мВ (х.с.э.)

Параметры раствора в конце процесса: pH = 10,5; ОВП = + 600 ... + 700 мВ (х.с.э.)

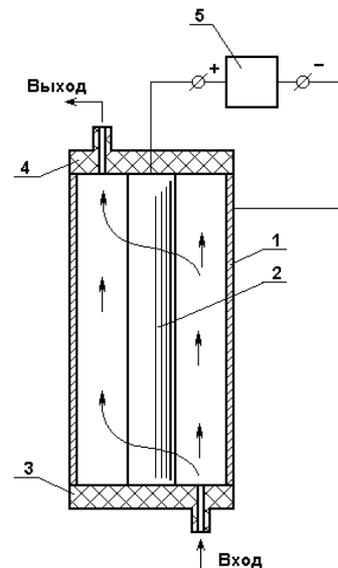
Химические реакции в начальной стадии процесса:



Сопутствующие химические реакции, скорость которых возрастает по мере увеличения концентрации гипохлорита натрия:



Статический электрохимический реактор
1 – корпус; 2 – катод; 3 – анод; 4 – источник тока



Проточный электрохимический реактор
1 – корпус (катод); 2 – стержневой анод;
3,4 – диэлектрические крышки; 5 – источник тока

Анолит АНК: действующие компоненты:

Гидропероксидные соединения

HO^\bullet – радикал гидроксила

HO_2^- – анион пероксида

HO_2^\bullet – радикал пероксида водорода (пероксорадикал)

HO_2 – супероксид водорода

HO_2^- – анион гидропероксида

$^1\text{O}_2$ – синглетный молекулярный кислород

O_2^- – молекулярный ион-радикал кислорода (супероксид-анион)

O^{2-} – ион кислорода

O_3 – озон

O_3^- – молекулярный анион-радикал озона

H_2O^- – молекулярный анион воды

H_3O_2^+ – катион пероксония

O^\bullet – атомарный кислород

H_3O^+ – гидроксоний-ион (гидроний-катион)

Хлоркислородные соединения

HClO – хлорноватистая кислота

ClO^- – гипохлорит-ион

ClO^\bullet – гипохлорит-радикал

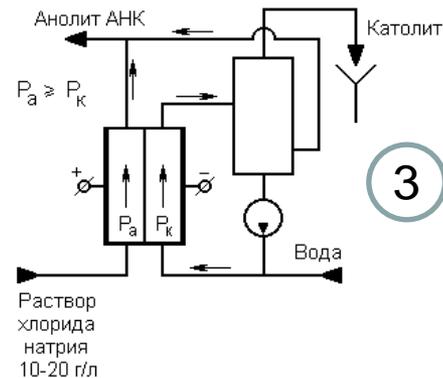
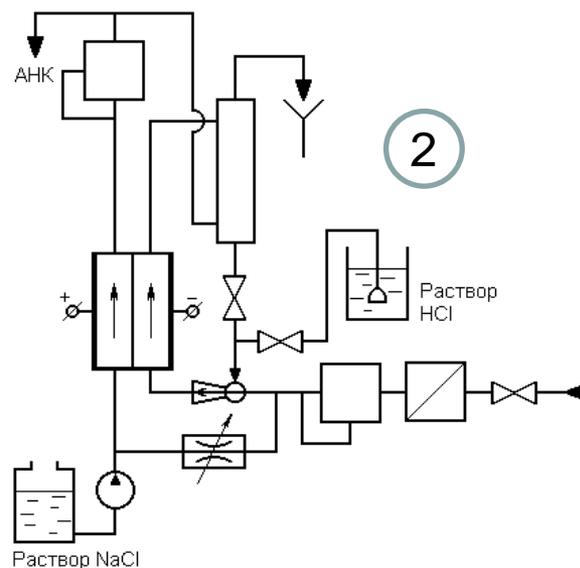
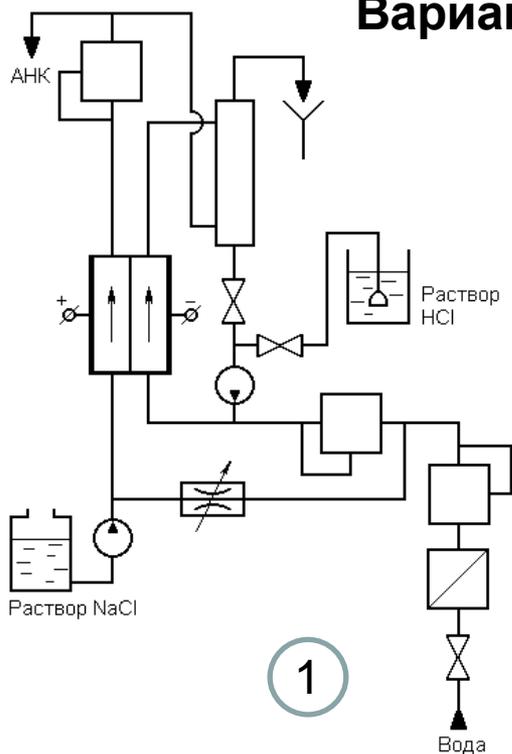
Cl^\bullet – хлор – радикал (атомарный хлор)

ClO_2 – диоксид хлора

ClO_2^\bullet – хлорит-радикал

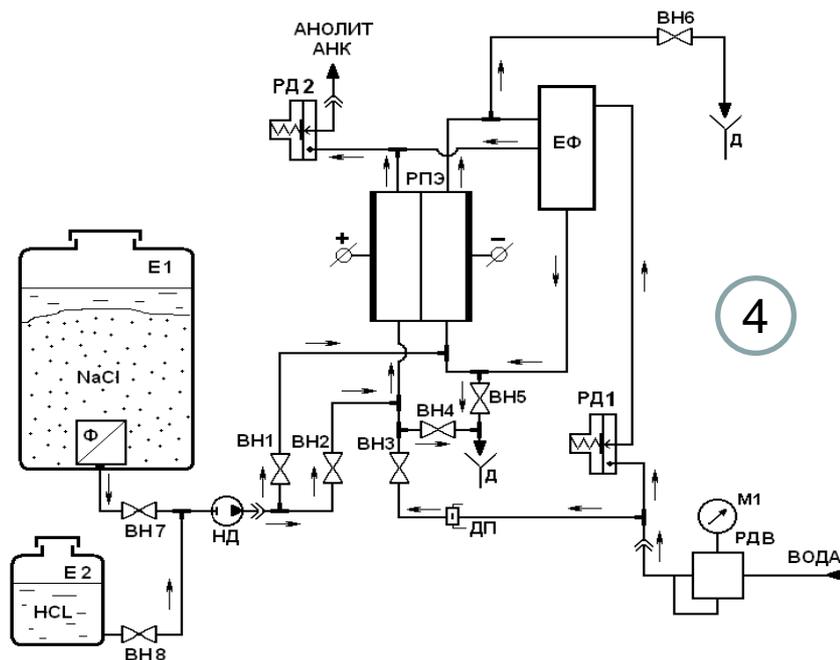
Благодаря растворенному водороду и его участию в формировании АДВ, анолит АНК обладает выраженными свойствами моющего агента в сочетании с высокой антимикробной активностью и относительно небольшой коррозионной способностью. Это предопределило его преимущественное применение в медицине и пищевой промышленности.

Варианты технологических схем получения анолита АНК



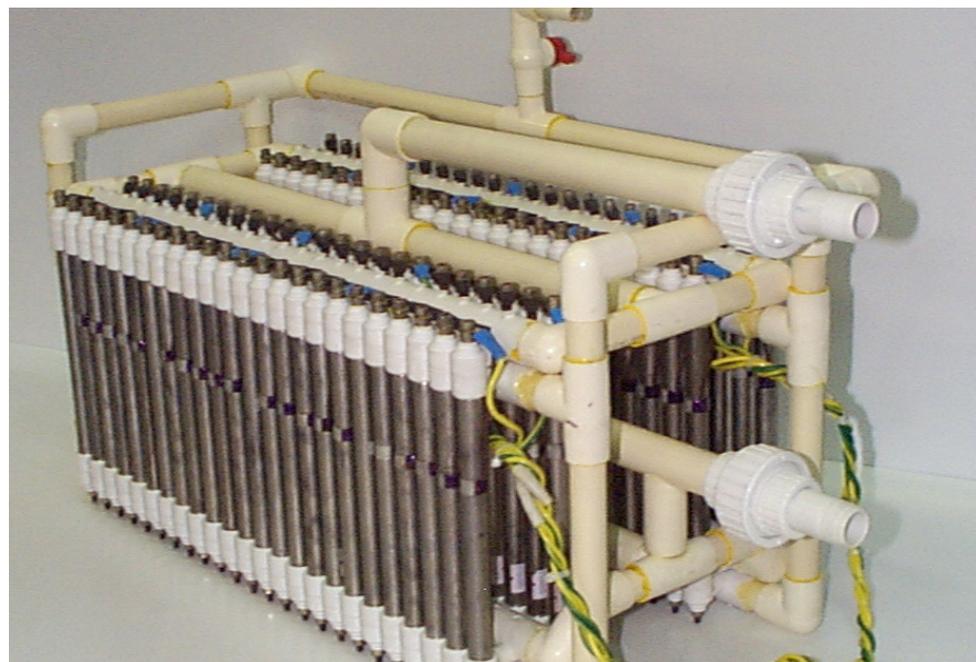
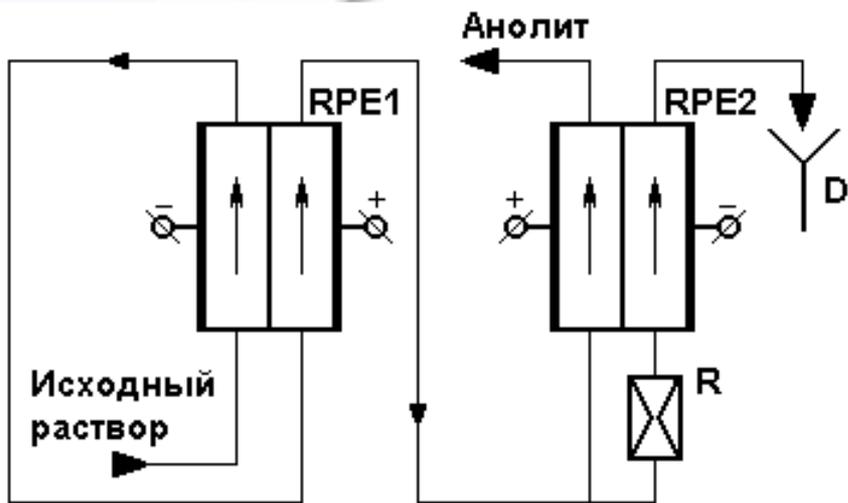
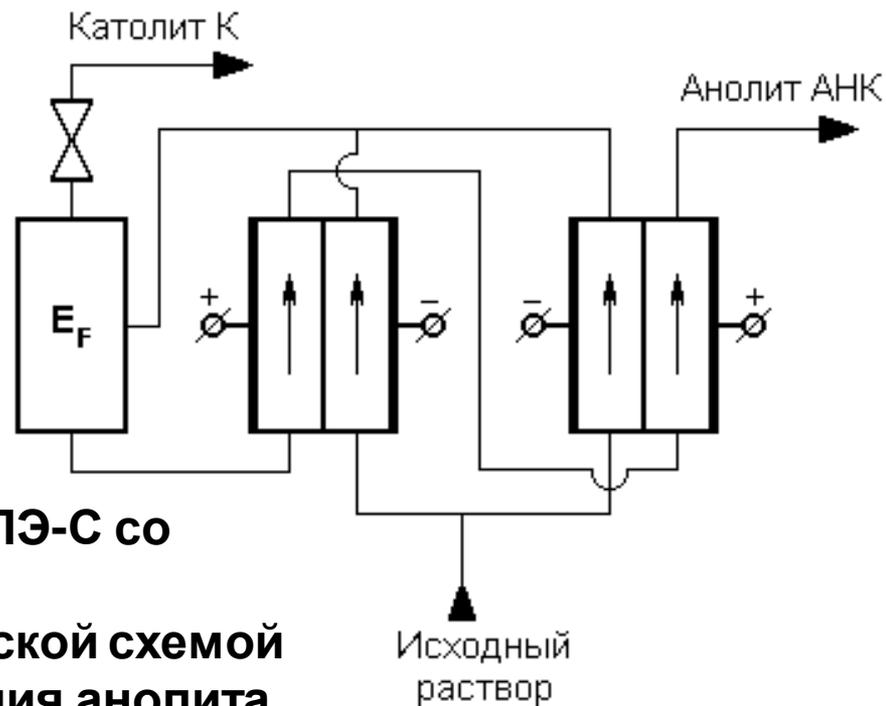
Расход воды Q,
Циркуляция от 0,3 до 0,6 Q
Скорость подачи раствора
хлорида натрия - 0,05-0,10 Q

1 – схема с принудительной напорной (с помощью мембранного или центробежного насоса) циркуляцией католита в контуре; 2 – схема с безнапорной, за счет водоструйного насоса, циркуляцией католита ; 3 – упрощенная схема для компактных устройств с микронасосом мембранного типа; 4 – схема с конвективной циркуляцией католита и напорным регулированием потоков в электрохимической системе.





**Реакторы РПЭ-С со
встроенной
гидравлической схемой
для получения анолита
АНК**



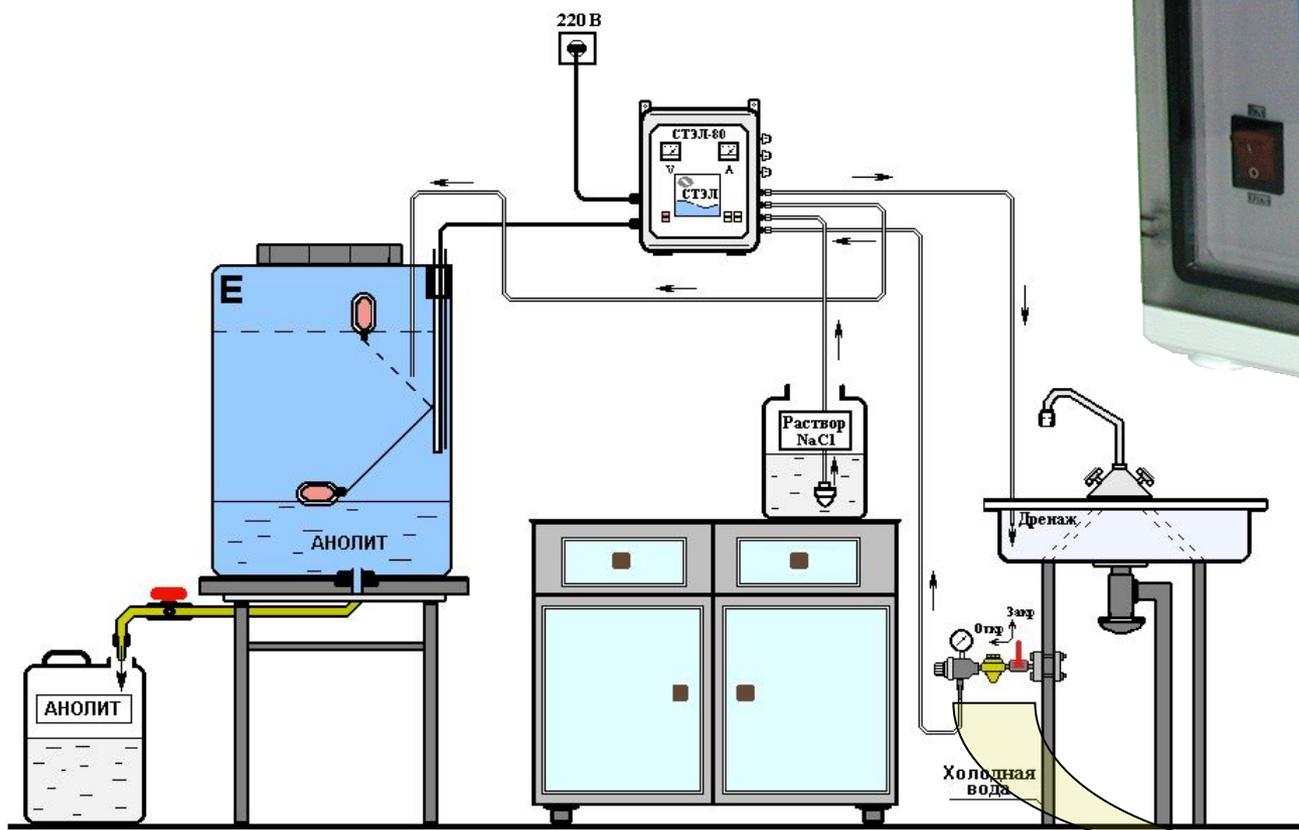
Сравнительные характеристики анолита АНК

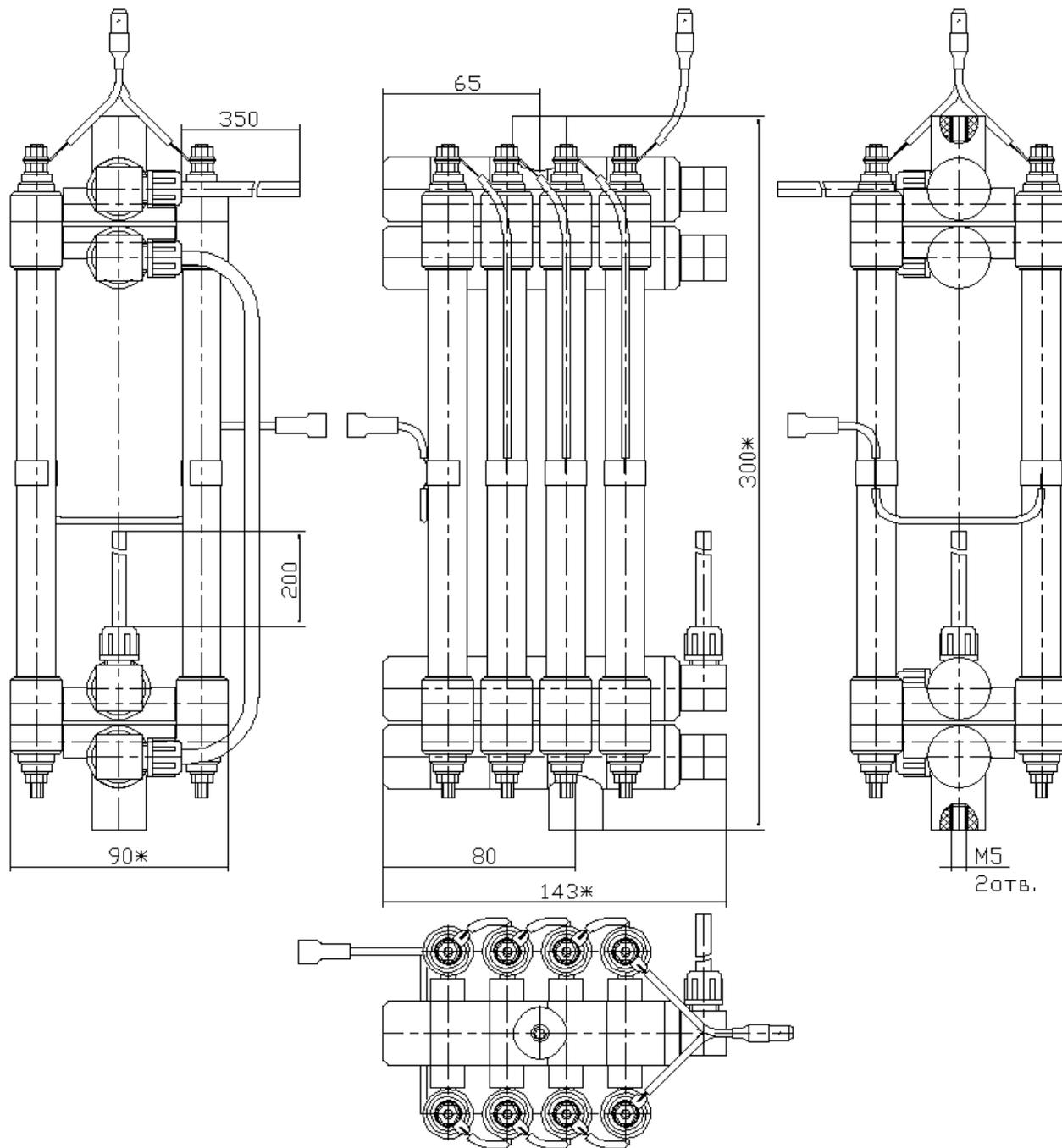
Элементный химический состав анолита АНК эквивалентен пресной или солоноватой воде. Действующие вещества анолита АНК – хлоркислородные и гидропероксидные оксиданты в метастабильном состоянии в концентрации не более 0,05 %, сохраняющиеся около пяти дней

Анолит АНК – это «холодное пламя», уничтожающее микроорганизмы

Наименование, страна-производитель	Концентрация рабочего раствора, % (Графически показано соотношение концентраций)		Характеристика антимикробного действия					Аллергенность и токсичность: классы по ГОСТ 12.1.007-76 (Графически показаны относительные уровни токсичности)	Сочетание дезинфицирующих свойств и моющей способности	Привыкание (адаптация) микроорганизмов к раствору	Стоимость одного литра рабочего раствора (Графически показано соотношение цен)
			Бактерии	Микобактерии	Вирусы	Грибы	Споры				
Анолит АНК (Россия)	0,01 – 0,05		+	+	+	+	+	IV	Да	Нет	
Гипохлорит натрия (Россия)	0,1 – 0,5		+	+	+	+	-	IV	Нет	Да	
Пресепт (США)	0,5		+	+	+	-	-	III	Нет	Да	
Хлорамин (Россия)	1,0 – 3,0		+	+	+	+	-	IV	Нет	Да	
Хлоргексидина биглюконат (Россия)	0,5 – 4,0		+	+	+	-	-	IV	Нет	Да	
Лизоформин-специаль (Швейцария)	0,5 – 4,0		+	-	+	-	-	III	Нет	Да	
Виркон КРКА (Словения)	0,5 – 2,0		+	-	+	-	-	III	Да	Да	
Лизетол-АФ (Германия)	2,0 – 5,0		+	+	+	+	-	III	Да	Да	
Сайдекс (США)	2,0		+	+	+	+	+	III	Нет	Да	
Колд Спор (США)	2,0		+	+	+	+	+	IV	Нет	Да	
Деконекс 50ФФ (Швейцария)	0,5 – 4,0		+	+	+	-	-	III	Да	Да	

Установка СТЭЛ-10Н-120-01 производительностью 80 литров в час по анолиту АНК. Установку СТЭЛ подключают к напорному источнику воды через редуктор, электрической сети 220 В (110) В (мощность установки 800 Вт). Шланг с фильтром опускают в емкость с солевым раствором (50 – 100 г/л). Этот раствор дозированно, при помощи встроенного насоса, вводится в поток воды, в результате чего образуется исходный раствор для приготовления анолита АНК концентрацией 2 – 5 г/л. Для удобства эксплуатации возможно использование накопительной емкости с автоматическим поддержанием уровня анолита АНК. Установку размещают в любом проветриваемом помещении, индивидуальных средств защиты не требуется.





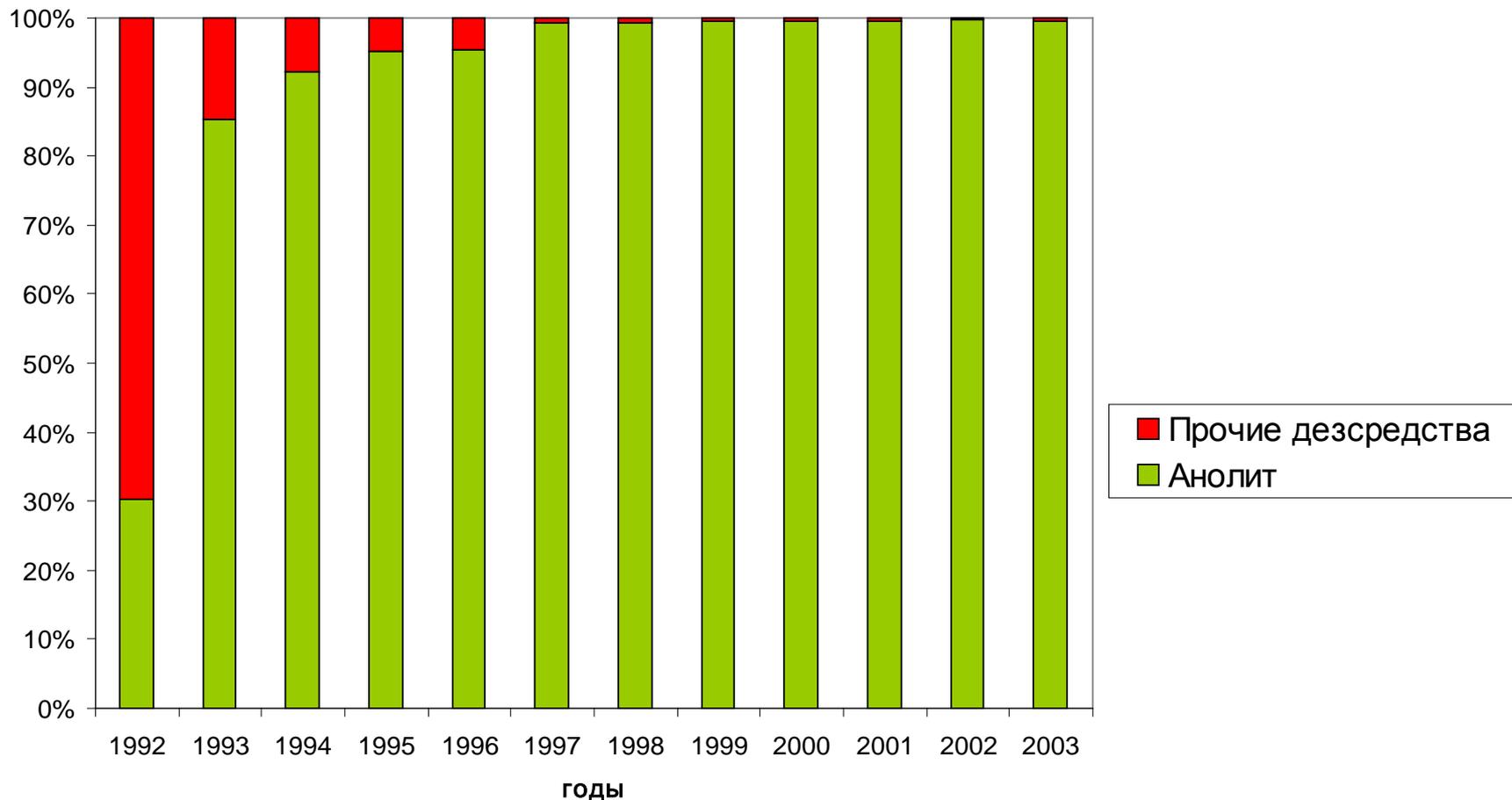
Реактор проточный электрохимический РПЭ-8

Реакторами этого типа оснащались все установки СТЭЛ, производительность которых по анолиту АНК была равна от 80 до 120 л/ч. В реакторе использовалось 8 элементов ПЭМ-3, установленных в коллекторных втулках (анодных и катодных), сочленяемых между собой посредством ниппельных соединений. Гибкость схем электрического подключения элементов ПЭМ-3 позволяла получать анолит АНК с минерализацией от 2 до 5 г/л при концентрации оксидантов от 250 до 700 мг/л.

Городская клиническая больница №15 им. О.М.Филатова Департамента здравоохранения г. Москвы является первым лечебно-профилактическим учреждением (ЛПУ), в котором различные модификации установок СТЭЛ базовой модели СТЭЛ-10Н-120-01 работают с 1991 года. К 2004 году практически все ЛПУ г. Москвы и С-Петербурга были оснащены установками типа СТЭЛ-10Н-120-01 различной производительности.



Соотношение объемов использования анолита АНК и других дезсредств в ГKB №15 за 1992-2003 гг.

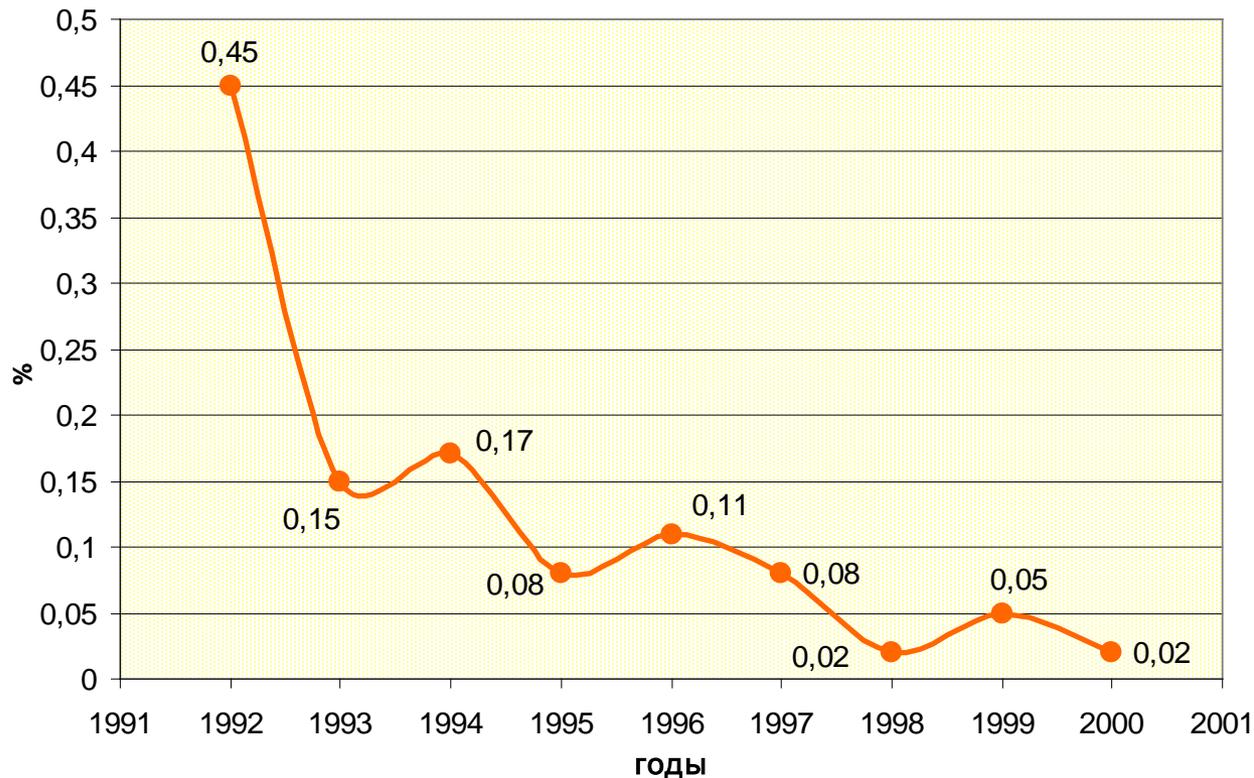


1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
30,3%	85,4%	92,2%	95,1%	95,5%	99,2%	99,3%	99,5%	99,6%	99,5%	99,7%	99,5%*

* ремонт централизованного дезкабинета в главном корпусе больницы - 91 рабочий день

Динамика показателя заболеваемости в ГКБ №15 гепатитами НВ, НС при использовании аналита АНК (1992- 2003 гг.)

Заболеваемость вирусным гепатитом В (среди ранее лечившихся)



Уменьшился показатель заболеваемости вирусным гепатитом В среди ранее лечившихся в больнице на 1000 человек:

0,45 в 1992 г.;

0,05 в 2002 г.;

0,02 в 2003 г.

Гепатит С - **0,03 в 1999 г.**

	1992	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
НВ	0,45	0,15	0,17 (6 сл)	0,08 (3сл)	0,11 (4сл)	0,08 (3 сл)	0,02 (1сл)	0,05 (2сл)	0,02 (1сл)
НС*	-	-	-	-	0,03 (1сл)	-	-	-	-

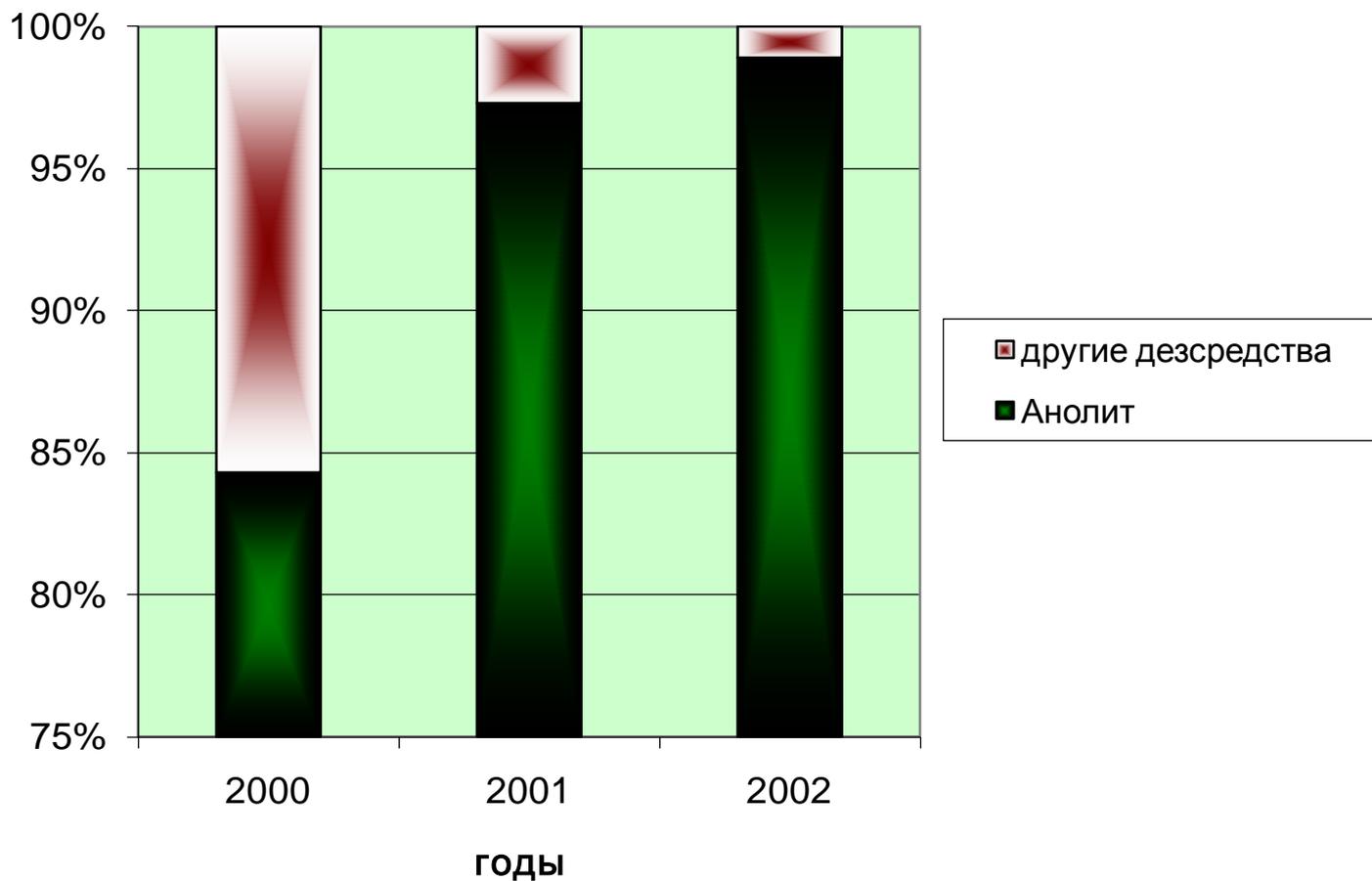
**Установки СТЭЛ суммарной производительностью 1000 л/ч по анолиту АНК
в ГКБ №15, г. Москва, 2000**



Практические выводы по итогам многолетнего применения анолита АНК в ГKB №15

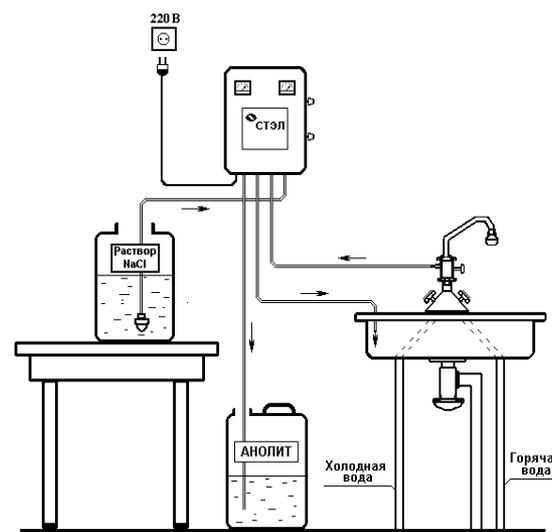
1. Исходя из результатов бактериологического контроля, а также, основываясь на данных заболеваемости вирусными гепатитами В и С, можно заключить, что анолит АНК, производимый установками СТЭЛ, обладает повышенной антимикробной активностью по сравнению с другими, ранее используемыми в больнице дезсредствами, а также практически подтвердить возможность успешного применения анолита АНК для дезинфекции, предстерилизационной очистки и стерилизации изделий медицинского назначения, а также для дезинфекции объектов внешней среды.
2. Использование установок СТЭЛ принципиально меняет условия труда, улучшает охрану и гигиену труда на каждом рабочем месте за счет отсутствия токсичности анолита по сравнению с ранее используемыми дезинфицирующими средствами. Не требуется замена анолита АНК на другие дезсредства, поскольку, как показал 15-ти летний опыт применения анолита АНК, микроорганизмы не в состоянии выработать резистентность по отношению к действующим веществам анолита АНК.
3. Исключается образование сточных вод, подлежащих очистке перед сбросом.
4. Сравнительный анализ практического использования установок СТЭЛ подтверждает, что технология получения и применения электрохимически активированных растворов является экологически чистой и эффективной при одновременном уменьшении количества используемого оборудования.

Соотношение количества используемого анолита АНК и других дезсредств в ГKB № 52 за 2000-2002 гг.



Годы	2000	2001	2002
Анолит	84,3	97,3	98,9
Другие дезсредства	15,7	2,7	1,1

Различные модификации базовой модели установки СТЭЛ-10Н-120-01 для получения анолита АНК широко использовались в российских ЛПУ в период 1995 по 2009 годы. Общими признаками всех этих установок являются технологическая схема синтеза анолита АНК и элементы ПЭМ в реакторах установок.



Установки СТЭЛ для получения анолита АНК в полевых условиях. Применение в таких установках реакторов РПЭ с увеличенным количеством элементов ПЭМ-3 позволяет эффективно работать при подключении к бортовой сети автомобилей напряжением 12 или 24 вольт. Анолит АНК – эффективное и безопасное средство дезинфекционной обработки салона автомобиля медицинской службы скорой помощи как гражданского, так и военного назначения.



Первый опытный образец установки для дезинфекции, предстерилизационной очистки и стерилизации эндоскопов ЭНДОСТЕРИЛ. Москва, ВНИИИМТ - НПО «Экран», НПО «Химавтоматика», 1997. В 1998 году было произведено 350 установок ЭНДОСТЕРИЛ для ЛПУ России



**Установка
ЭНДОСТЕРИЛ для
дезинфекции,
предстерилизаци-
онной очистки и
стерилизации
эндоскопов.**

**Все операции
обработки эндоскопа
осуществляются
одним и тем же
раствором –
электрохимически
активированным
анолитом АНК.**

**Гарантированное
уничтожение бактерий,
микобактерий,
вирусов, грибов, спор.**

**Время обработки
эндоскопа – 15 минут.**



**Установка РЕНОФИЛЬТР для дезинфекции, предстерилизационной очистки и стерилизации диализаторов искусственной почки анолитом АНК с целью их повторного использования для одного и того же пациента. Кратность регенерации диализатора – от 5 (купрофан) до 100 и более раз (полисульфон).
Время регенерации – 15 минут.**



Анолит АНК – эффективный и экологически чистый раствор для дезинфекции, предстерилизационной очистки, стерилизации и мойки в медицине, пищевой промышленности, в быту.

Действующие вещества в анолите АНК – смесь гидропероксидных и хлоркислородных оксидантов: HO^\bullet – радикал гидроксила; HO_2^- – анион пероксида; $^1\text{O}_2$ – синглетный молекулярный кислород; O_2^- – супероксид-анион; O_3 – озон; O^\bullet – атомарный кислород; HClO – хлорноватистая кислота; ClO^- – гипохлорит-ион; ClO^\bullet – гипохлорит-радикал; ClO_2 – диоксид хлора.

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

Сумма соединений активного кислорода и хлора в анолите АНК (суммарное содержание оксидантов) находится в пределах от 100 до 500 мг/л, что в десятки раз меньше, чем в большинстве рабочих растворов современных дезинфицирующих препаратов. Анолит АНК не вызывает коагуляцию белка, защищающего микроорганизмы и, благодаря разрыхленной структуре, легко проникает в микроканалы живой и неживой материи.

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 взаимодействия 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.

Эффективность анолита АНК по отношению к бактериям

Наименование микроорганизма, штамм	Концентрация оксидантов, мг/л	Экспозиция, мин.	СТ, мг/мин/л	Белковая нагрузка, %	t°C	pH	Эффект обеззараживания log, не менее	Источник информации
НЕСПОРООБРАЗУЮЩИЕ ГРАМ-ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ								
<i>L. monocytogenes</i> ATCC 19113	10	1	10	0	20	7,1	9	1
	8	3	24	0	20	3,1	9	1
<i>S. aureus</i> ATCC 6538	10	1	10	0	20	7	8	1
	200	10	2000	5	20	7	6	1
<i>Ent. faecalis</i> ATCC 29212	35	0,5	17,5	0	20	7	7	2
	200	5	1000	5	20	7	7	2
<i>S. aureus</i> метицилин устойчивый	150	0,5	75	0	20	6,7	6	3
	150	20	3000	5	20	6,7	6	3
НЕСПОРООБРАЗУЮЩИЕ ГРАМ-ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ								
<i>S. typhimurium</i> ATCC 14028	2	1	2	0	20	2,9	8	1
	4	1	4	0	20	6,9	8	1
<i>E. coli</i> ATCC 43895	2	6	12	0	20	6,8	8	1
	6	1	6	0	20	6,8	8	1
	8	1	8	0	20	2,9	8	1

Источники информации: 1 - Electro Chemical Technologies Ltd., USA (Анолит АНК); 2 - Radical Waters, SA (Анолит АНК); 3 - University College London Hospitals, UK (Анолит АН); 4 – Battelle, USA (Анолит АНК); 5 – Вирусологический центр НИИМ МО РФ.; 6 – ВНИИ Дезинфектологии, МЗ РФ

Эффективность анолита АНК по отношению к вирусам, фагам и грибам

Наименование микроорганизма, штамм	Концентрация оксидантов, мг/л	Экспозиция, мин.	СТ, мг×мин/л	Белковая нагрузка, %	t°C	pH	Эффект обеззараживания log, не менее	Источник информации
ВИРУСЫ И ФАГИ								
Вирус «Синдбис» шт.574	300	15-30	4500	0	20	7,5	7	5
			9000					
Полиовирус тип I	300	15*	4500	0	22	7,45	7	6
	500	120*	60000					
Коли-фаг f52	<20**	16	320	5	22	7,4	2	6
	160	16	2560	<1	22	7,45	5	6
	160	16	2560	0	22	7,45	7	6
ГРИБЫ								
C. albicans	150	1	150	0	20	6,5	5,2	3
	150	5	750	5	20	6,5	5,2	3

Источники информации: 1 - Electro Chemical Technologies Ltd., USA (Анолит АНК); 2 - Radical Waters, SA (Анолит АНК); 3 - University College London Hospitals, UK (Анолит АН); 4 – Battelle, USA (Анолит АНК); 5 – Вирусологический центр НИИМ МО РФ.; 6 – ВНИИПтиД, МЗ РФ

Эффективность анолита АНК по отношению к микобактериям

Наименование микроорганизма, штамм	Концентрация оксидантов, мг/л	Экспозиция, мин.	СТ, мг×мин/л	Белковая нагрузка, %	t°C	pH	Эффект обеззараживания log, не менее	Источник информации
<i>M. avium</i> NCTC10437	144	2	288	5	20	5-5,6	5	3
<i>M. chelonae</i> клинический штамм	144	2	288	5	20	5-6,5	5	3
<i>M. xenopi</i> NCTC 10042	144	2	288	5	20	5-6,5	5	3
<i>M. smegmatis</i> NCTC 8159	144	2	288	5	20	5-6,5	5	3

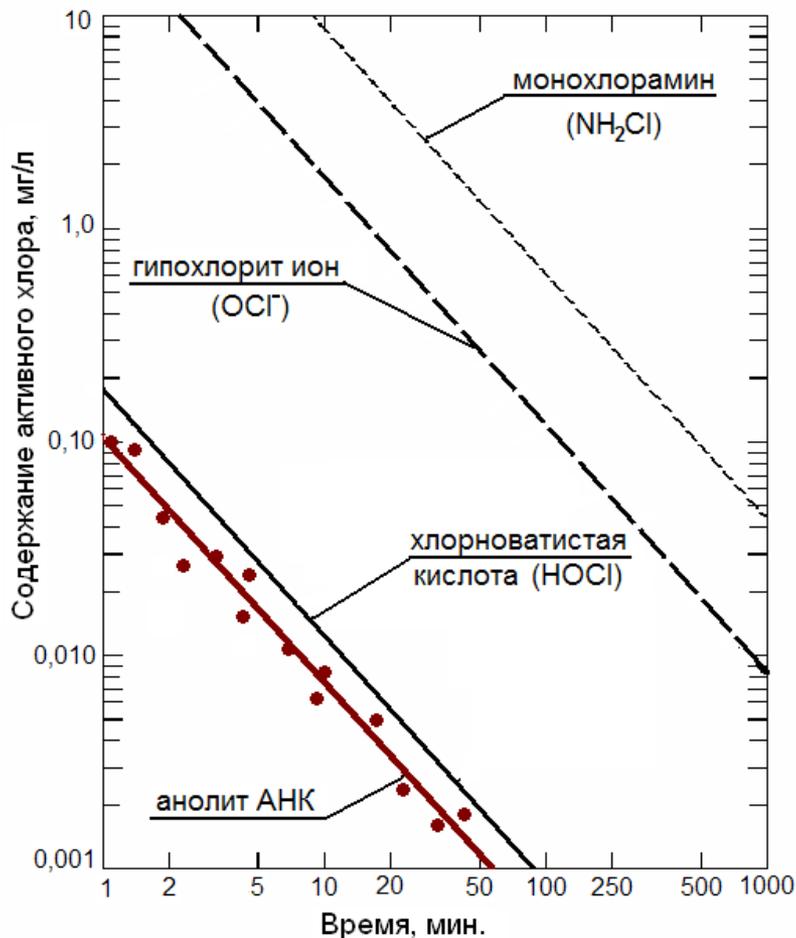
Источники информации: 1 - Electro Chemical Technologies Ltd., USA (Анолит АНК); 2 - Radical Waters, SA (Анолит АНК); 3 - University College London Hospitals, UK (Анолит АН); 4 – Battelle, USA (Анолит АНК); 5 – Вирусологический центр НИИМ МО РФ.; 6 – ВНИИПТиД, МЗ РФ

Эффективность анолита АНК по отношению к спорам

Наименование микроорганизма, штамм	Концентрация оксидантов, мг/л	Экспозиция, мин.	СТ, мг×мин/л	Белковая нагрузка, %	t°C	pH	Эффект обеззараживания log, не менее	Источник информации
<i>B. subtilis</i> ATCC 19659	300	3	900	0.1	20	7,8	7	1
	300	5	1500	<1	20	7,8	1	1
	300	0,5	150	0,1	50	7,8	7	1
	300	10	3000	>1	50	7,8	1	1
<i>B. stearothermophilis</i> ATCC 7953	300	12	3600	0	20	7,8	С.м. : роста нет	1
	300	8	2400	0	30	7,8		1
	300	3	900	0	50	7,8		1
<i>B. stearothermophilis</i> ATCC 12980	300	5	1500	>1	20	7,8	С.м. : роста нет	1
	300	6	1800	0	40	7,8		1
	300	3	900	0	50	7,8		1
<i>B. anthracis</i>	350	<1	<350	0	20	7,1	7	4
<i>B. anthracis</i>	500	5	2500	>1	20	7,8	3	1

Источники информации: 1 - Electro Chemical Technologies Ltd., USA (Анолит АНК); 2 - Radical Waters, SA (Анолит АНК); 3 - University College London Hospitals, UK (Анолит АН); 4 – Battelle, USA (Анолит АНК); 5 – Вирусологический центр НИИМ МО РФ.; 6 – ВНИИПТиД, МЗ РФ

Антимикробная активность хлорсодержащих растворов



Сравнительная антимикробная активность растворов хлорноватистой кислоты, гипохлорита натрия, хлорамина и анолита АНК на примере уничтожения 99 % *E. coli* в воде при температуре 2 - 6 °С

хлорноватистая кислота (рН=6,5)
 гипохлорит натрия (рН=9,0)
 хлорамин (рН=9,0)
 анолит АНК (рН=7,0)

Действующие вещества в анолите АНК:
 смесь пероксидных соединений
 HO[•] – радикал гидроксила;
 HO₂⁻ – анион пероксида;
 O₂⁻ – синглетный молекулярный кислород;
 O₂²⁻ – супероксид-анион;
 O₃ – озон;
 O[•] – атомарный кислород
 и хлоркислородных соединений
 HClO – хлорноватистая кислота;
 ClO⁻ – гипохлорит-ион;
 ClO[•] – гипохлорит-радикал;
 ClO₂ – диоксид хлора)

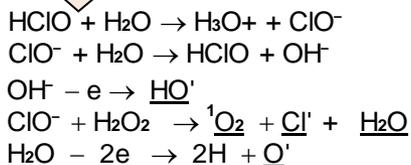
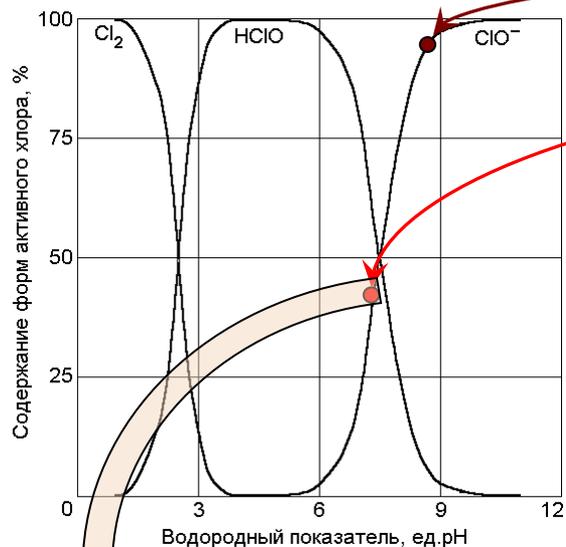
Неорганические хлорактивные дезинфицирующие средства	
Анолиты из электрохимических установок типа СТЭЛ	бактерии, микобактерии, вирусы, грибы, споры
Гипохлорит натрия, получаемый химическим способом	бактерии, микобактерии, вирусы, грибы
Гипохлорит натрия из электрохимических установок	бактерии, микобактерии, вирусы, грибы
Жавель	бактерии, микобактерии, вирусы
Лидос-20	бактерии, микобактерии, вирусы, грибы
Лидос-25	бактерии, микобактерии, вирусы, грибы
Маранон Х	бактерии, вирусы, грибы

Пономарева Л.А., Селькова Е.П., Гвелесиани Г.А., Юркова Е.В., Толстов К.Г. Пособие по применению средств дезинфекции и стерилизации в лечебно-профилактических учреждениях и организации режимов дезинфекции и стерилизации в отделениях эндоскопии и стоматологии. – М: ТОО "ФАРТ", 1998. – 96 с.

Только метастабильные вещества способны благодаря самопроизвольному распаду обеспечивать множественность и спонтанность путей развития реакций, нарушающих процессы их жизнедеятельности

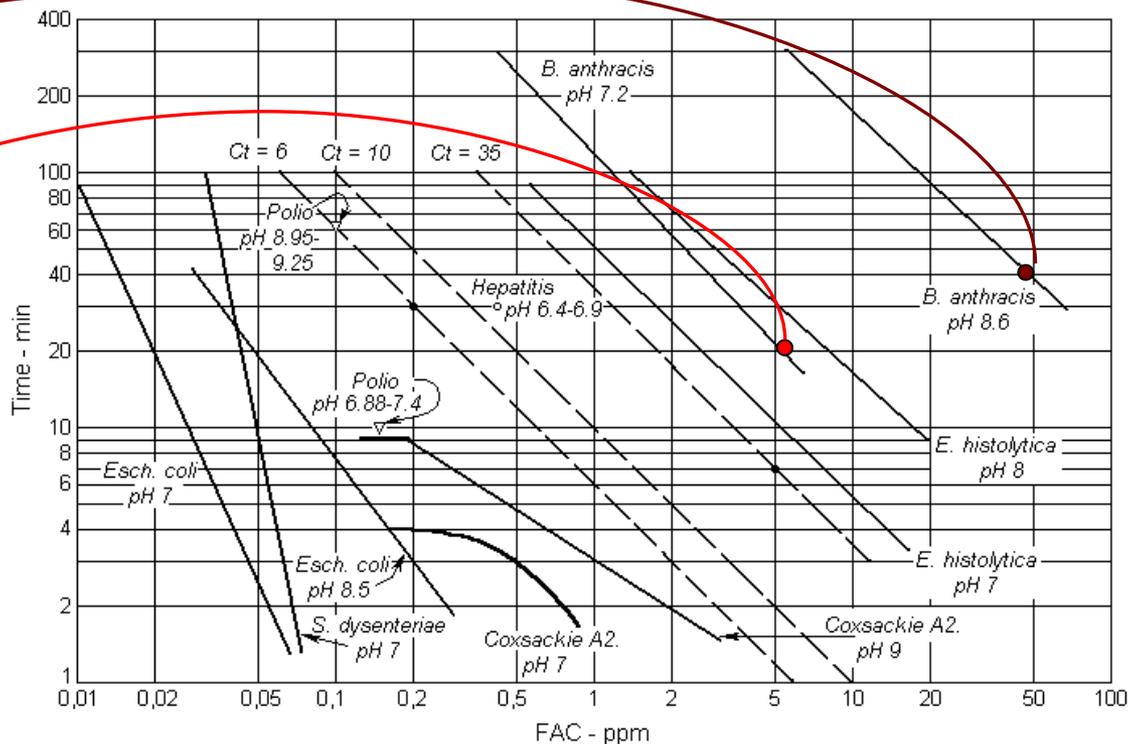
Связь химического состава хлоркислородных соединений с их антимикробной активностью

Содержание форм активного хлора в воде в зависимости от pH



${}^1\text{O}_2$ – синглетный молекулярный кислород;
 ClO^\cdot – гипохлорит-радикал;
 Cl^\cdot – хлор – радикал (атомарный хлор);
 O^\cdot – атомарный кислород;
 OH^\cdot – радикал гидроксила

Антимикробная активность хлоркислородных соединений в водном растворе при различных значениях pH.



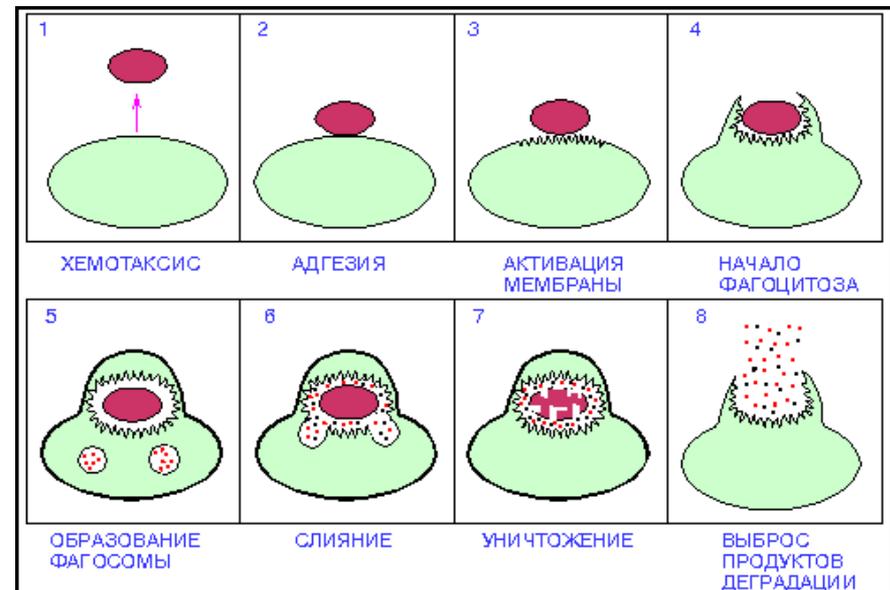
Температура в диапазоне 20 - 29 оС. Time - время уничтожения 99,6 - 100 % микроорганизмов (мин).
 FAC - концентрация соединений активного хлора, мг/л. Ct - произведение концентрации оксидантов и времени процесса обеззараживания.

Faust, S.D., Aly, O.M. Chemistry of water treatment. - Lewis Publishers, L., NY, W. D.C., 1998. - Second Edition. - 582 p.

Механизм антибактериальной защиты создан Природой и функционирует во внутренней среде животных организмов – от одноклеточных до человека, на протяжении миллионов лет без каких-либо сбоев.

Ведущая роль в бактерицидном действии нейтрофилов принадлежит хлорноватистой кислоте (HClO) вырабатываемой фагоцитирующими клетками. Образование HClO в нейтрофилах происходит из перекиси водорода и хлорид-ионов. Катализатором в этой реакции выступает миелопероксидаза (МПО): $H_2O_2 + Cl^- \rightarrow [Cat (МПО)] \rightarrow HClO + OH^-$ [9, 10]. Хлорноватистая кислота диссоциирует в водной среде с образованием гипохлорит-аниона и иона водорода: $HClO \leftrightarrow ClO^- + H^+$.

Образование H_2O_2 и HClO в короткий период времени (доли секунды) в малом объеме водной среды (доли микролитра) – т.е. в объеме активной зоны фагоцитоза сопровождается реакциями спонтанного распада и взаимодействия продуктов превращений этих соединений с образованием активных частиц, аналогичных тем, которые образуются при электролизе воды.



Микроорганизмы не могут выработать реакций адаптации к смеси оксидантов

Самопроизвольный распад перекиси водорода в водной среде сопровождается образованием соединений, обладающих очень высокой антимикробной активностью (в скобках приведены соответствующие химические реакции): HO_2^- – анион гидропероксида ($\text{H}_2\text{O}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{HO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$); O_2^{2-} – пероксид-анион ($\text{OH}^- + \text{HO}_2^- \rightarrow \text{O}_2^{2-} + \text{H}_2\text{O}$); O_2^- – супероксид-анион ($\text{O}_2^{2-} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2^- + \text{OH}^- + \text{OH}^\bullet$); HO_2^\bullet – радикал пероксида водорода ($\text{HO}^\bullet + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HO}_2^\bullet$); HO_2 – супероксид водорода ($\text{O}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HO}_2 + \text{OH}^-$). Одновременно возможным является процесс образования чрезвычайно реакционноспособного синглетного кислорода $^1\text{O}_2$: ($\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow ^1\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^-$). Экспериментально установлено [10, 11] участие в реакциях фагоцитоза молекулярного ион-радикала кислорода O_2^- , одним из путей образования которого может быть описанный выше.

В водной среде в присутствии HClO и ClO^- возможно образование активных свободных радикалов ClO^\bullet , Cl^\bullet , HO^\bullet : ($\text{HClO} + \text{ClO}^- \rightarrow \text{ClO}^\bullet + \text{Cl}^- + \text{HO}^\bullet$). Активные гипохлорит-радикалы ClO^\bullet могут принимать участие в реакциях образования атомарного кислорода (O^\bullet) и радикала гидроксила (HO^\bullet): $\text{ClO}^\bullet + \text{ClO}^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{Cl}^- + 2\text{O}^\bullet + \text{OH}^\bullet$. Дальнейшее развитие цепи происходит в процессе формирования атомарного хлора: $\text{OH}^\bullet + \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}^\bullet + \text{OH}^-$.

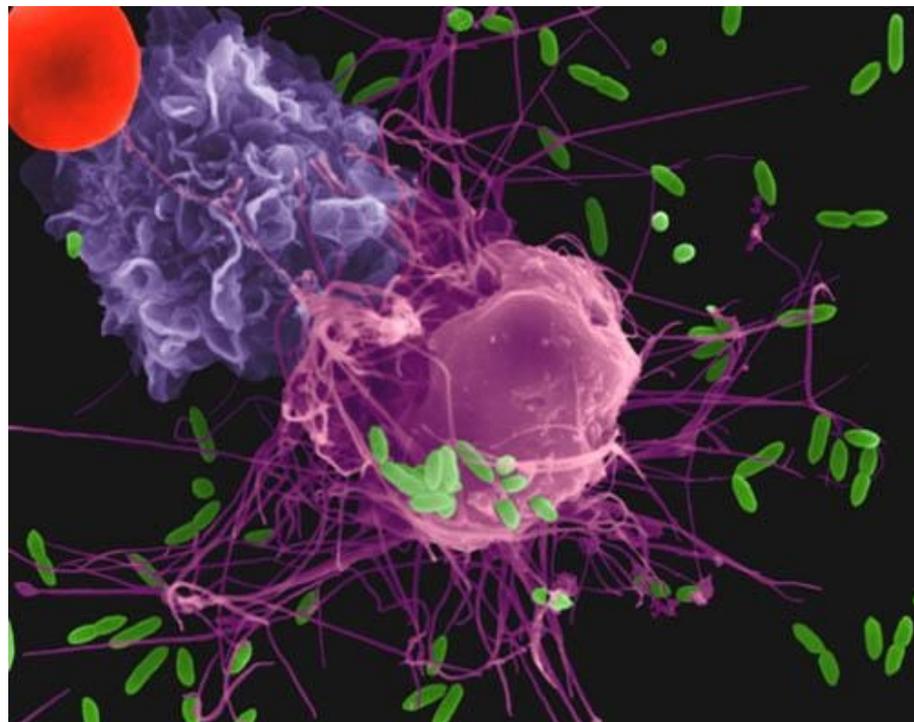
Образующиеся радикалы, атомарный кислород принимают участие в уничтожении микроорганизмов, взаимодействуя с биополимерами, способными к окислению, например, в соответствии с реакциями: $\text{RH}_2 + \text{OH}^\bullet \rightarrow \text{RH}^\bullet + \text{H}_2\text{O}$; $\text{RH}_2 + \text{Cl}^\bullet \rightarrow \text{RH}^\bullet + \text{HCl}$; $\text{RH}_2 + \text{O}^\bullet \rightarrow \text{RH}^\bullet + \text{OH}^\bullet$.

Метастабильные частицы с различными значениями электрохимического потенциала обладают универсальным спектром действия, т.е. способны оказывать повреждающее действие на все крупные систематические группы микроорганизмов (бактерии, микобактерии, вирусы, грибы, споры), не причиняя вреда клеткам тканей человека и других высших организмов, т.е. соматическим животным клеткам в составе многоклеточной системы.

Максимальное использование фундаментальных различий живых существ микро- и макробиологического мира является идеологической основой электрохимически активированных антимикробных растворов, произведенных в установках с элементами ПЭМ-МБ по оригинальным технологическим схемам

Клетки высших организмов в процессе жизнедеятельности, например, в оксигеназных реакциях функционирования цитохрома Р-450, во время фагоцитоза при адгезии и обездвиживании микробных клеток, продуцируют и используют целый ряд высокоактивных оксидантов. Эти клетки обладают мощной химической системой антиоксидантной защиты, предотвращающей токсическое воздействие подобных веществ на жизненно важные клеточные структуры.

Антиоксидантные свойства соматических клеток связаны с наличием мощной трехслойной липопротеидной оболочки, которая содержит обладающие электрондонорными свойствами диеновые конъюгаты ($-C=C-$) и сульфгидрильные группы (SH). Микроорганизмы не имеют мощных систем антиоксидантной защиты с участием указанных химических групп.



Динамика лечения ран контрольной группы крыс (верхний ряд фото) и опытной группы крыс (нижний ряд фото) на 2, 5 и 8 дни после дерматомии (слева направо, соответственно)



Лечение 5%-ным раствором хлоргексидина



Лечение электрохимически активированными анолитом и католитом разбавленного солевого раствора. Ташкент, ТФ ВНЦХ, 1979 г.

Анолит АНК, вырабатываемый установкой СТЭЛ специального назначения (2500 литров в час, компактное исполнение) успешно испытан морскими пехотинцами США в качестве средства для дегазации и дезобработки личного состава и техники при выходе из зон бактериологического или химического заражения.

Испытания установки СТЭЛ и анолита АНК специалистами мемориального института Battelle (США) на полигоне в Атланте, 2001 г.



Фрагмент научного отчета Мемориального Института “Battelle”, США

Суть выделенных мест: раствор гипохлорита натрия концентрацией 5 г/л убивает (неполностью) споры сибирской язвы за 30 минут, в то время, как анолит АНК с концентрацией действующих веществ 350 мг/л (в 14 раз меньшей) убивает споры сибирской язвы (полностью) практически мгновенно.

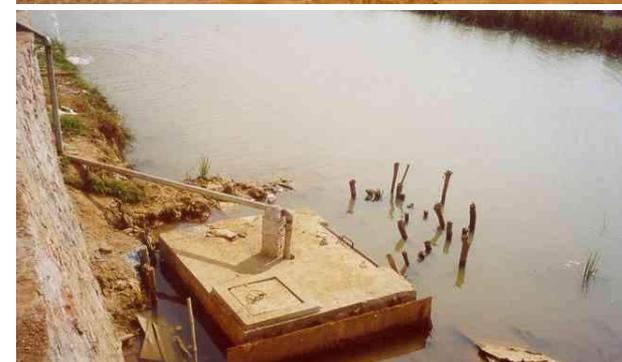
5.2 Phase I - JS-1 BL2/3 Laboratory., **Anthrax Decontamination Efficacy**

For all of the time periods sampled (T=0, 15 minutes, and 30 minutes), no growth was found on the agar plates at any of the three test concentrations (350 ppm, 100 ppm, and 3500 ppm) of ECASOL. This indicted direct and rapid killing of *B. anthracis* at all three test concentrations. The **0.5% NaClO** at T=0 minutes showed confluent growth of the test organism. After 15 minutes the number of viable colonies were markedly reduced, indicating that 0.5% NaClO was killing the spores. Following 30 minutes of contact, there was no evidence of viable spores. The negative control, distilled water, showed confluent growth on all direct plates for the three times indicating there was no bactericidal effect with distilled water over time. These plates were used to determine that the spiking titer of the organism in each of the test reactions was 8.4×10^7 colony forming units of *B. anthracis* spores/ml.

All three test concentrations of ECASOL, **350 ppm**, 1000 ppm, and 3500 ppm, **directly and immediately killed spores of *B. anthracis***. This was demonstrated at **T=0**, 15 minutes, and 30 minutes. The 0.5% NaClO required approximately 15 minutes before evidence of bactericidal activity was noted, but by 30 minutes the spiked sample was devoid of any viable organisms. The distilled water did not kill any of the spores over time, as was expected. See Appendix E for actual test results.

Начало применению анолита АНК для обеззараживания питьевой воды было положено во время кризиса в Руанде в 1994 году. Для синтеза анолита использовались установки СТЭЛ-10Н-120-01 производительностью по анолиту АНК 20 литров в час (снимки слева). В дальнейшем анолит АНК часто использовался для обеззараживания питьевой воды в полевых или близких к ним условиях.

Анолит АНК для дезинфекции воды на локальной станции водоподготовки. Вьетнам, 2002 г. (снимки справа). Производительность установки СТЭЛ – 20 литров в час (2 элемента ПЭМ-3). Расход обеззараживаемой воды – 30 куб. метров в сутки. Численность населения в деревне – 1000 чел. Электрическая мощность установки СТЭЛ – 200 Вт.



Установка СТЭЛ-80 (модель 2002 г.) в тепличном хозяйстве (Канада, 2002 г.).

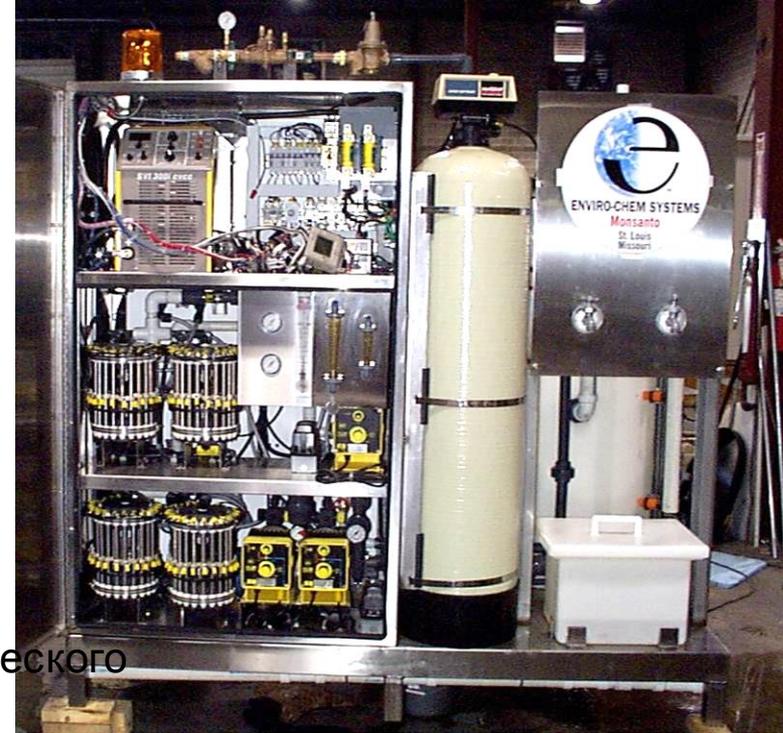


Анолит АНК, вырабатываемый установкой СТЭЛ, является экологически чистым средством, эффективным для борьбы с вирусными и грибковыми болезнями растений, для обеззараживания семян и рассады, а также питательных растворов при гидропонном способе выращивания растений.

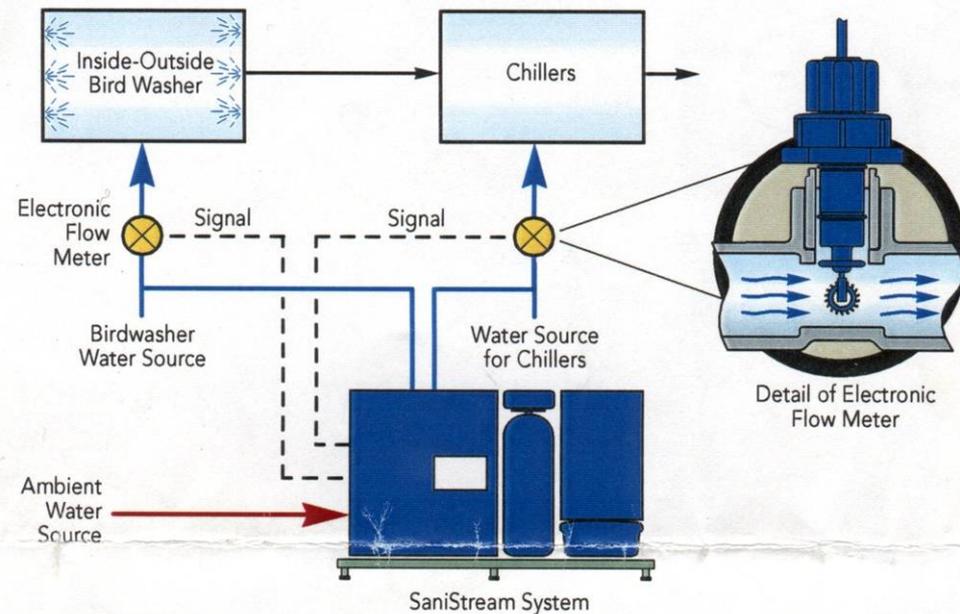


Анолит АНК в производстве мяса птицы. США, компания Monsanto, 1997.

Обработка тушек птицы анолитом АНК, произведенным в установках СТЭЛ, на всех стадиях переработки, в частности, перед охлаждением и во время пребывания в ваннах охлаждения на заключительном этапе технологического процесса, гарантирует уничтожение возбудителей сальмонеллеза, обеспечивает увеличение срока хранения, улучшает товарный вид продукции. Технология применения анолита АНК в производстве мяса птицы разработана специалистами Всероссийского Научно-Исследовательского Технологического Института Птицеводства, г. Сергиев Посад.



Typical SaniStream flow diagram

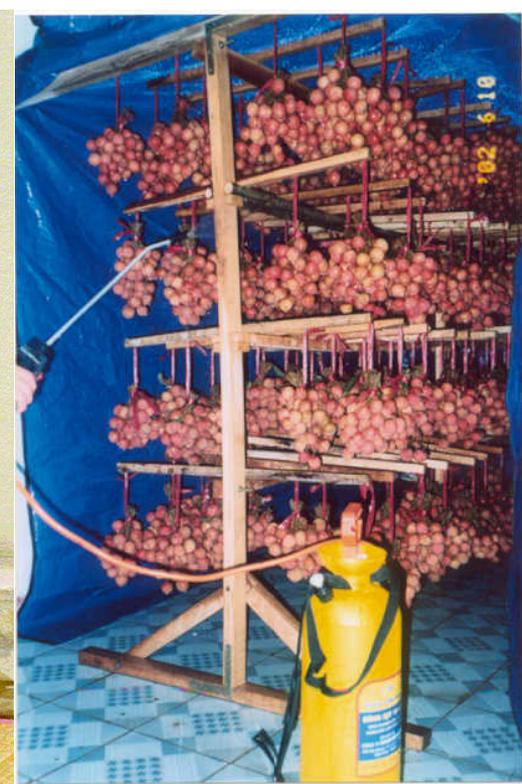


Использование анолита АНК для сохранения свежести фруктов.

Вьетнам, 2002 г.

Для сохранения свежести и предотвращения порчи нежных и уникальных по вкусовым свойствам плодов, производится их регулярное опрыскивание мелкодисперсным аэрозолем анолита АНК, полученным в установках СТЭЛ.

Применение анолита АНК обеспечивает увеличение срока хранения в 3 – 5 раз в сравнении с лучшими традиционными технологиями. В отличие от обычных химикатов, анолит АНК не оставляет токсичного фона в сохраняемых плодах.



**Установки СТЭЛ и анолит АНК в процессах
переработки морепродуктов во Вьетнаме. Завод
EXCO**



Применение анолита АНК позволяет обеспечить идеальный санитарно-гигиенический режим на предприятии по переработке морепродуктов

Вначале все морепродукты ополаскиваются анолитом АНК (вверху слева)



Использование льда, полученного из анолита АНК с высоким удельным содержанием оксидантов, для сохранения морепродуктов, обеспечивает микробиологическую чистоту и высокое качество коммерческих продуктов

Применение анолита АНК как жидкого, так и в виде льда, позволяет обеспечить гарантированное уничтожение микроорганизмов всех видов и форм (вирусы, грибы, споры) на обрабатываемой продукции при полном органолептическом отсутствии признаков его применения и полной безопасности продукции



Анолит АНК на предприятиях переработки морепродуктов Вьетнам, 2002 г.

Анолит АНК, вырабатываемый установками СТЭЛ, используется для дезинфекционной обработки поверхности разделочных столов, лотков, перчаток, разделочных инструментов, рук, обуви и одежды персонала, а также собственно морепродуктов.

Не раздражает кожу, не имеет запаха, уничтожает споры, грибы, вирусы, работает быстро и эффективно.





**Установка СТЭЛ с системой очистки воды и накопительной емкостью для анолита АНК. Применяется на предприятиях по переработке морепродуктов во Вьетнаме с 2000 года. Производительность: 40 литров в час
Мощность: 350 Вт.**

Анолит АНК, произведенный в установках СТЭЛ используется в технологии выращивания креветок, поскольку обладает идеальными дезинфицирующими свойствами при полном отсутствии токсичности.

Вьетнам, 2002.



**Различные стадии развития креветок,
установка СТЭЛ для обеспечения
технологического процесса
выращивания креветок анолитом АНК**



Выращивание страусов на фермах требует использования анолита АНК на всех стадиях, начиная от дезинфекционной обработки яиц перед началом инкубации, до общей дезинфекционной обработки помещений и корма птиц.

Анолит АНК используется также для поения маленьких страусят с целью профилактики и лечения желудочно-кишечных заболеваний.



**Установка СТЭЛ на ферме, где
выращивают страусов
Вьетнам, 2003 г.**



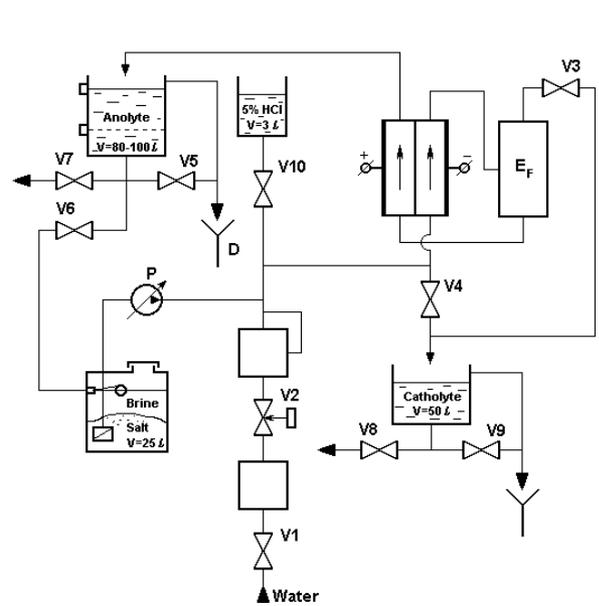
Использование анолита АНК, католита К и анолита А, вырабатываемых установками СТЭЛ, в процессах выращивания шелковичных червей, замаривания куколок, размотки коконов, суплирования шелка и других процессах, позволяет достигнуть качественно иного технологического и технического уровня, недостижимого при использовании традиционных технологий.

Вьетнам, 2002 г.

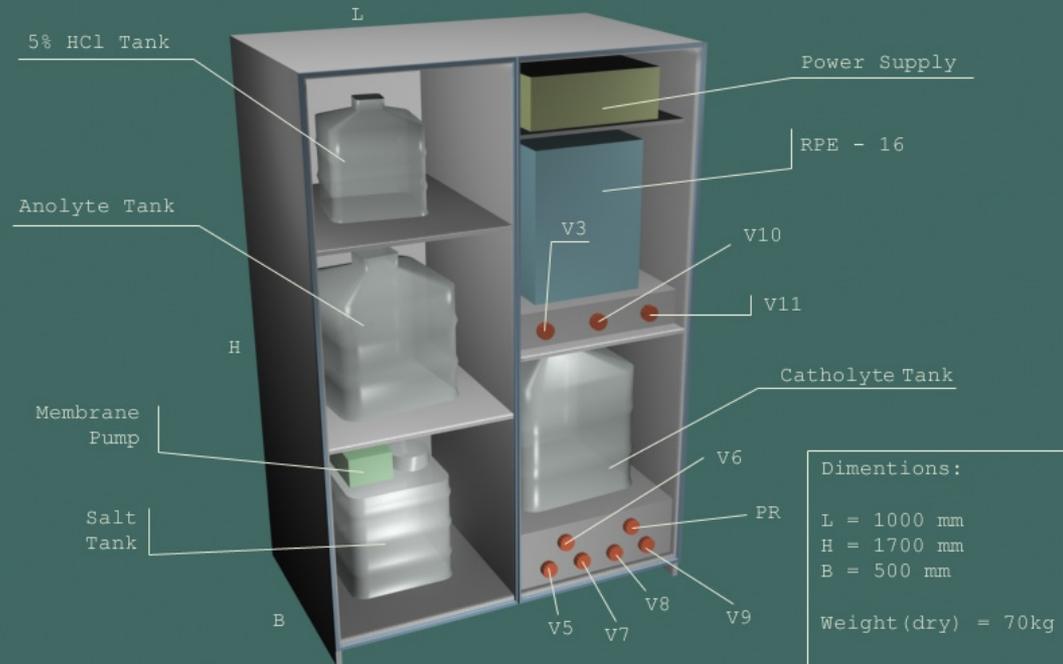


Установка СТЭЛ для получения анолита АНК с целью приготовления льда на рыболовецком предприятии в г. Кейп-Код, США, 2002 г.

Производительность по анолиту АНК – 250 л/ч, общая минерализация анолита АНК - 1,2 г/л, концентрация оксидантов – 300 мг/л.



STEL Parts Position



Dimensions:
 L = 1000 mm
 H = 1700 mm
 B = 500 mm
Weight (dry) = 70kg

Анолит АНК, вырабатываемый автоматизированной установкой СТЭЛ, обеспечивает высококачественную дезинфекцию помещения убойного цеха, инструментов и принадлежностей, рук, обуви и одежды персонала, а также (главное) сохранность продукции.
Южная Африка, г. Йоганнесбург, 2000 г.



Реактор установки СТЭЛ из 16 элементов ПЭМ-3

Анолит АНК, вырабатываемый автоматизированной установкой СТЭЛ, используется для стерилизации пластиковых бутылочек перед наполнением их кетчупом, а также для стерилизации пробок.

Время стерилизации – 7 секунд.

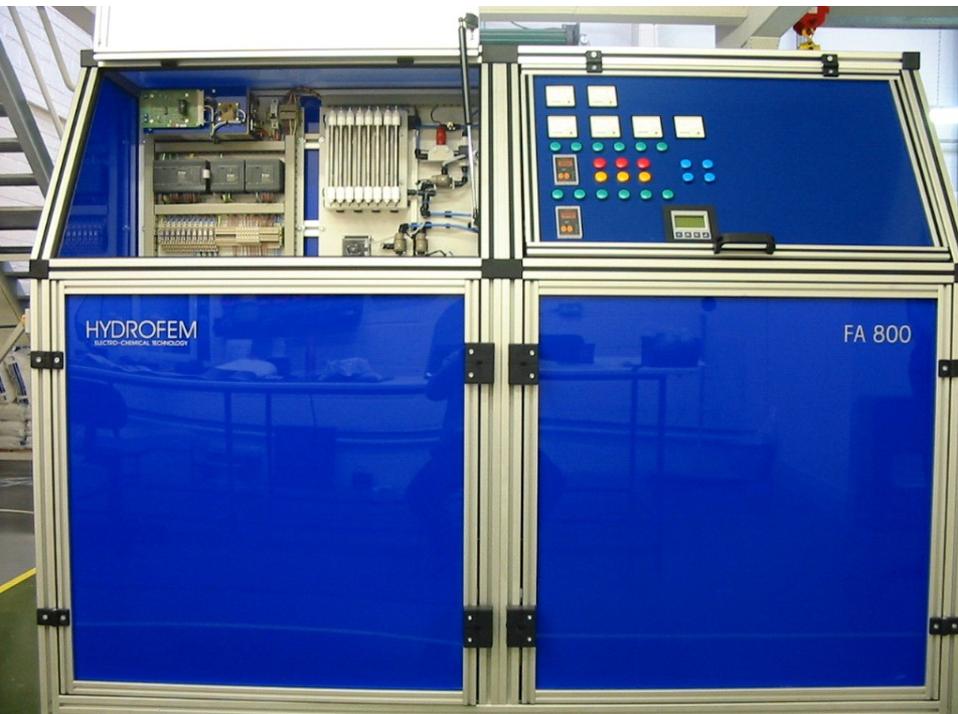
**Южная Африка, г. Йоганнесбург,
2000 г.**



Анолит АНК, вырабатываемый установками СТЭЛ с реакторами РПЭ из элементов ПЭМ-3, является идеальным средством ухода за животными, поскольку он нетоксичен, не повреждает клетки живого теплокровного организма, обладает способностью практически мгновенно уничтожать все известные патогенные микроорганизмы при полном исключении появления их резистентных разновидностей.

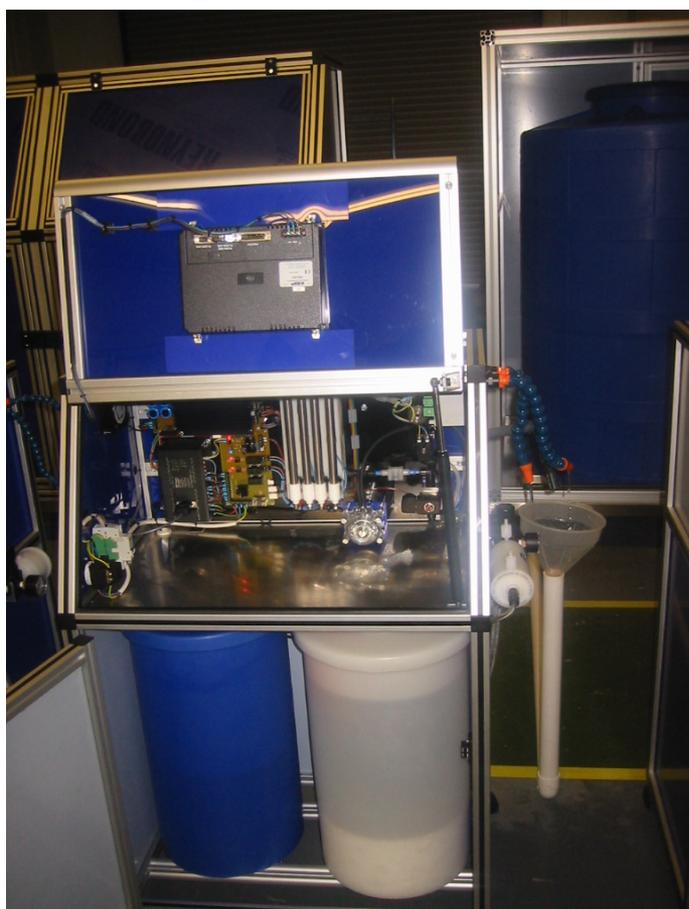
Обработка корма, добавка в питьевую воду, дезинфекция помещений анолитом АНК обеспечивают отсутствие болезней и быстрое развитие поголовья свиней.

Ирландия, 2002 г.



Применение анолита АНК на предприятии по производству сухих пищевых концентратов позволяет обеспечить идеальный санитарно-гигиенический режим на всех технологических линиях.

Ирландия, 2003



Аппарат БАЗЕКС для обеспечения гемосовместимости диализирующего раствора по показателю окислительно-восстановительного равновесия



Аппарат БАЗЕКС является единственной в мире системой для изменения окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) воды для гемодиализа, которая в аппаратах искусственной почки смешивается с концентратом диализирующего раствора и превращается в раствор для гемодиализа, удаляющий вредные вещества из крови пациента. Достижение равенства ОВП диализирующего раствора и внутренней среды организма человека обеспечивает нормализацию артериального давления пациента, устраняет дерматологические реакции организма на процедуры гемодиализа, субъективно ощущается как «мягкий диализ», ускоряет собственно процедуру гемодиализа при одновременном повышении степени извлечения вредных веществ из крови пациента, создает условия для скорейшего восстановления и нормализации функции почек.

Анолит АНК в процессах генетической экспертизы.

г.Ростов, установки СТЭЛ в лаборатории МО РФ №124, 2000 г.

Анолит АНК, вырабатываемый установками СТЭЛ, в отличие от растворов формальдегида, не оказывает повреждающего действия на структуру ДНК, эффективно останавливая, в то же время, работу протеолитических ферментов.

Применяется в практике судебно-медицинской экспертизы МО РФ с 2000 года в соответствии с утвержденными Методическими Указаниями.



Влияние добавок на свойства анолита АНК

Концентрация исходного раствора хлорида натрия	Вид и концентрация добавок				
	Анолит АНК без добавки (контроль)	Этиловый спирт, 0,5% (об.)	Этиловый спирт, 1,0% (об.)	СМС «Лотос», 0,05% (масс.)	СМС «Лотос», 0,1% (масс.)
Скорость коррозии образцов стали 3 в анолите АНК с концентрацией оксидантов 500 мг/л при различной минерализации исходного раствора (c_{NaCl}), г/м²×ч ¹⁾					
$c_{\text{NaCl}} = 5$ г/л	8,42	0,92	0,54	4,02	2,71
$c_{\text{NaCl}} = 2$ г/л	4,11	0,13	0,03	3,13	1,45
$c_{\text{NaCl}} = 1$ г/л	2,43	0,00	0,00	1,22	0,92
Время обеззараживания тест-объектов контаминированных E. coli анолитом АНК (погружение) с концентрацией оксидантов 500 мг/л при различной минерализации исходного раствора (c_{NaCl}), мин ²⁾					
$c_{\text{NaCl}} = 5$ г/л	10	8	5	8	5
$c_{\text{NaCl}} = 2$ г/л	8	5	2	6	4
$c_{\text{NaCl}} = 1$ г/л	5	2	1	4	2
Время очистки металлических тест-объектов сложной формы от белковых загрязнений (кровь) анолитом с концентрацией оксидантов 500 мг/л при различной минерализации исходного раствора (c_{NaCl}), мин. ³⁾					
$c_{\text{NaCl}} = 5$ г/л	30	25	22	20	15
$c_{\text{NaCl}} = 2$ г/л	25	18	16	14	11
$c_{\text{NaCl}} = 1$ г/л	19	14	12	9	7

Примечания:

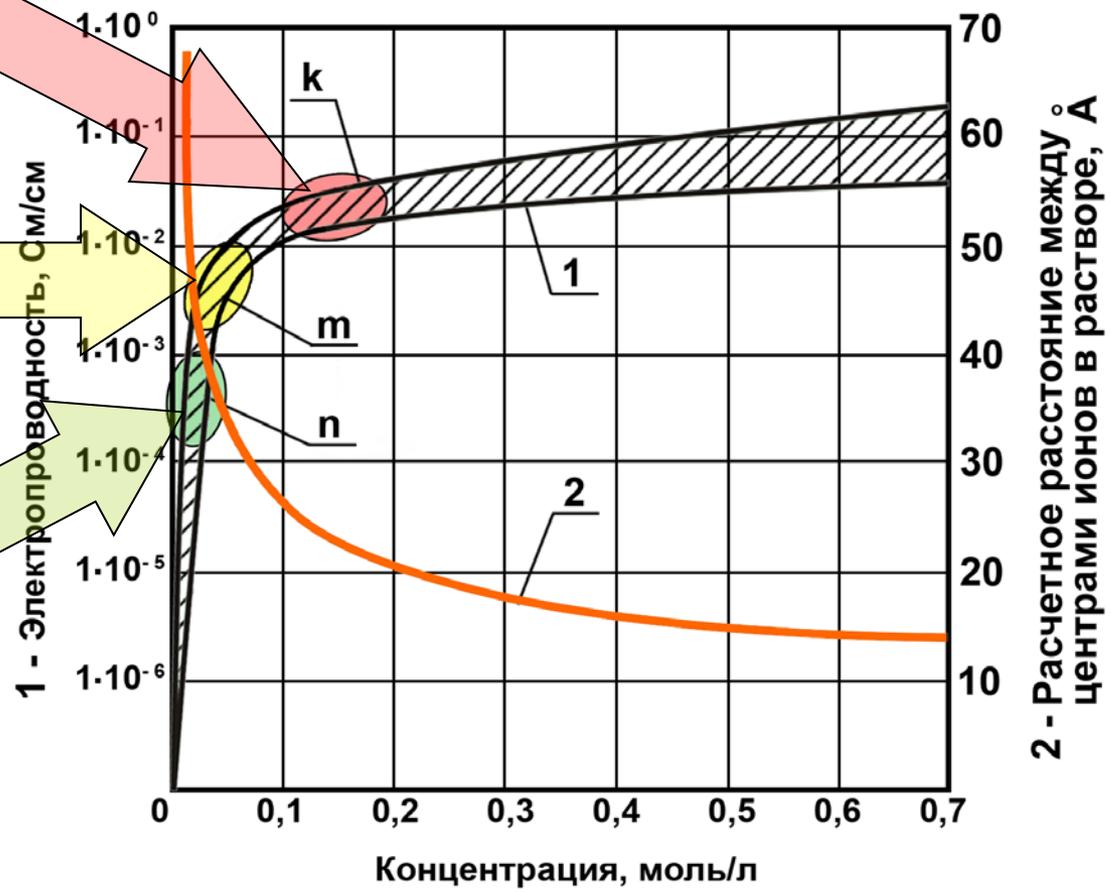
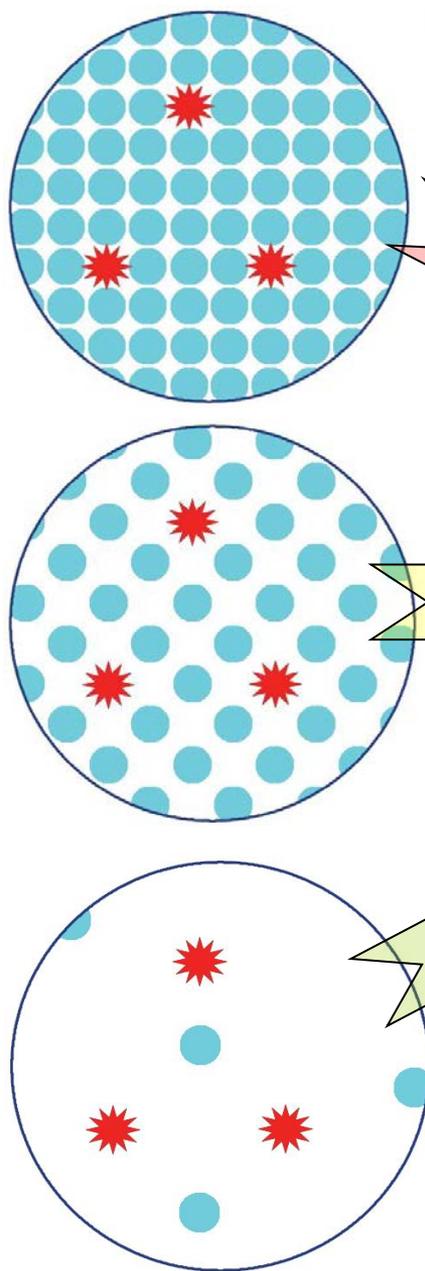
1) скорость коррозии исследовалась на стандартных образцах стали Ст3 методом взвешивания при времени экспозиции образцов стали в анолите в различных сериях опытов от 1,5 ч. до 18 ч. ;

2) использовались стандартные планшеты (12 планшетов) площадью 10×10 см, обсемененные бактериальным штаммом Escherichia coli ATCC 25922. Исходная интенсивность обсеменения 1·10⁶ (±10%) КОЕ/100 см². Зараженные планшеты (10 планшетов) обеззараживались методом однократного протирания антисептиком. Время экспозиции 2;5;8;10;15;20;25;30;35;40 минут. 2 планшета не подвергались обеззараживанию и служили в качестве контроля. В таблице указано время снижения КОЕ с исходного уровня 10⁶/100 см² до 10⁰/100 см². Посевы производились методом аппликации на кровяной агар.

3) контроль качества очистки производился амидопирамовой пробой в соответствии с Методическими указаниями по предстерилизационной очистке изделий медицинского назначения (№ 28-6/13 от 25.05.88 г.).

Эффективность действующих веществ (☀) в электрохимически активированном анолите увеличивается при уменьшении концентрации ионов фонового электролита – NaCl (●)

Удельная электропроводность водных растворов неорганических веществ: кислот, солей, оснований (1), а также средние расстояния между ионами этих электролитов (2) в зависимости от концентрации

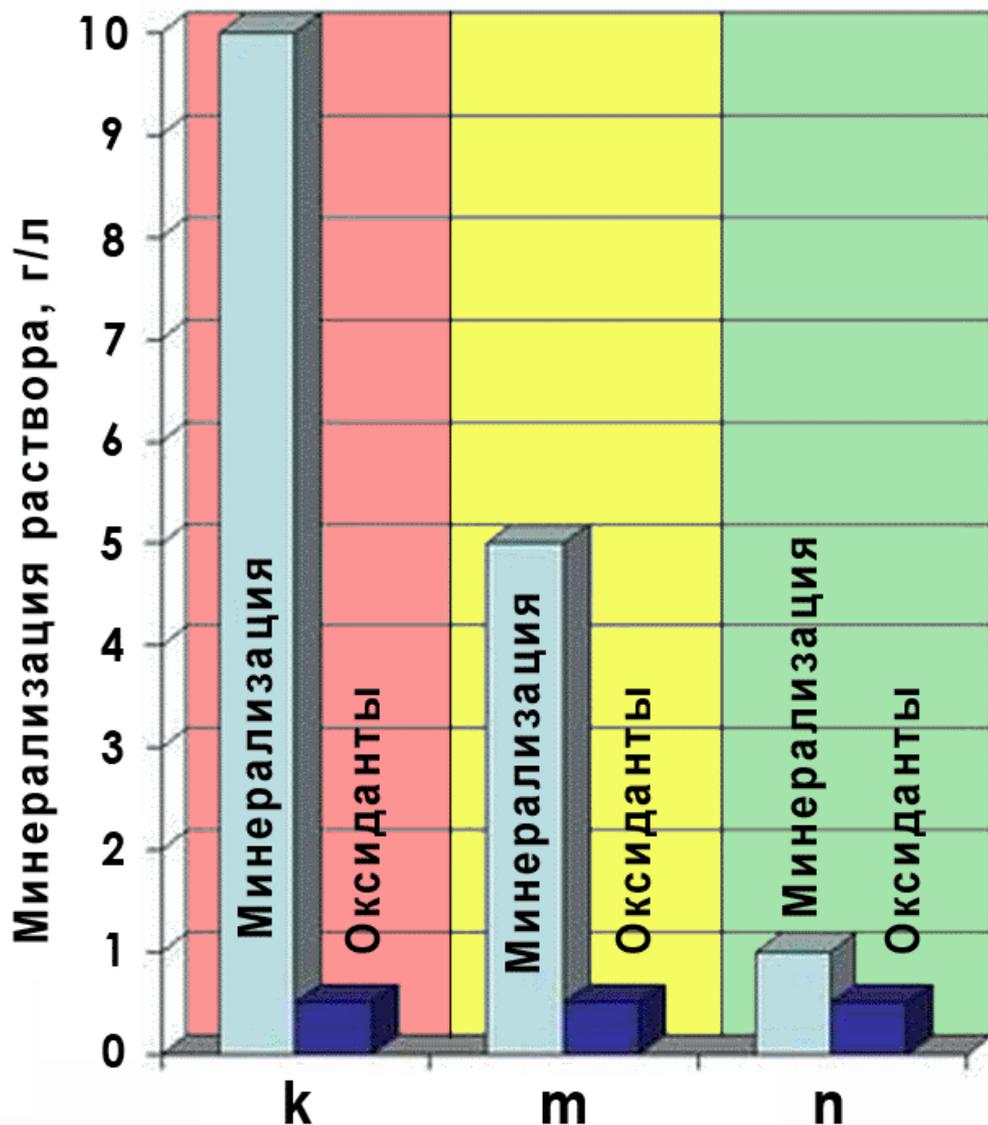


При гидратации иона происходит своеобразная нейтрализация и перераспределение его заряда по окружающим ион молекулам воды.

Самое важное следствие - возможность представить ион как своеобразную нейтральную частицу, скорее - сложный атом с заполненными электронными орбиталями.

Аналогия позволяет уподобить ион в растворе атому благородного газа, имеющему то же число электронов и ту же массу.

Такое представление, разработанное Г.А.Крестовым, оказалось плодотворным, оно позволило многое понять в сложных процессах превращения веществ при переходе их в раствор.



Характерные для областей «к», «т» и «п» соотношения общей минерализации электрохимически синтезированных растворов с концентрацией оксидантов, одинаковой для всех трех растворов (500 мг/л)

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

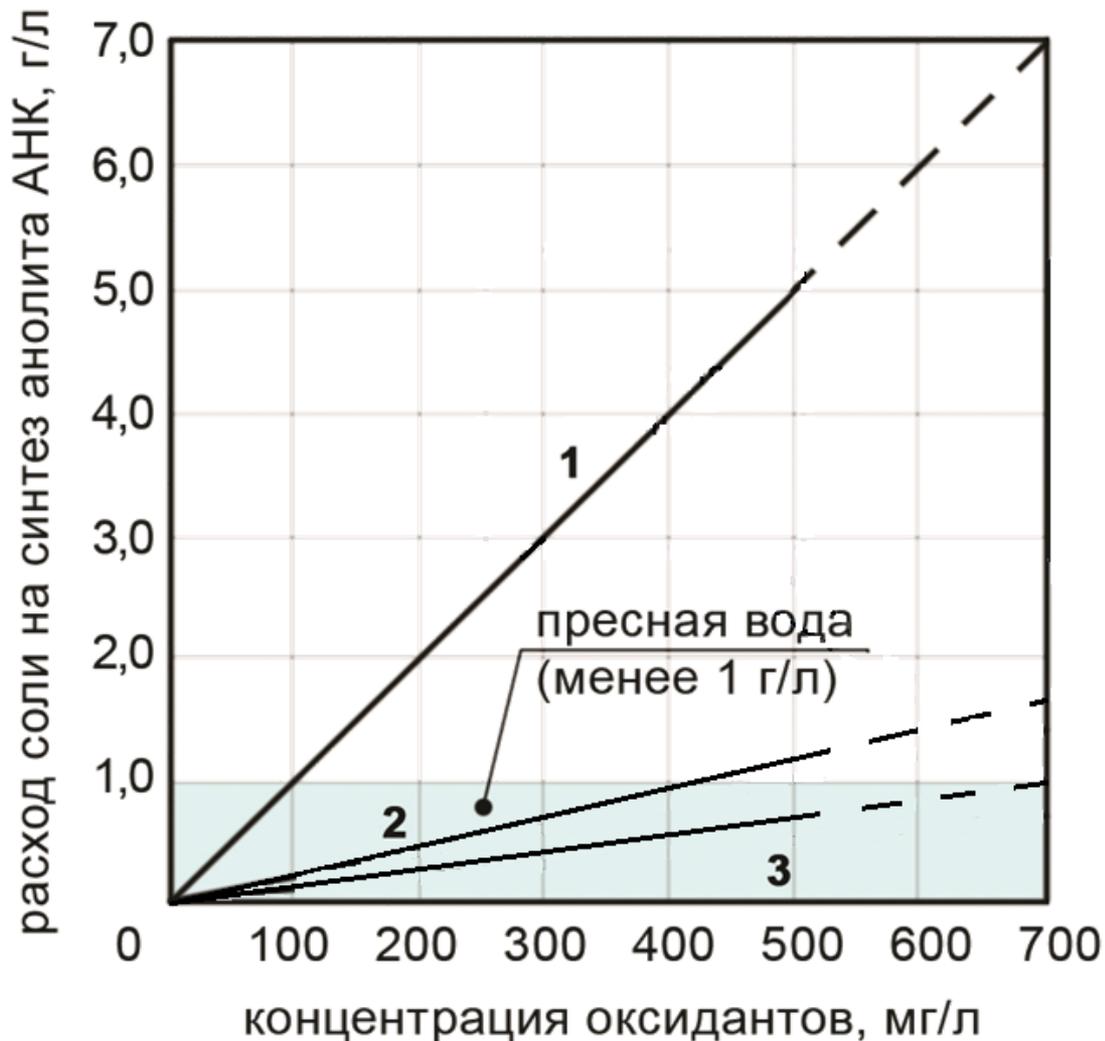
1 – анолит АНК первого поколения, получаемый в установках типа СТЭЛ-10Н-120-01. Соотношение расхода соли к концентрации оксидантов: $5,0 : 0,5 = 10$.

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: $0,6 : 0,5 \approx 1$. Балластные вещества отсутствуют.



Классификация установок СТЭЛ и производимых ими растворов

Совершенствование установок СТЭЛ-10Н-120-01 в направлении снижения общей минерализации вырабатываемого ими анолита АНК привело к появлению в 2009 году установок СТЭЛ-АНК-ПРО, а в 2011 году – к созданию установок СТЭЛ-АНК-СУПЕР, с помощью которых был достигнут теоретический предел снижения минерализации анолита АНК, получившего новое название: анолит АНК СУПЕР ввиду его исключительных технологических свойств

Обозначение базовой модели установки	Основные компоненты исходного раствора	Тип синтезируемого метастабильного раствора	Основные активно действующие вещества метастабильного раствора	Примечание
СТЭЛ-10Н-120-01	Вода, хлорид натрия	Анолит АНК	Хлоркислородные и гидропероксидные оксиданты	Общее содержание растворенных веществ в анолите АНК при концентрации оксидантов 500 мг/л - не более 5,0 г/л
СТЭЛ-АНК-ПРО	Вода, хлорид натрия	Анолит АНК	Хлоркислородные и гидропероксидные оксиданты	Общее содержание растворенных веществ в анолите АНК при концентрации оксидантов 500 мг/л - не более 1,0 г/л
СТЭЛ-АНК-СУПЕР	Вода, хлорид натрия или калия	Анолит АНК	Хлоркислородные и гидропероксидные оксиданты	Общее содержание растворенных веществ в анолите АНК при концентрации оксидантов 500 мг/л - не более 0,9 г/л
СТЭЛ-ПЕРОКС	Вода, пищевая сода	Анолит ПЕРОКС Катодит К	Надугольная кислота, пероксокарбонаты Восстановленные формы растворенных веществ и воды	Общее содержание растворенных веществ как в анолите ПЕРОКС, так и в катодите К не превышает 1,0 г/л
СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ	Вода, хлориды, карбонаты, фосфаты или ацетаты натрия	Анолиты А, ПЕРОКС, АНФОС, АЛОКС-М Катодит К	Хлоркислородные, гидропероксидные оксиданты, надугольная, надфосфорная, надуксусная кислоты. Восстановленные формы растворенных веществ и воды	Общее содержание растворенных веществ как в анолитах, так и в катодите не превышает 1,0 г/л

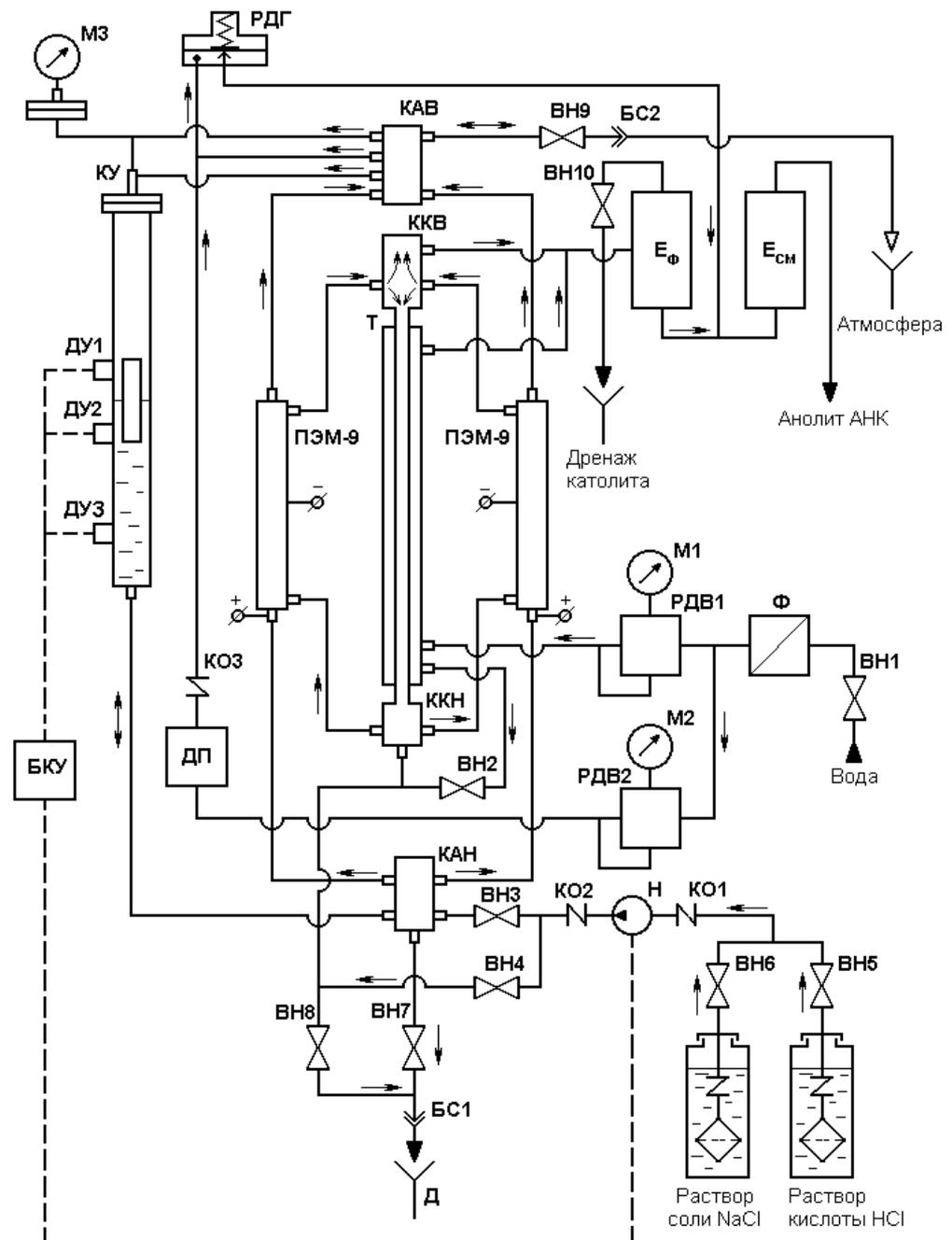
Технологическая схема получения анолита АНК в установках СТЭЛ-АНК-ПРО

(в реакторе установок использованы элементы ПЭМ-МБ с диафрагмой диаметром 26 мм)

1. Анодная обработка исходного раствора хлорида натрия методом ионселективного электролиза с диафрагмой с образованием концентрированного католита.

2. Ввод католита и водорода в пресную воду, удаление посредством флотации водородом нерастворимых гидроксидов многовалентных металлов вместе с частью католита, насыщение воды растворенным водородом.

3. Ввод продуктов анодной обработки в очищенную от ионов тяжелых металлов и насыщенную водородом воду.

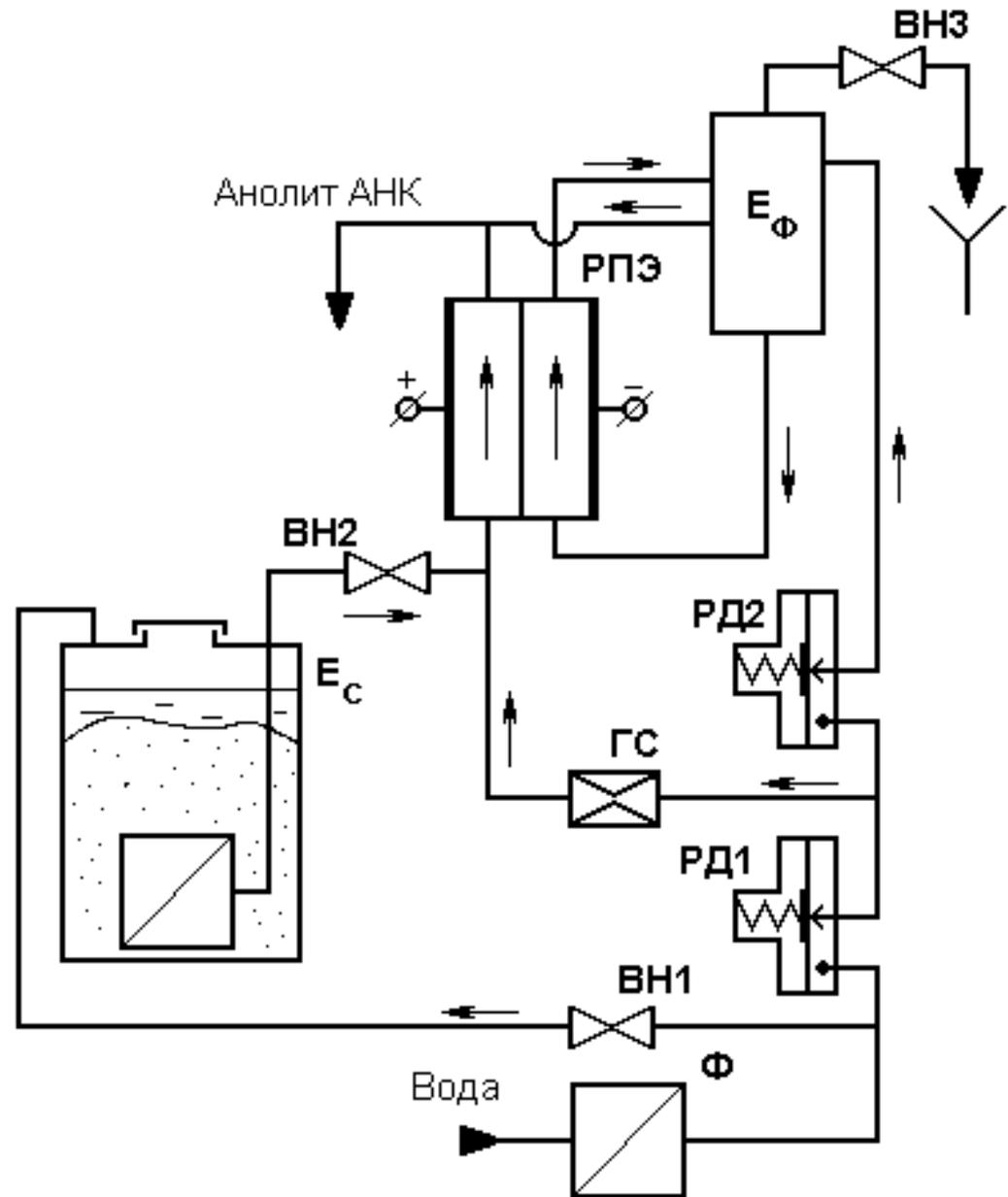


Технологическая схема получения анолита АНК в установках типа СТЭЛ-АНК-ПРО модификации «М» (в реакторе установок использованы элементы ПЭМ-МБ с диафрагмой диаметром 11 мм)

1. Катодная обработка пресной воды с одновременной анодной обработкой исходного водного раствора хлорида натрия или калия.

2. Отделение посредством флотации водородом и удаление из католита газообразного водорода вместе с небольшим количеством католита, содержащего ионы тяжелых металлов, превращенные в нерастворимые гидроксиды.

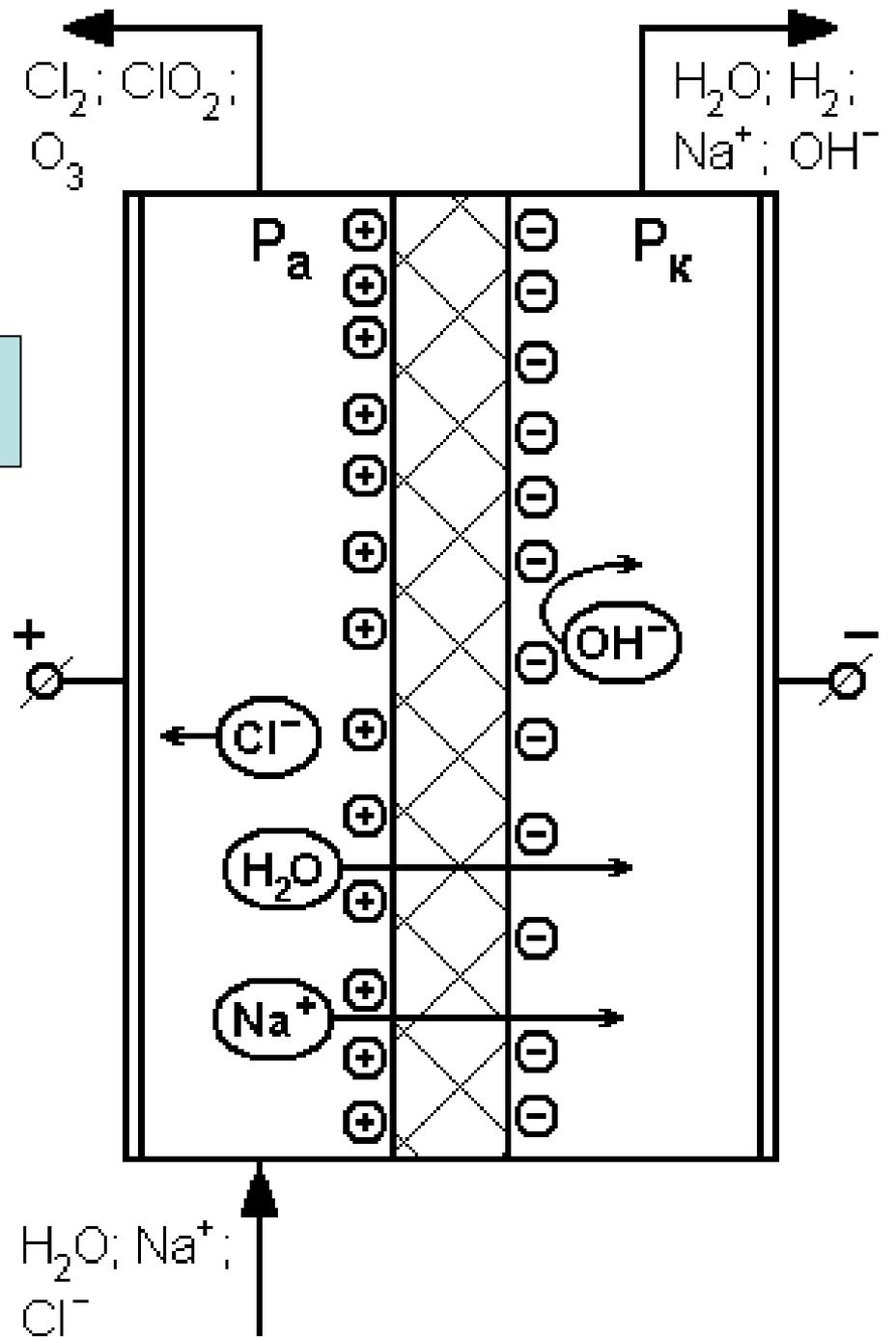
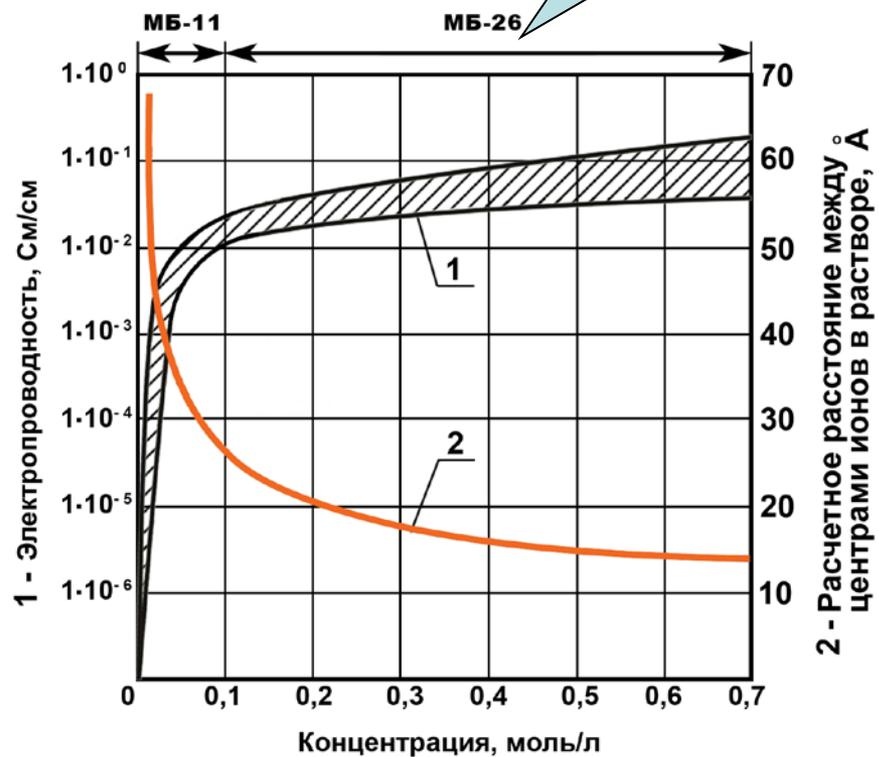
3. Ввод продуктов анодных реакций в очищенный католит.



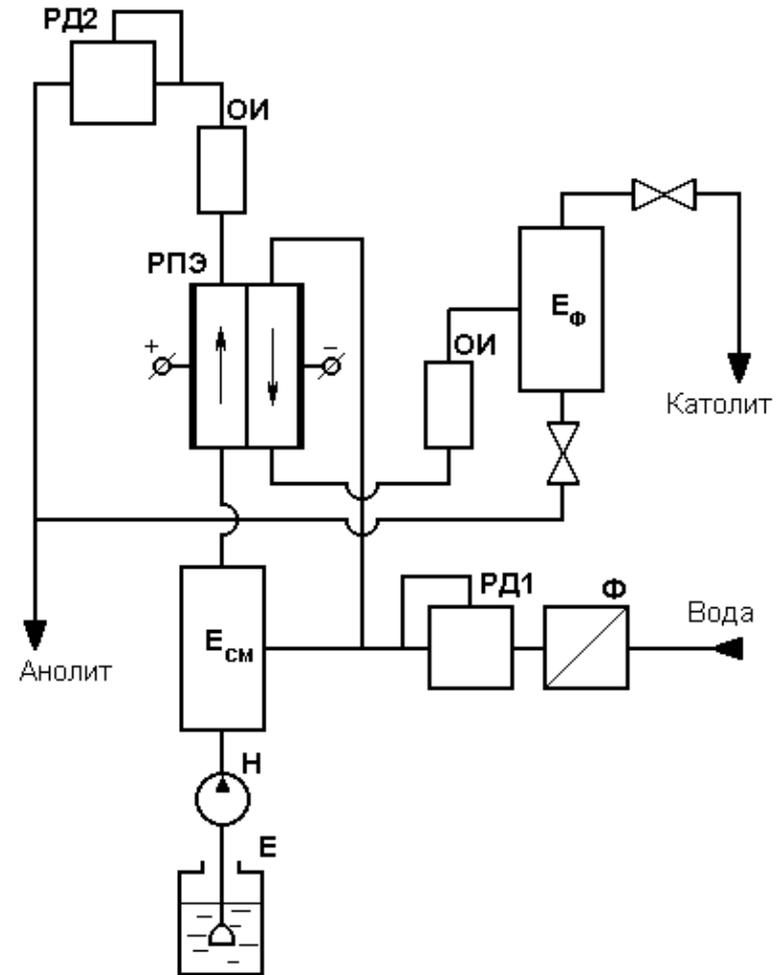
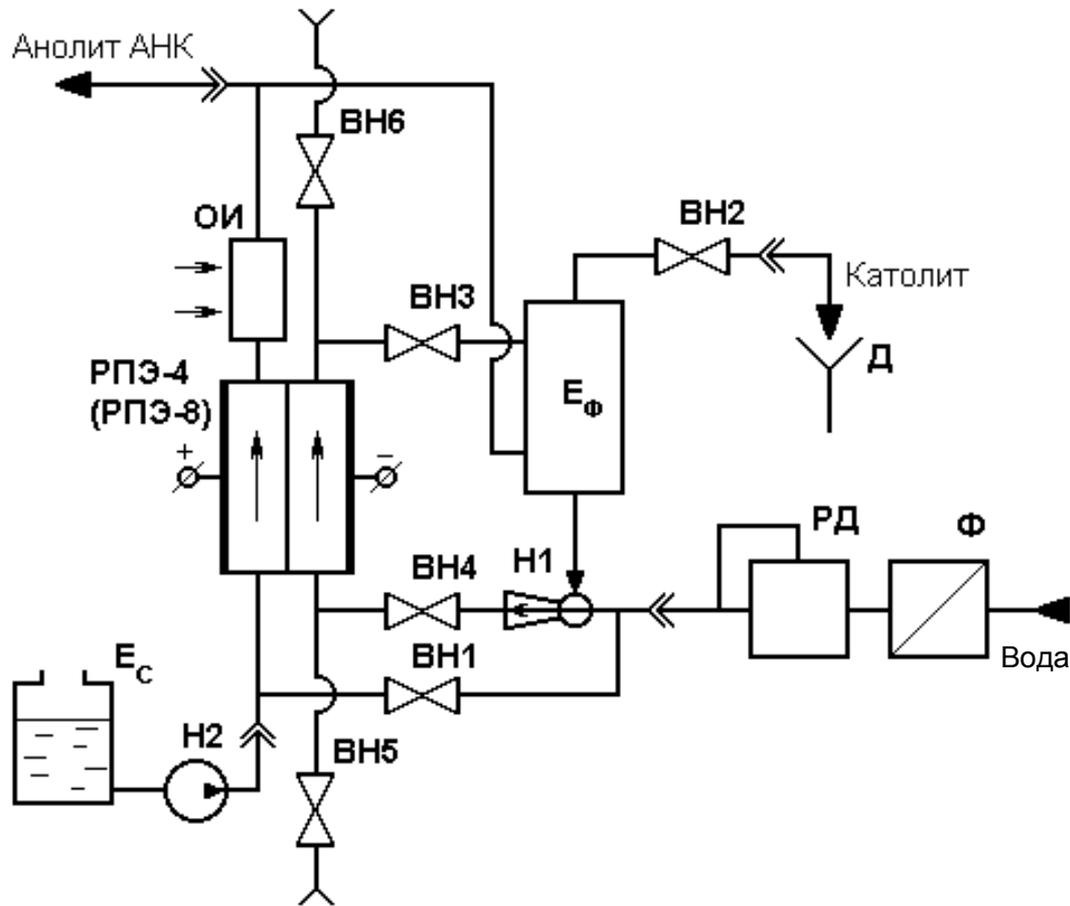
Принципиальная схема химических процессов в реакторе установки СТЭЛ-АНК-ПРО

Установки СТЭЛ-АНК-ПРО модификации «М»

Установки СТЭЛ-АНК-ПРО



Варианты гидравлической схемы установки типа СТЭЛ-АНК-ПРО модификации М



Для изображенных схем концентрация исходного раствора хлорида натрия выбирается в пределах 10 – 20 г/л. Расход воды – Q , л/ч. Циркуляция в катодной камере – от 0,3 до 0,6 Q . Скорость подачи раствора хлорида натрия – от 0,05 до 0,1 Q .

Свойства анолита АНК из установок СТЭЛ первого и второго поколения

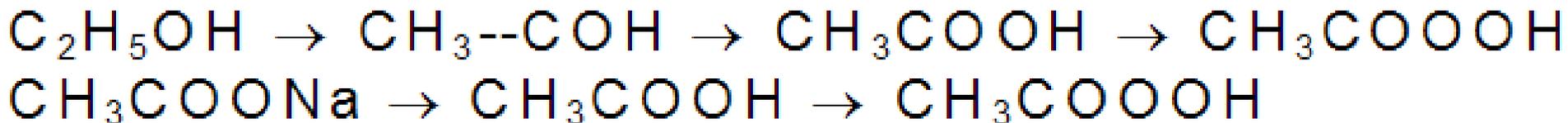
Показатели и свойства анолита АНК	Установка СТЭЛ-10Н-120-01	Установка СТЭЛ-АНК-ПРО
Общая минерализация, г/л	3,0 – 5,0	Не более 1,0
Концентрация оксидантов, мг/л	Не более 500	Не менее 500
Время хранения, сут	Не более 5	Не менее 30
Возможность разбавления пресной водой до необходимой концентрации оксидантов	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
Повышенная антимикробная активность за счет осмотического переноса действующих метастабильных соединений во внутреннюю среду микроорганизмов	Нет	Есть
Улучшение моющих свойств за счет повышенной гидратационной активности	Нет	Да

Анолит АНК СУПЕР из установок СТЭЛ-АНК-СУПЕР превосходит по биоцидной активности анолит АНК из установок СТЭЛ-АНК-ПРО. В свою очередь, анолиты из установок СТЭЛ-АНК-ПРО и СТЭЛ-АНК-СУПЕР намного превосходят по биоцидной активности анолит АНК, произведенный в установках СТЭЛ-10Н-120-01 и, кроме того, могут служить основой для приготовления антимикробного раствора с целым рядом новых свойств – анолита АЛОКС

Анолит АЛОКС проявляет высокую эффективность в условиях высокой органической нагрузки. Еще одним важным преимуществом анолита АЛОКС является то, что он не вызывает коррозии металлов при обработке методом погружения.

Анолит АЛОКС готовится путем введения 1 объемного процента этилового спирта в анолит АНК с концентрацией оксидантов 500 мг/л, полученный в установке типа СТЭЛ-АНК-ПРО, с последующим растворением этилового спирта в объеме анолита АНК посредством перемешивания в течение 1 минуты.

Химические реакции, протекающие при вводе этилового спирта в анолит АНК, полученный в установке СТЭЛ-АНК-ПРО или анолит АНК СУПЕР из установки СТЭЛ-АНК-СУПЕР:



Бактерицидная и фунгицидная активность анолита АЛОКС в условиях высокой органической нагрузки намного превышает антимикробную активность анолита АНК

Характеристика исследований		1 мин.	10 мин.	30 мин.
Тест-раствор (анолит АНК из установки СТЭЛ-АНК-ПРО)	C. albicans	≥ 6,73	≥ 6,72	≥ 6,74
	E. coli	4.32	4.99	5.30
	S. aureus	5.72	≥ 9,73	≥ 9,76
Тест-раствор с добавлением 1% этилового спирта (анолит АЛОКС)	C. albicans	≥ 7,28	≥ 7,54	≥ 7,51
	E. coli	≥ 9,60	≥ 9,62	≥ 9,58
	S. aureus	≥ 9,69	≥ 9,71	≥ 9,72

Установки СТЭЛ-АНК-СУПЕР для получения анолита АНК СУПЕР - высокоэффективного низкоминерализованного метастабильного раствора универсального спектра действия для широкого круга применений производительностью от 40 до 500 литров в час



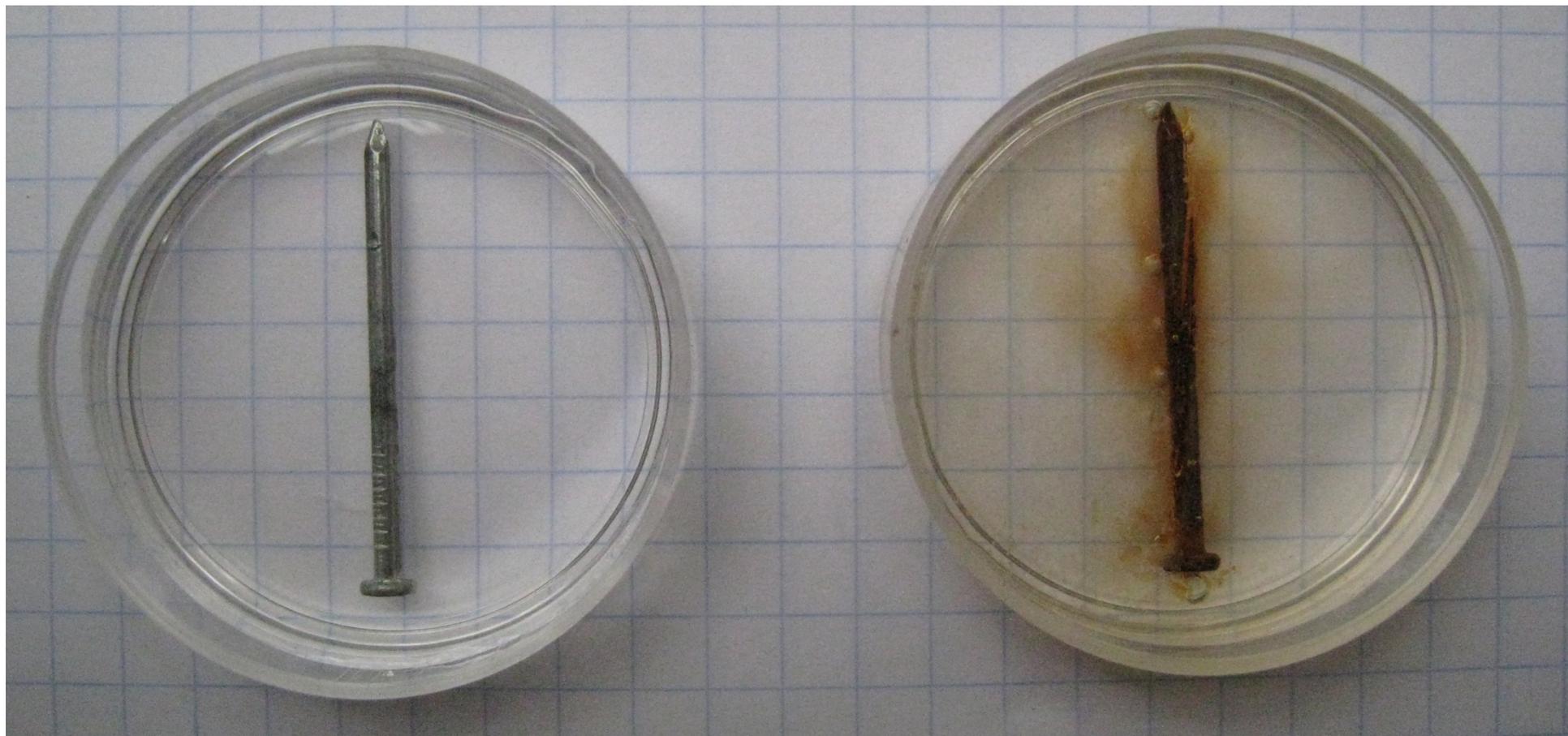
Сравнительные характеристики установок СТЭЛ

№п/п	Технические параметры и операции	Установка СТЭЛ-10Н-120-01	Установка СТЭЛ-АНК-ПРО	Установка СТЭЛ-АНК-СУПЕР
1	Диапазон производительности по анолиту АНК для различных моделей, л/ч	20 - 500	50 - 600	40-500
2	Оптимальная наибольшая концентрация оксидантов в анолите АНК, мг/л	500	500	500
3	Расход электроэнергии на получение 1 л анолита АНК, Втхч/л	10-12	9 - 11	8 – 10
3	Время непрерывной работы в номинальном режиме,ч	8	24	24
4	Расход соли на производство 1 литра анолита, г	5,0	1,0 – 1,2	0,5 – 0,7
5	Диапазон производительности по католиту для различных моделей, л/ч	4 – 100	10 – 110	10 – 110
6	Время непрерывной работы (до промывки) электрохимического реактора при работе на растворе пищевой соли «Экстра», приготовленном на водопроводной питьевой воде, час	10 - 20	60 – 70	150 – 200
7	Конструкция установки	Корпусная	Открыто-рамная, моноблочная	Корпусная, блочно-модульная

Основные выводы: чем ниже общее содержание ионов в активированном растворе, тем, при равном содержании активно действующих веществ, выше реакционная способность активированного раствора, больше время его «жизни», меньше коррозионная активность



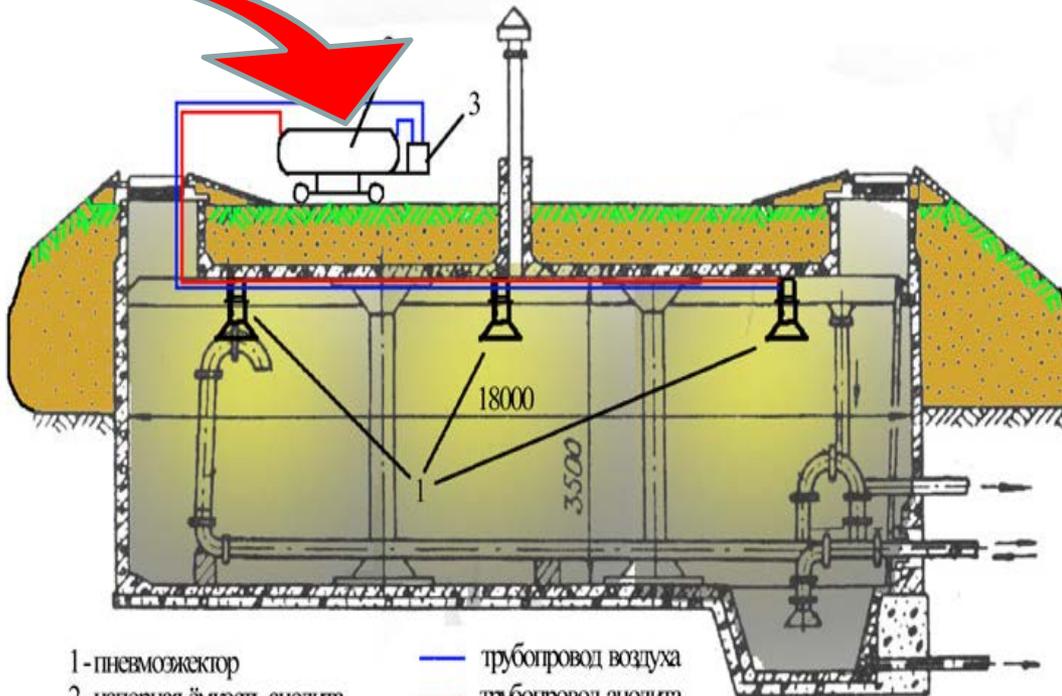
Сравнение коррозионной активности анолита АНК, произведенного в установке типа СТЭЛ-10Н-120-01 с концентрацией оксидантов 500 мг/л и общей минерализацией 5 г/л (фото справа) и анолита АНК, произведенного установкой типа СТЭЛ-АНК-ПРО с концентрацией оксидантов 500 мг/л и общей минерализацией 1,2 г/л (фото слева) через 25 часов после начала эксперимента





Аэрозольная дезинфекция резервуаров ЧИСТОЙ ВОДЫ

Анолит АНК СУПЕР



- 1 - пневмоэжектор
- 2 - напорная ёмкость анолита
- 3 - компрессор

Параметры узла по производству анолита:

- производительность – 500 л/час;
- концентрация анолита по хлору – 500 мг/л;

- ёмкость баков-накопителей – 4 м³;

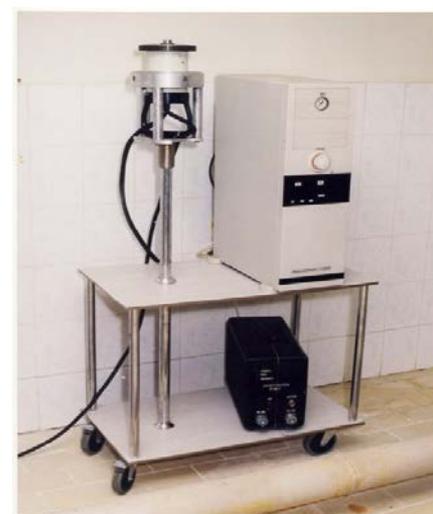
Мобильный аэрозольный комплекс МАК-1:

- производительность насоса высокого давления – 250 л/ч;
- максимальное давление – 250 бар;
- ёмкость для анолита – 4 м³;
- мощность – 7,5 кВт;
- дистанционное управление.

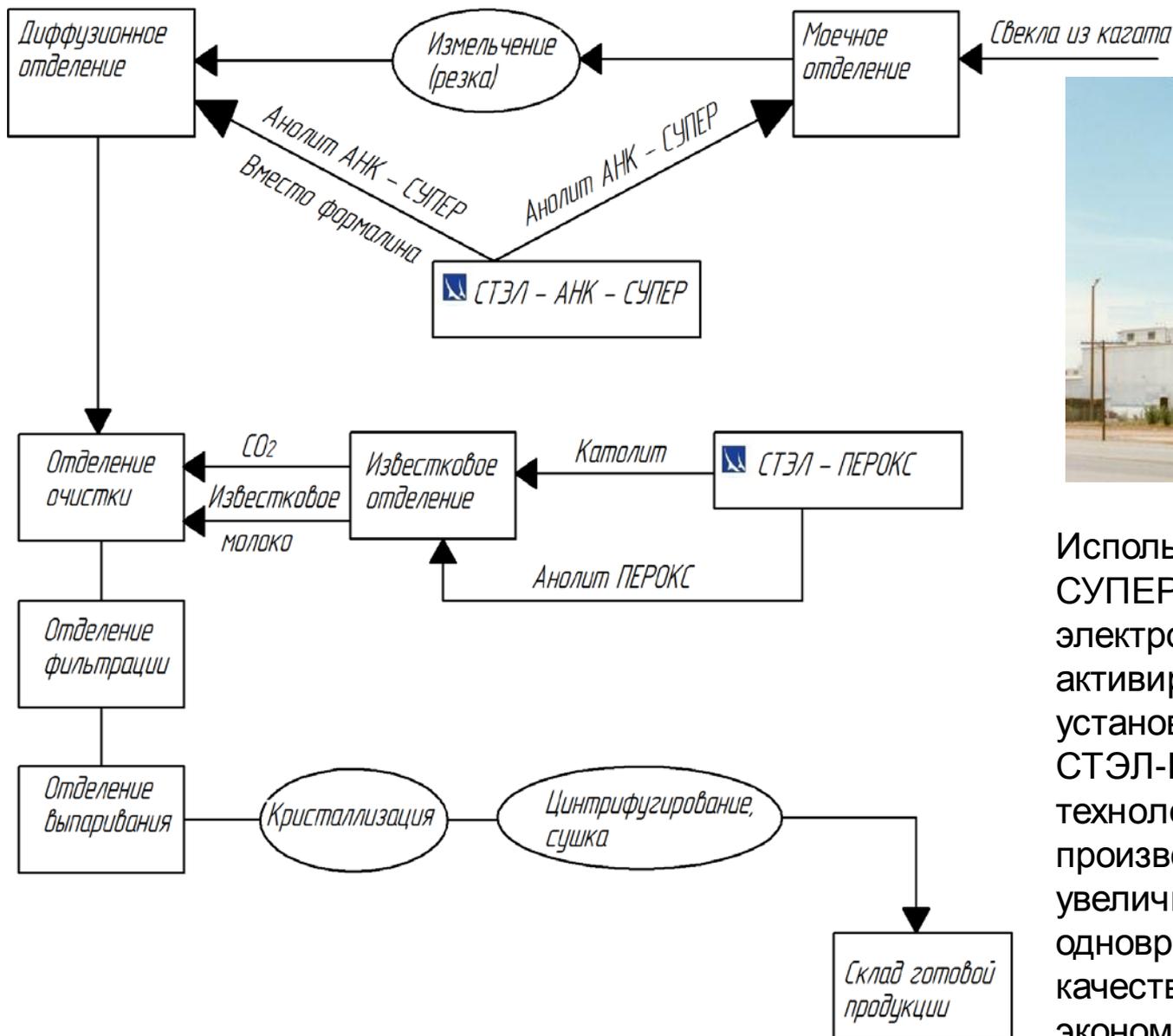
Аэрозольная дезинфекция позволяет сократить время обработки РЧВ в несколько раз с соблюдением экологических норм и безопасности персонала. Экономический эффект от проведения аэрозольной дезинфекции по сравнению с традиционным способом составляет до 50 руб. на 1 м³ объёма РЧВ.

Генераторы тумана анолита АНК, разработанные для применения в медицине.

Распыление анолита АНК с помощью генераторов тумана с центробежными распылителями, вращающимися со скоростью от 20 до 25 тысяч оборотов в минуту, дает возможность получать устойчивый аэрозоль анолита АНК. Обработка туманом анолита АНК обеспечивает высококачественную дезинфекционную обработку помещений, включая труднодоступные для прямой обработки дезинфицирующим раствором поверхности: за батареями отопления, с обратной стороны вентиляционных решеток и т.п.

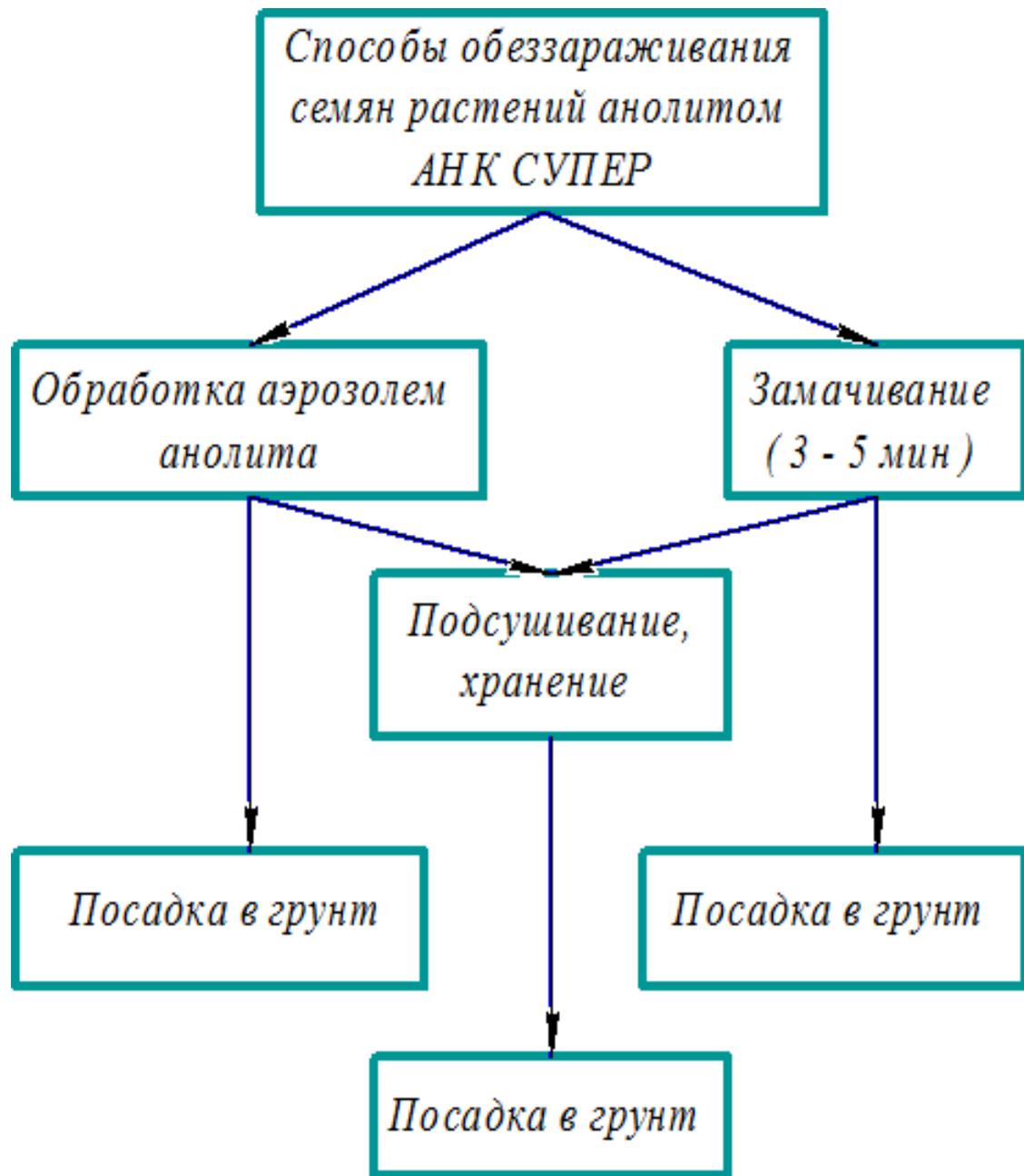


Технология производства сахара из сахарной свеклы с использованием электрохимически активированных растворов



Использование анолита АНК СУПЕР, анолита Перокс и электрохимически активированного католита из установок СТЭЛ-АНК-СУПЕР и СТЭЛ-ПЕРОКС в технологическом цикле производства сахара позволяет увеличить выход сахара при одновременном повышении его качества и значительной экономии химических реагентов.

Обеззараживание семян растений анолитом АНК СУПЕР



В настоящее время предпосевная обработка зерновых культур ведется дорогостоящими препаратами, которые накапливаются в почве, отравляя ее, ингибируют всхожесть и снижают энергию прорастания семян. Использование в качестве средства обеззараживания семян растений анолита АНК СУПЕР позволяет эффективно в течение нескольких минут уничтожить возбудителей болезней растений всех известных видов и форм: бактерии, вирусы, грибы, споры. Растения из обработанных анолитом АНК СУПЕР семян раньше всходят (на 10-20%) за счет усиления

Технология переработки куриного помета с применением анолита АНК и системы электростатического высушивания

Птичий помет (жидкий или полужидкий)

Анолит
АНК
СУПЕР

Смешивание с анолитом АНК СУПЕР для первичного обеззараживания и уничтожения запаха. Пропорция: на 100 кг помета 10 – 20 литров анолита АНК СУПЕР

Холодное высушивание в электростатической сушилке (150 – 200 кВ, 0,2 – 0,4 А) производства компании ДЕЛФИН АКВА

Анолит
АНК
СУПЕР

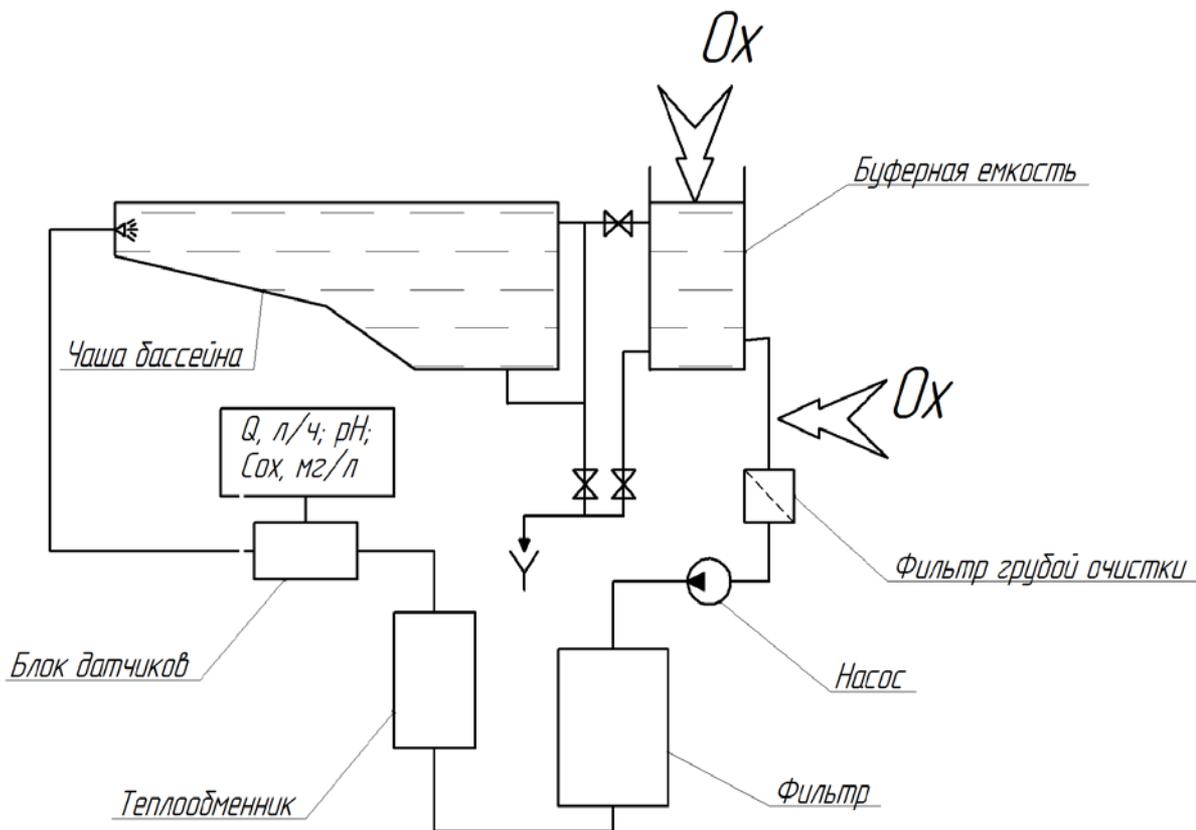
Завершающая обработка сухого материала аэрозолем анолита АНК СУПЕР

Готовый продукт, содержащий все полезные органические и неорганические вещества, обеззараженный, выдерживающий транспортировку и длительное хранение

Обеззараживание воды плавательных бассейнов электрохимически активированной смесью оксидантов, в частности, анолитом АНК СУПЕР

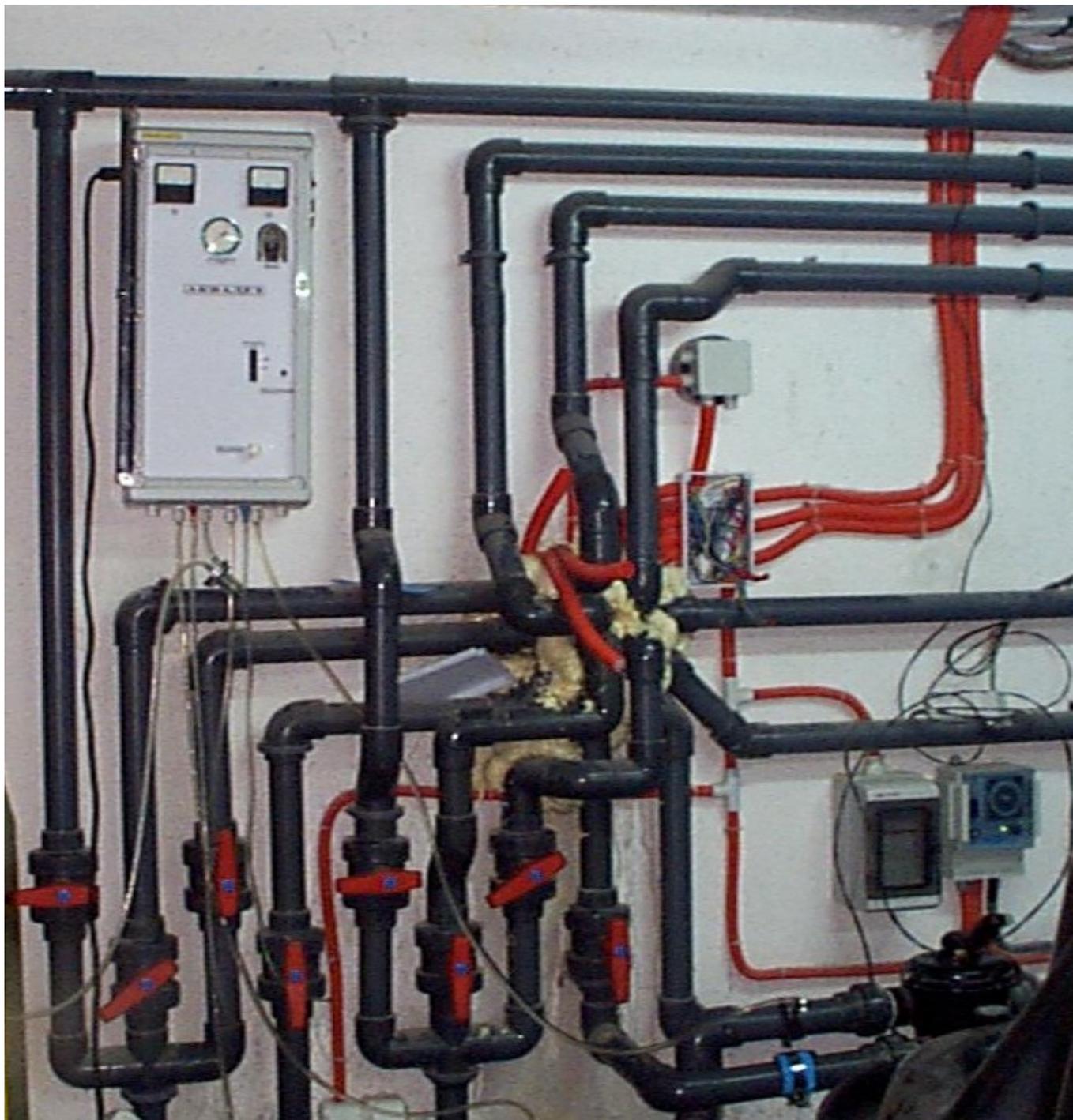
Смесь оксидантов, вырабатываемых в установках СТЭЛ-АНК-СУПЕР и АКВАХЛОР-М, эквивалентна по составу той, которая образуется в организмах живых существ при фагоцитозе (уничтожении инородных субстанций фагоцитами). Поэтому микрофлора не способна выработать резистентность к смеси оксидантов при ее полной безвредности для человека и животных, а также абсолютной экологической чистоте.

Смесь хлоркислородных и гидропероксидных оксидантов по антимикробной активности намного превосходит традиционные дезинфектанты – моновещества. Война против микробов, как любая война, требует использования разнообразных видов вооружения, поскольку добиться победы только одним средством поражения противника, даже очень совершенным, невозможно. Именно ввиду значительного превосходства над прочими дезинфектантами, смесь оксидантов обязательно вводят не после фильтров, а до фильтров в указанных на схеме местах.



Установка СТЭЛ-АНК-ПРО-М для безреагентной электрохимической дезинфекции воды в плавательном бассейне.

В процессе циркуляции воды в системе фильтрации, небольшая ее часть проходит через установку СТЭЛ-АНК-ПРО-М, насыщаясь в реакторе РПЭ озонном и другими эффективными, нетоксичными, быстро работающими оксидантами, которые обеспечивают наилучшее из возможных качество воды в бассейне. Установка нуждается в периодической очистке реактора раствором кислоты. Москва, 2003.



Установка СТЭЛ-АНК-ПРО-МС подключается к циркуляционной системе любого бассейна в течение 30 минут, работает в автоматическом режиме



Вода приобретает идеальную прозрачность: отсутствует видимый луч прожектора, т.е. нет взвешенных частиц

Сравнительные характеристики химически стабильных и электрохимически активированных дезинфицирующих растворов

Показатели	Химически стабильные дезинфицирующие растворы	Электрохимически активированные растворы из установок СТЭЛ		
		СТЭЛ-10Н-120-01	СТЭЛ-АНК-ПРО	СТЭЛ-ПЕРОКС-20-01
Действующие вещества	Четв. амм. соед., фенолы, хлоризоцианураты, альдегиды	Хлоркислородные и гидропероксидные метастабильные соединения	Хлоркислородные и гидропероксидные метастабильные соединения	Пероксокарбонаты, надугольная кислота, гидропероксидные соединения в метастабильном состоянии
Концентрация действующих веществ в рабочем растворе	0,1 – 2,5%	0,02 – 0,05%	Более 0,05%	0,004 – 0,005% (в эквиваленте активного хлора)
Спектр антимикробной активности	Широкий – для 10% известных средств, ограниченный для 90%	Широкий	Широкий	Широкий
Токсичность для человека и животных	Да	Нет	Нет	Нет
Токсичность продуктов деградации для человека и животных	Да	Нет	Нет	Нет
Необходимость нейтрализации перед сбросом в канализацию	Да	Нет	Нет	Нет
Необходимость ополаскивания медицинских инструментов после обработки	Да	Да	Нет	Нет
Сочетание антимикробных свойств и моющей способности	Да – для 10% известных средств	Да	Да	Да
Наличие следов на гладких поверхностях после высыхания	Да	Да	Очень слабо выражены	Практически незаметны

СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ - установки для получения электрохимически активированных растворов и воды широкого спектра применения:

в промышленности для синтеза электрохимически активированных технологических растворов

в пищевой промышленности для обработки помещений, мяса, рыбы, морепродуктов, овощей, фруктов экологически чистыми антимикробными растворами, действующие вещества которых представлены надугольными и надуксусными кислотами;

в тепличном хозяйстве для превращения воды орошения в экологически чистый раствор удобрений путем замены хлоридных, сульфатных и карбонатных ионов электролитов на анионы фосфатов и нитратов;

для раскисления молока и сыворотки;

для получения эффективного моющего, экстрагирующего раствора – католита К;

для получения делигнифицирующего и осаживающего агентов в технологии переработки растительного сырья.

**Диапазон некоторых электрохимических превращений веществ,
реализуемый в установке СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ**

Продукты анодных электрохимических реакций	Исходные вещества	Продукты катодных электрохимических реакций
$O_2; O_3; H_2O_2; OH^\bullet$	H_2O	$H_2; OH^-; e_{aq}; H^\bullet$
$Cl_2; ClO_2; HClO; HCl$	$NaCl + H_2O$	$H_2; NaOH$
$Cl_2; ClO_2$	$HCl + H_2O$	H_2
CH_3COOOH	$CH_3COONa + H_2O$	$H_2; NaOH$
CH_3COOOH	$CH_3COOH + H_2O$	H_2
$HOС(O)OOC(O)ONa;$ $HOС(O)OONa;$ $HOС(O)OOC(O)OH;$ $HOС(O)OOH$	$Na_2CO_3 + H_2O;$ $NaHCO_3 + H_2O$	$H_2; NaOH$
$HOС(O)OOC(O)OH;$ $HOС(O)OOH$	$H_2CO_3 + H_2O$	H_2
$H_2SO_5; H_2S_2O_8$	Na_2SO_4	$H_2; NaOH$
$H_2SO_5; H_2S_2O_8$	H_2SO_4	H_2
$H_3PO_5; H_4P_2O_8$	Na_3PO_4	$H_2; NaOH$
$H_3PO_5; H_4P_2O_8$	H_3PO_4	$H_2;$

Получение делигнифицирующего и гидролизующего агентов в установке СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-500-01

Производительность установки от 300 до 500 л/ч по анолиту и не менее 700 л/ч по католиту К. Удобна для предприятий фармацевтической, медицинской, пищевой промышленности.

Габаритные размеры: основание – 100 × 70 см, высота – 160 см, вес – 110 кг.

Установка СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-500-01 может эффективно использоваться для синтеза электрохимически активированных анолита и католита из пресной питьевой воды без добавки солей, для получения электрохимически активированных анолитов с действующими веществами, представленными надфосфорными и надсерными кислотами. Производительность установки по анолиту любого типа может регулироваться в пределах от 100 до 500 литров в час, по католиту любого типа – от 100 до 700 литров в час. В установке предусмотрена система очистки от катодных отложений отдельных секций электрохимического реактора, состоящего из 60 элементов МБ-11.

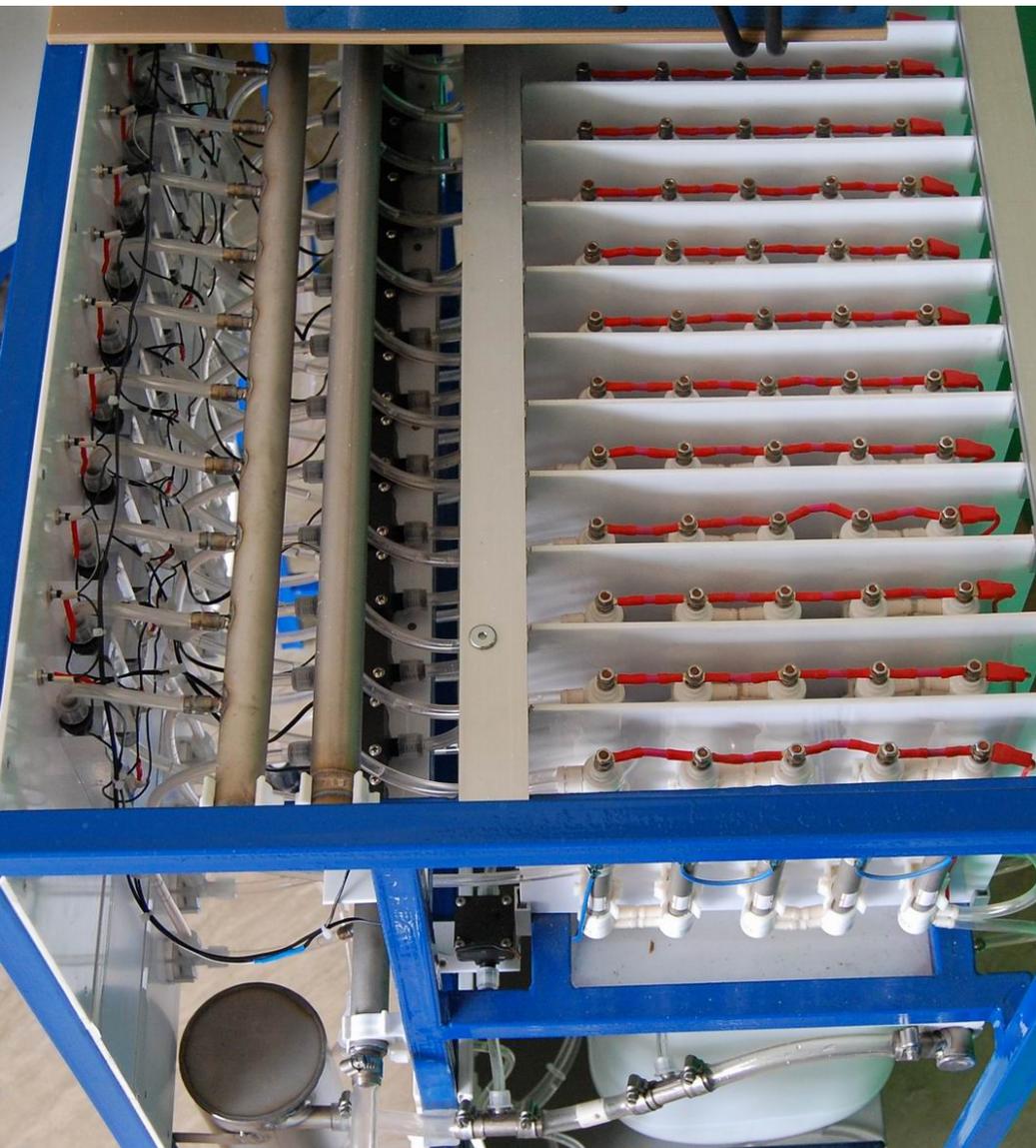


Слева направо: раствор лигнина в католите с $\text{pH} = 12$ и минерализацией менее 1 г/л, раствор лигнина после анодного окисления, раствор глюкозы после осахаривания соломы с общей минерализацией 3 г/л. Процессы делигнификации и осахаривания соломы реализованы при помощи анолита и католита, полученных в установке СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ



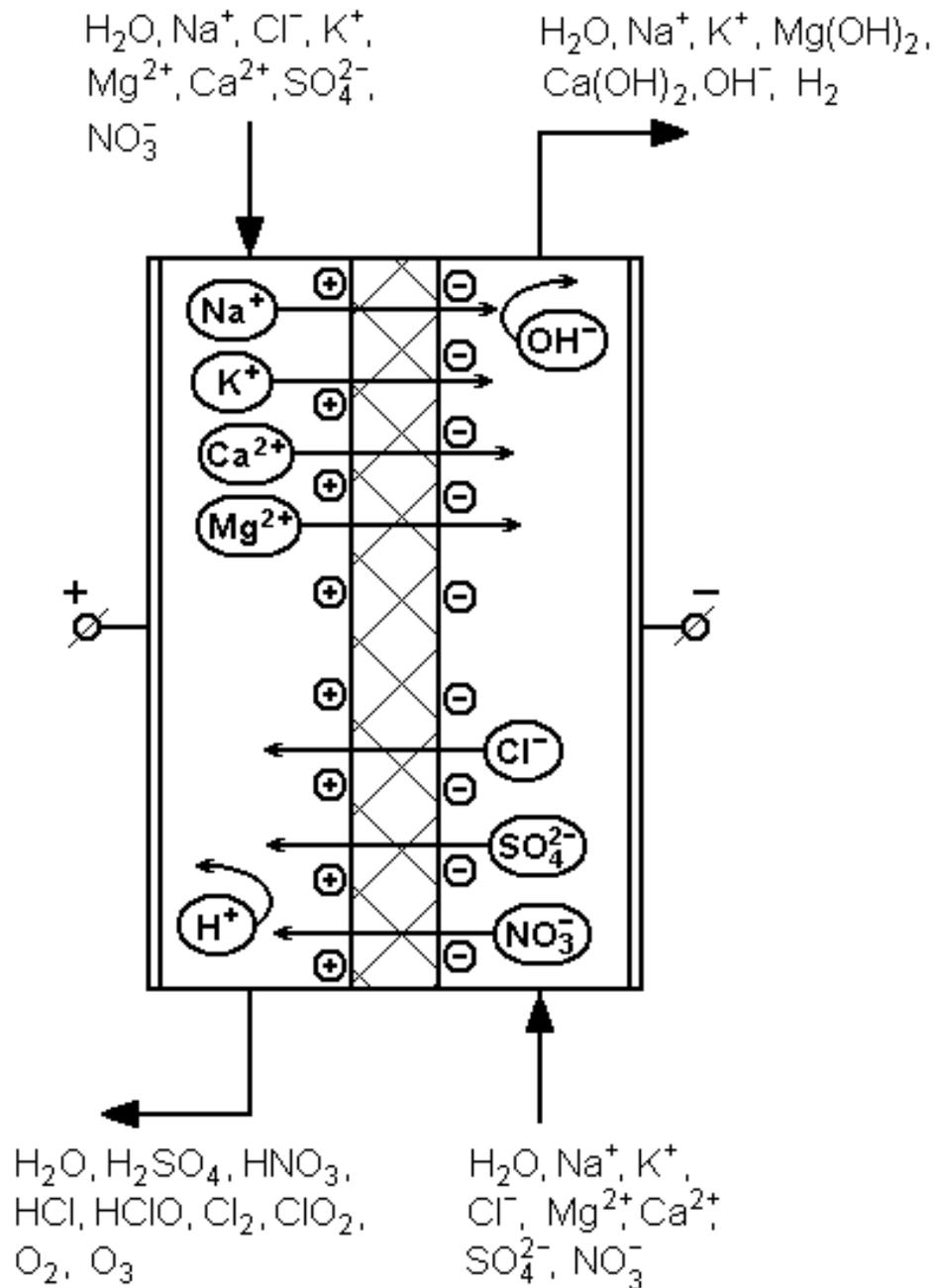
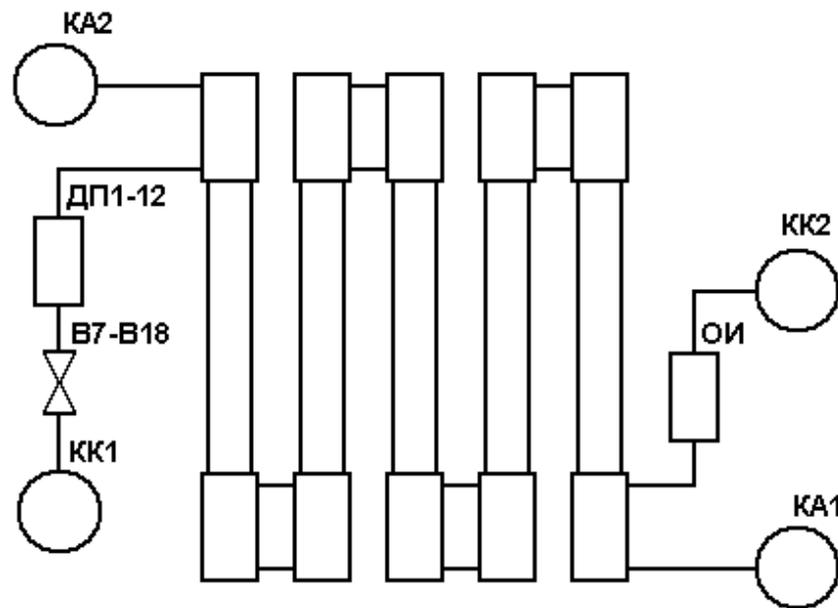
Электрохимические реакторы установок СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-500

На фото слева – реактор установки модели 2009 года из шестидесяти элементов МБ-11. На фото справа – реактор установки модели 2011 года из шестнадцати элементов МБ-26. При той же производительности, в установке модели 2011 года осуществляется более глубокое электрохимическое преобразование обрабатываемых растворов.

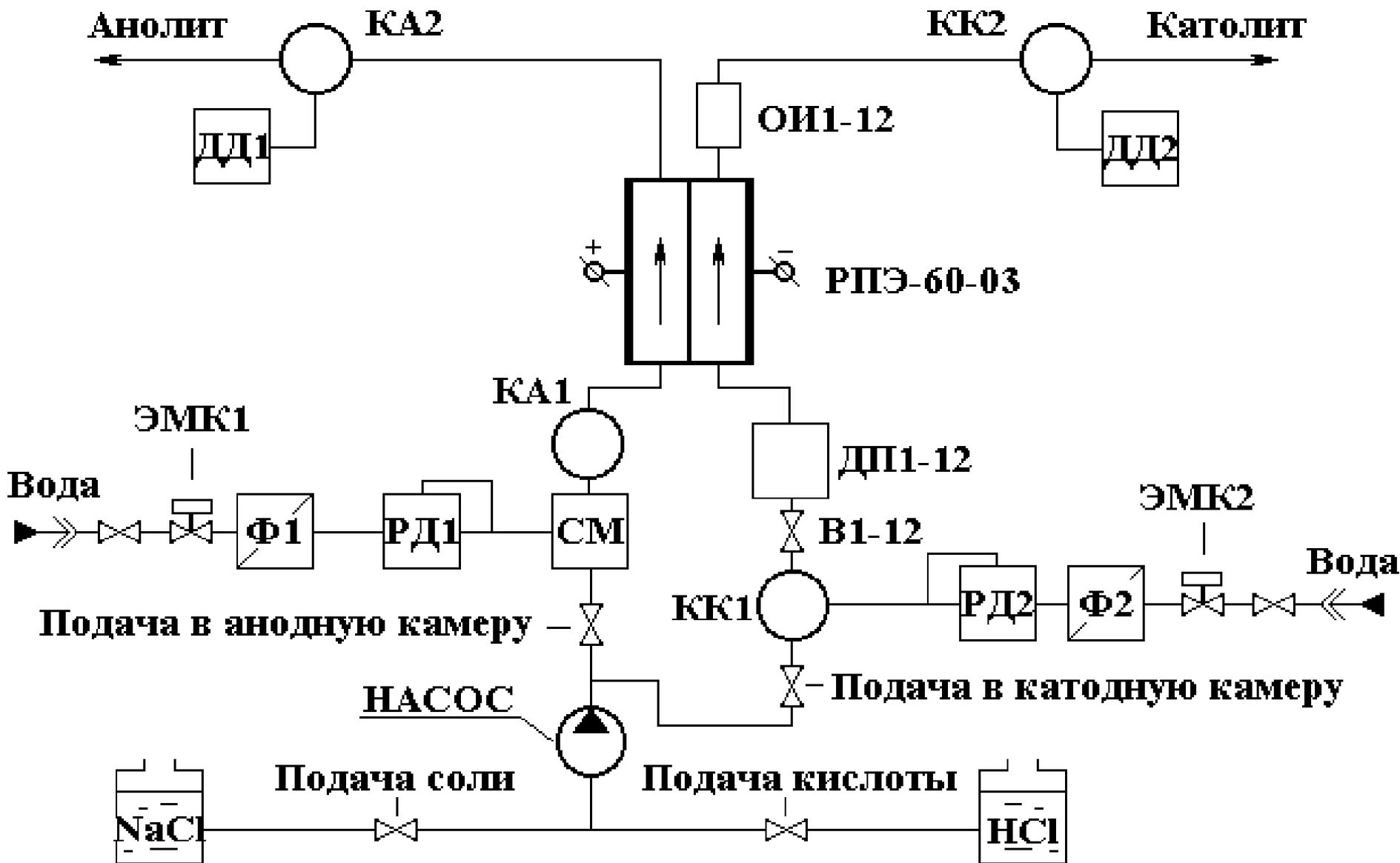


Принципиальная схема химических процессов в установке СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ и блока элементов МБ для практической реализации этой схемы

В установке СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ эффективно реализуется процесс электрохимической сепарации ионов благодаря протяженному (до 2 метров) пути движения противотоком жидкости в узких кольцевых электродных камерах элементов МБ



Гидравлическая схема установки СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ



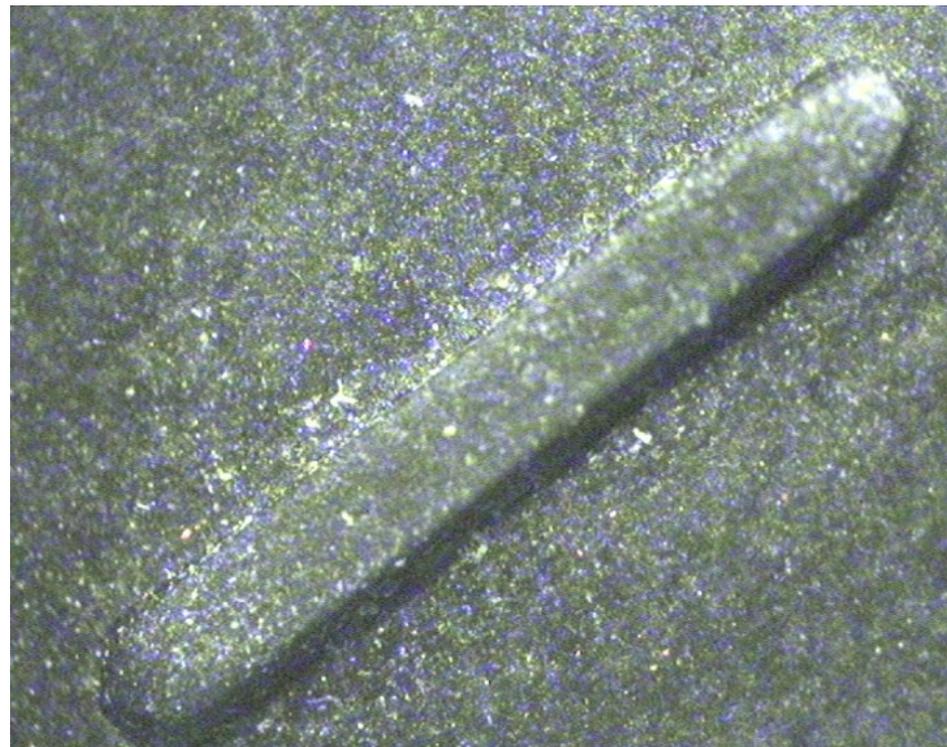
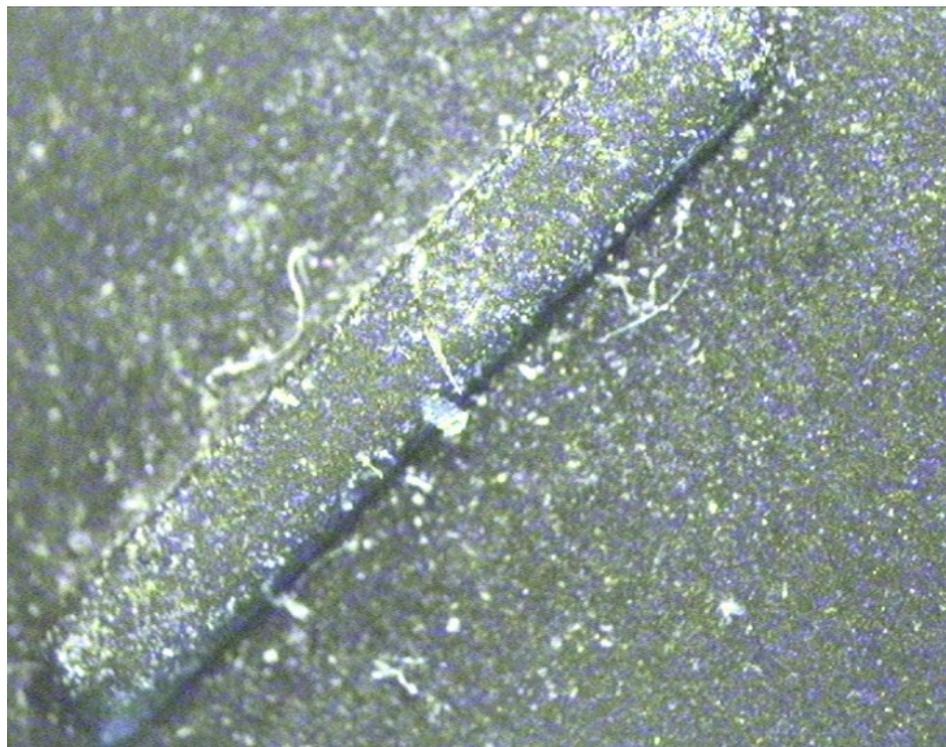
Применение установки СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-500 в производстве пробок для укупорки медицинских препаратов.

Пробки резиновые для укупорки медицинских препаратов, в том числе, препаратов для внутривенного вливания после изготовления подвергаются сложной процедуре снятия электростатических зарядов и удаления продуктов неполной вулканизации.



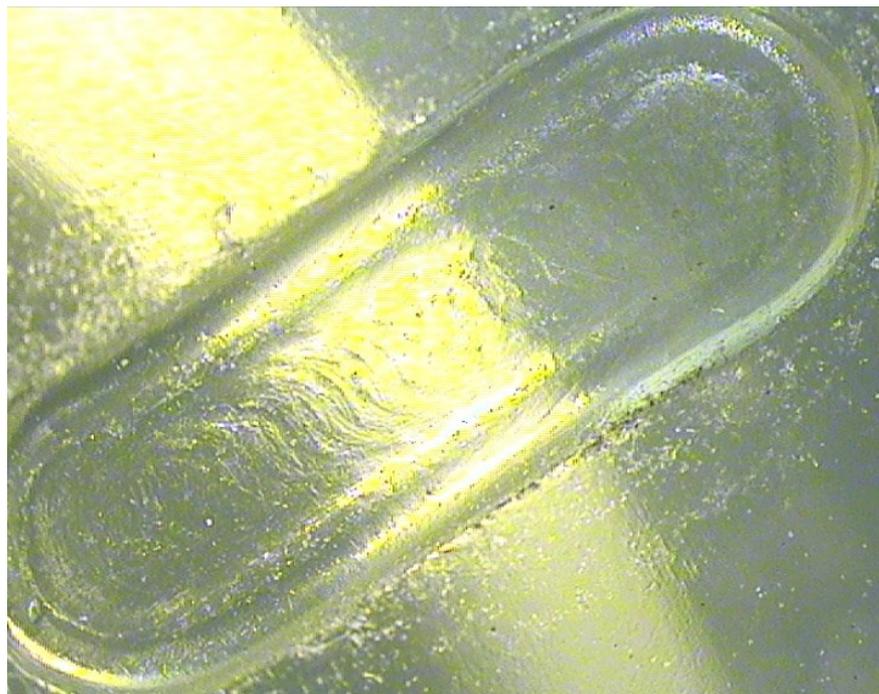
Стандартная процедура обработки пробок путем кипячения в растворах едкого натра, соляной кислоты, многократной промывки деионизованной водой, не позволяет полностью снять заряды статического электричества, притягивающие пыль, и удалить продукты неполной вулканизации, в т.ч. Тиурам-Д (фото слева).

Обработка пробок маломинерализованным анолитом и католитом из установки СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ полностью освобождает пробки от продуктов неполной вулканизации, снимает электростатические заряды и не требует очистки и нейтрализации сточных вод.

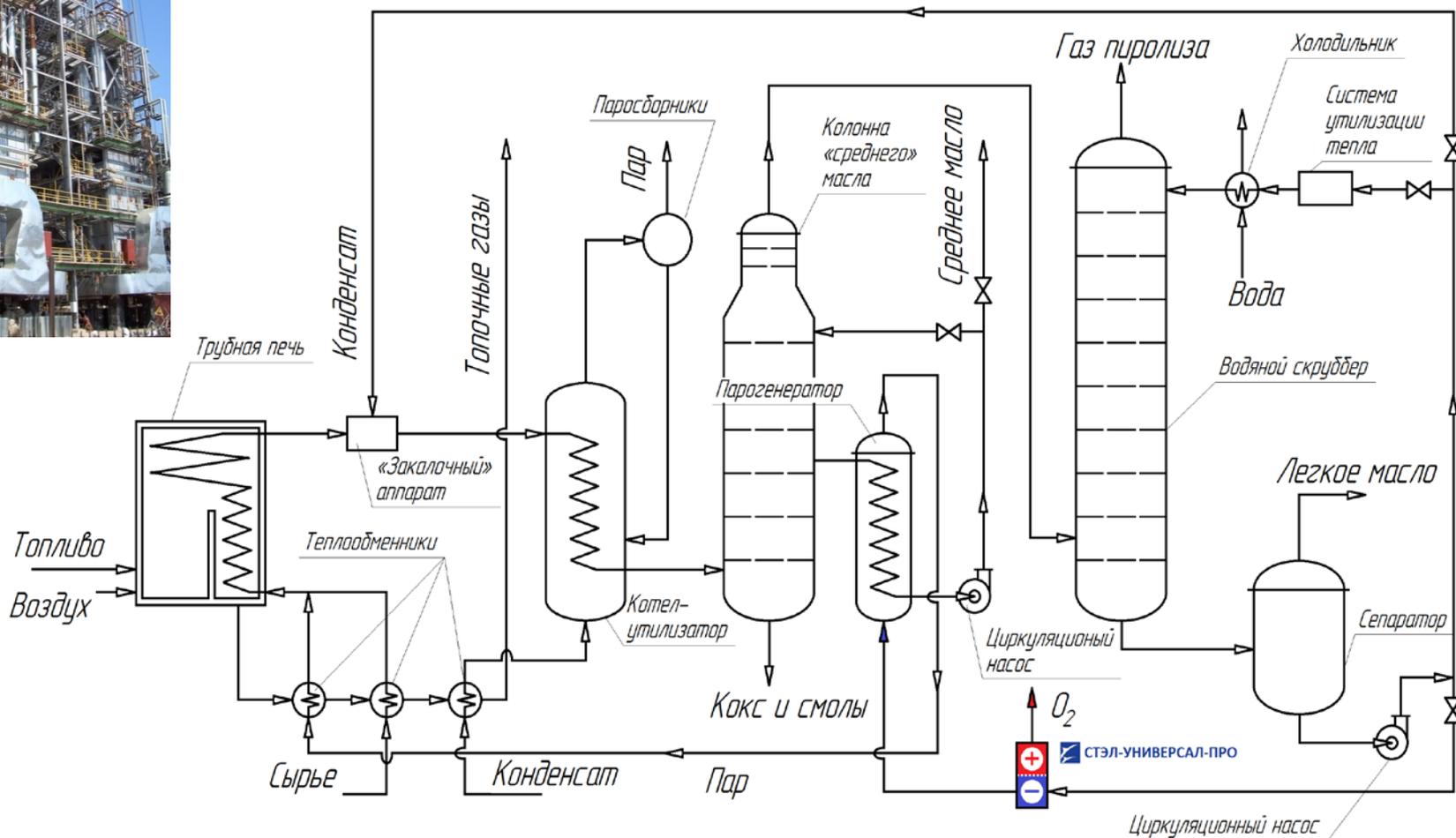


Стандартная процедура обработки пробок путем кипячения в растворах едкого натра, соляной кислоты, многократной промывки деионизованной водой, не позволяет полностью снять заряды статического электричества, притягивающие пыль, и удалить продукты неполной вулканизации (фото слева).

Обработка пробок маломинерализованным анолитом и католитом из установки СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ полностью освобождает пробки от продуктов неполной вулканизации, снимает электростатические заряды и не требует очистки и нейтрализации сточных вод.



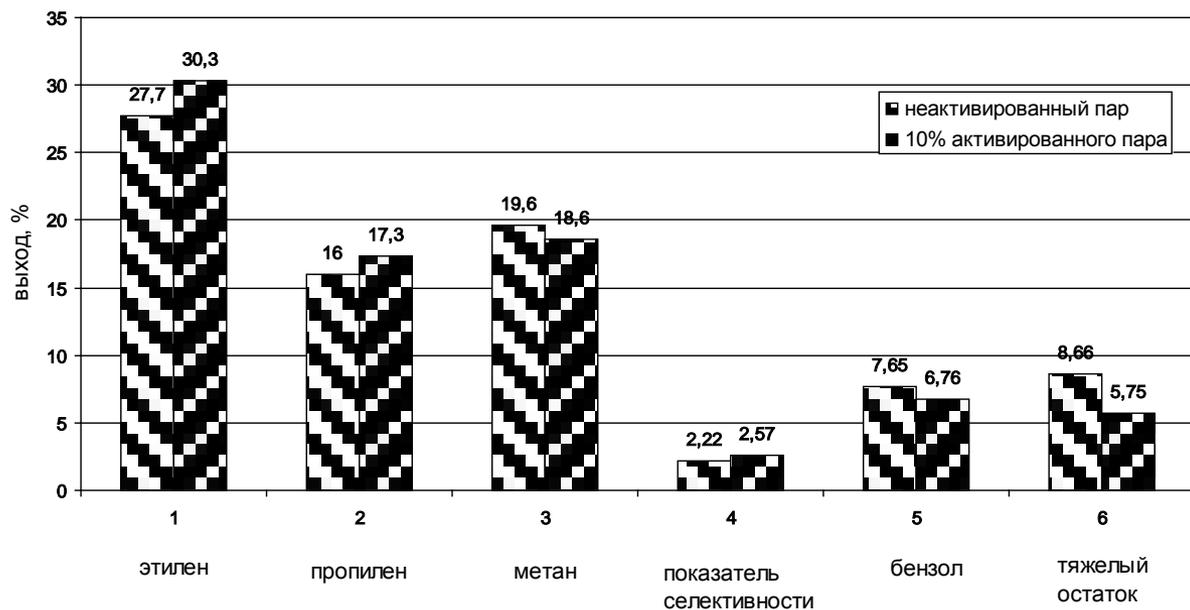
Пиролиз прямогонного бензина с использованием электрохимически активированной воды



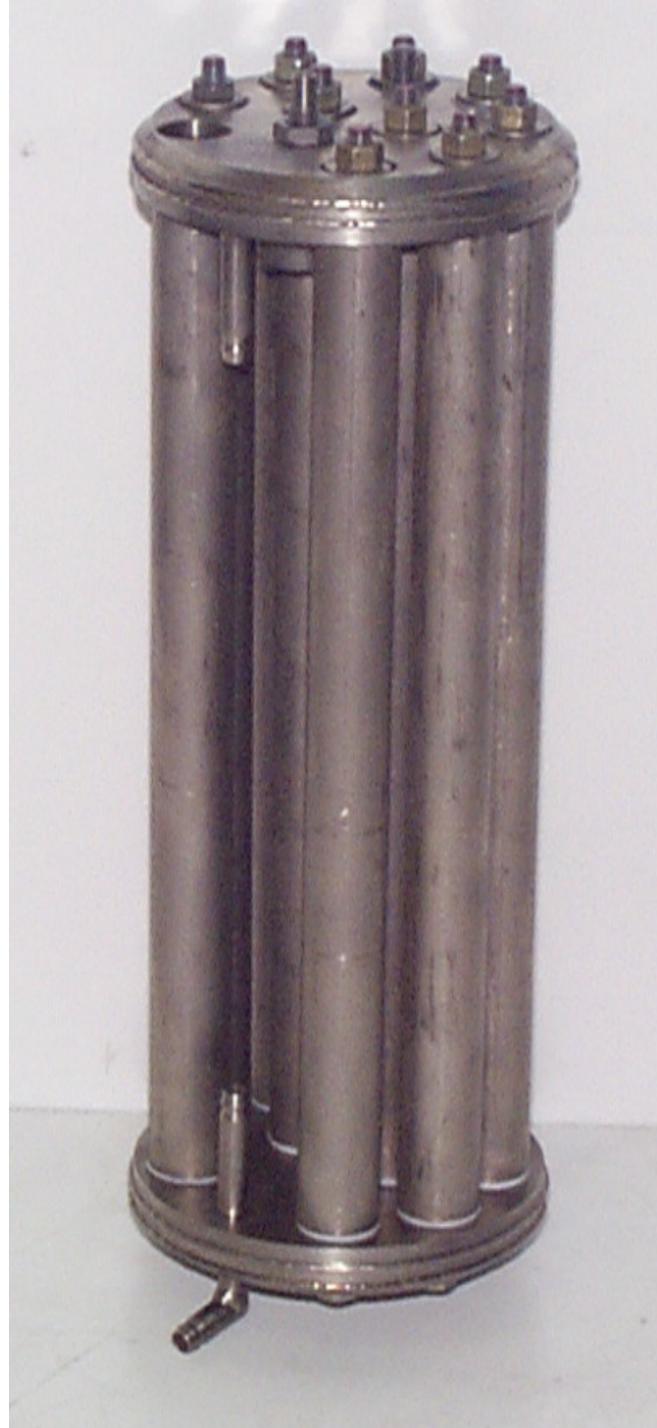
Применение установки **СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-ПРО**, предназначенной для катодной обработки обессоленной воды при давлении до 20 атмосфер и температуре до 120 градусов Цельсия, в технологической схеме пиролиза прямогонного бензина позволяет вдвое увеличить выход основных продуктов пиролиза – этилена, пропилена, дивинила, бензола

Высокотемпературный лабораторный реактор РПЭ-Т-10 для электрохимической обработки жидкостей в установках СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ при высокой температуре (до 250 °С) и давлении (до 15 атм), например, дистиллированной воды и прямогонного бензина в процессах пиролиза, минерального масла для закалки сталей, водо-бензиновых и водо-масляных эмульсий

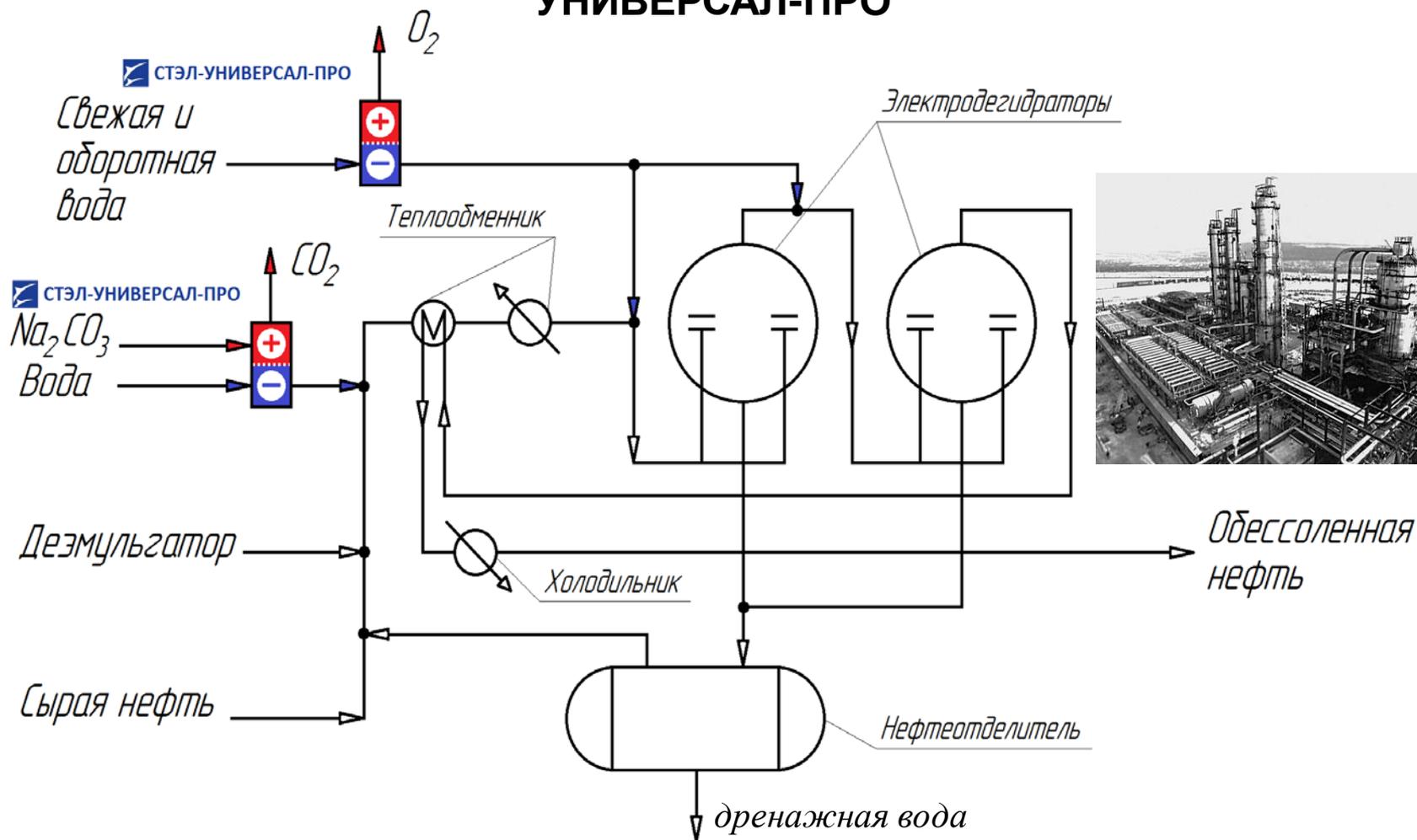
Материалы: фторопласт Ф4-МБ, титан ВТ1-00, оксидно-циркониевая керамика



Промышленные данные по влиянию электроактивации пара разбавления пиролиза бензина, на выходы продуктов на заводе Этилена НКХ, 1982.

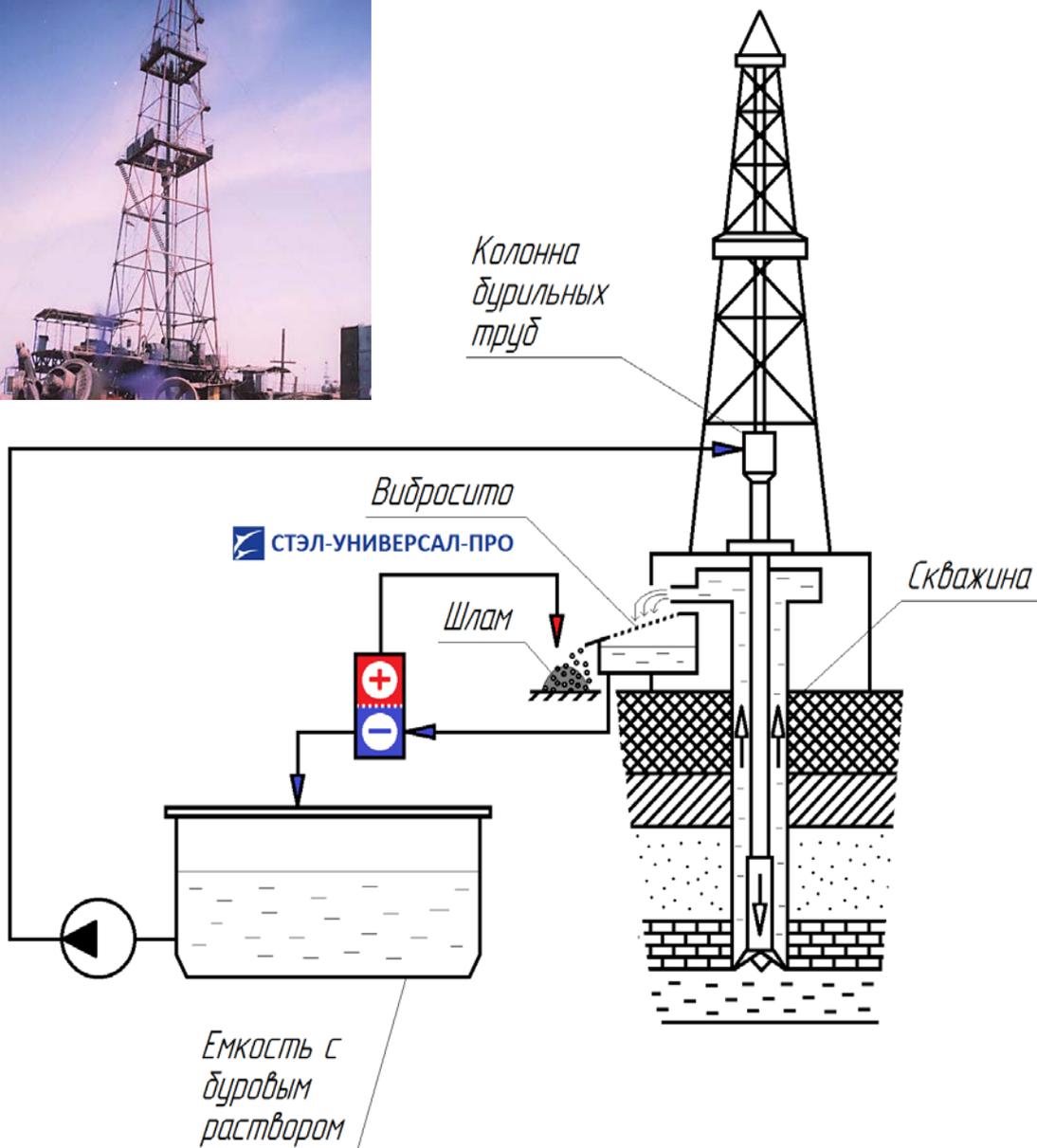


Электрообессоливание нефти в установках ЭЛОУ с применением электрохимически активированной воды, полученной в установке СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-ПРО



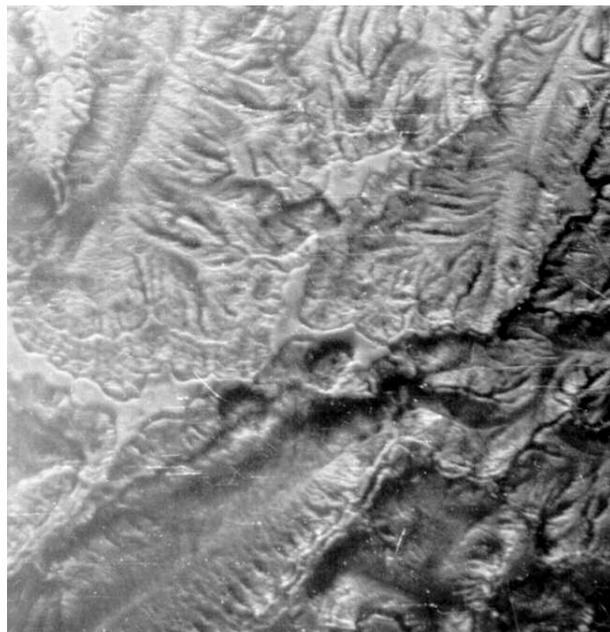
Применение установок СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-ПРО, предназначенных для получения католита пресной воды из природных водоисточников, позволяет 3 – 5 раз сократить объем промывной воды при одновременном двукратном снижении концентрации солей в нефти, исключении коррозии нефтезаводской аппаратуры и сокращении расходов дезмульгаторов в 3 – 4 раза.

Электрохимическая очистка и кондиционирование буровых растворов



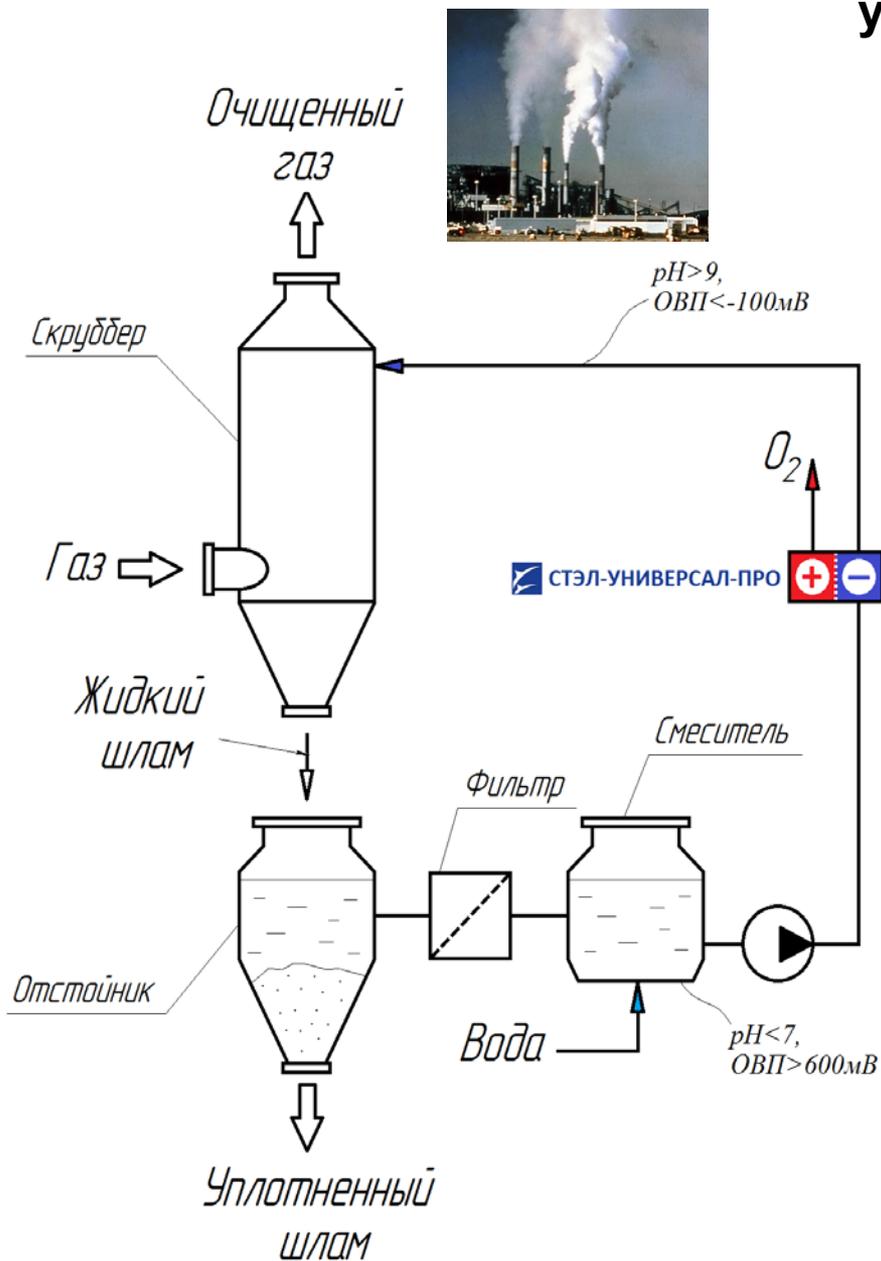
Применение установок СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-ПРО, предназначенных для комплексной обработки бурового раствора (удаление излишней мелкодисперсной глинистой фазы, электрохимическая активация химических реагентов и коллоидно-дисперсных частиц бурового раствора), позволяет эффективно предотвращать коагулирование призабойной зоны скважины в продуктивных пластах, упрочнять стенки скважины за счет снижения водоотдачи раствора, экономить до 50 – 60 % химических реагентов. Установки СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ ПРО, используемые в бурении, являются логическим развитием установок УОБР на совершенно новом техническом уровне и имеют производительность до 200 литров в секунду.

Применение установок СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-ПРО для обработки бурового раствора позволяет регулировать в широких пределах функциональные свойства глинистых суспензий и химических реагентов, используемых в бурении. Реально достигнутая экономия расхода крахмала, КМЦ и других реагентов достигает 50 – 60 % при бурении глубоких скважин в осложненных геолого-технических условиях



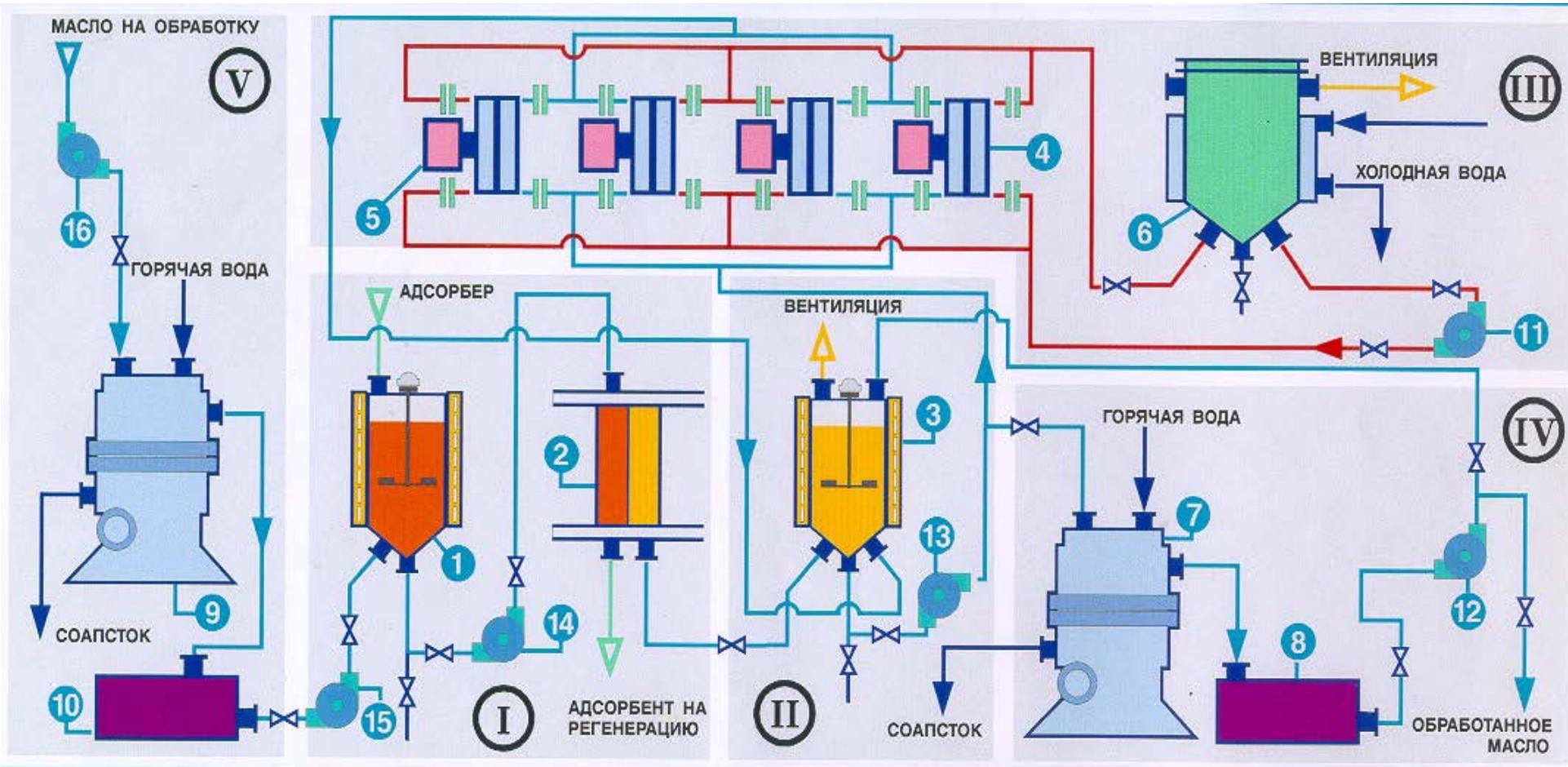
Пленка из раствора карбоксиметилцеллюлозы (реагент для понижения водоотдачи бурового раствора), приготовленная на водопроводной воде (слева) на анолите водопроводной воды (в центре) и на католите водопроводной воды (справа)

Скрубберная очистка дымовых газов и загрязненного воздуха с применением электрохимически активированной воды, полученной в установках СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-ПРО



Экспериментально в промышленных условиях установлена высокая эффективность применения катодно электрохимически активированной воды (католита) в процессах скрубберной очистки кислых дымовых газов ТЭС от окислов серы, а также при очистке дымовых газов, образующихся при подземной газификации углей, от окислов азота, фенолов и других органических и неорганических соединений, в том числе гидрофобных пылевых частиц. Католит, полученный из обычной технической воды в установках СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-ПРО обладает щелочными свойствами, обусловленными как связанными с ионами металлов, так и свободными гидроксильными группами, что придает ему высокую реакционную способность в процессах абсорбции, смачивания, нейтрализации. Установки СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-ПРО для подобной области применения имеют производительность до 10 куб. м в час

Установки СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-ПРО в технологической схеме комплексной очистки растительных масел после обжарки рыбной продукции



- I-моноблок сорбции
- II-моноблок эмульгатора
- III-моноблок электрохимической обработки
- IV-моноблок сепарации

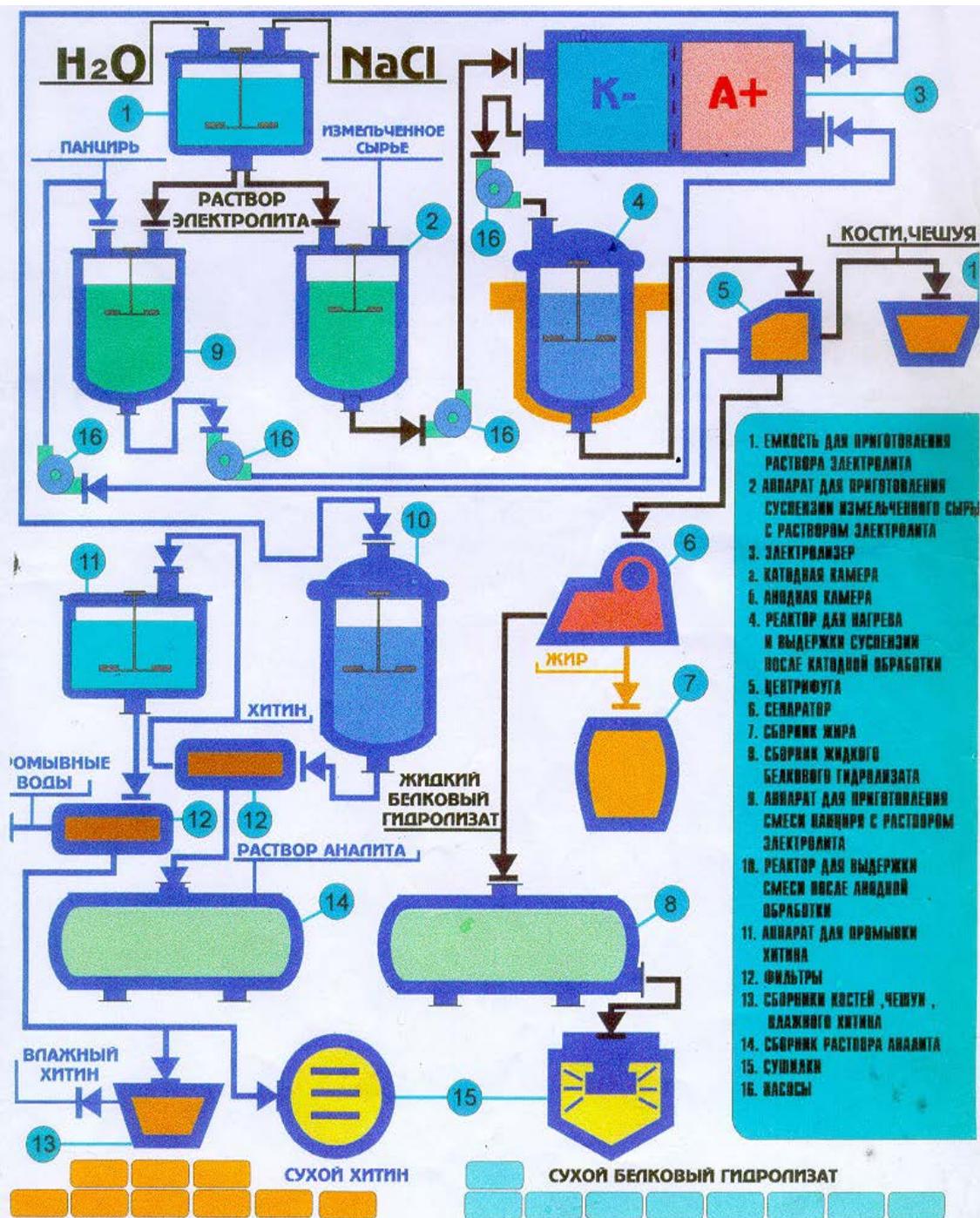
- V-моноблок предварительной очистки
- 1-адсорбер
- 2-фильтр
- 3-эмульгатор

- 4-электролизер
- 5-источник питания
- 6-емкость щелочи
- 7-сепаратор
- 8,10-емкость-сборник

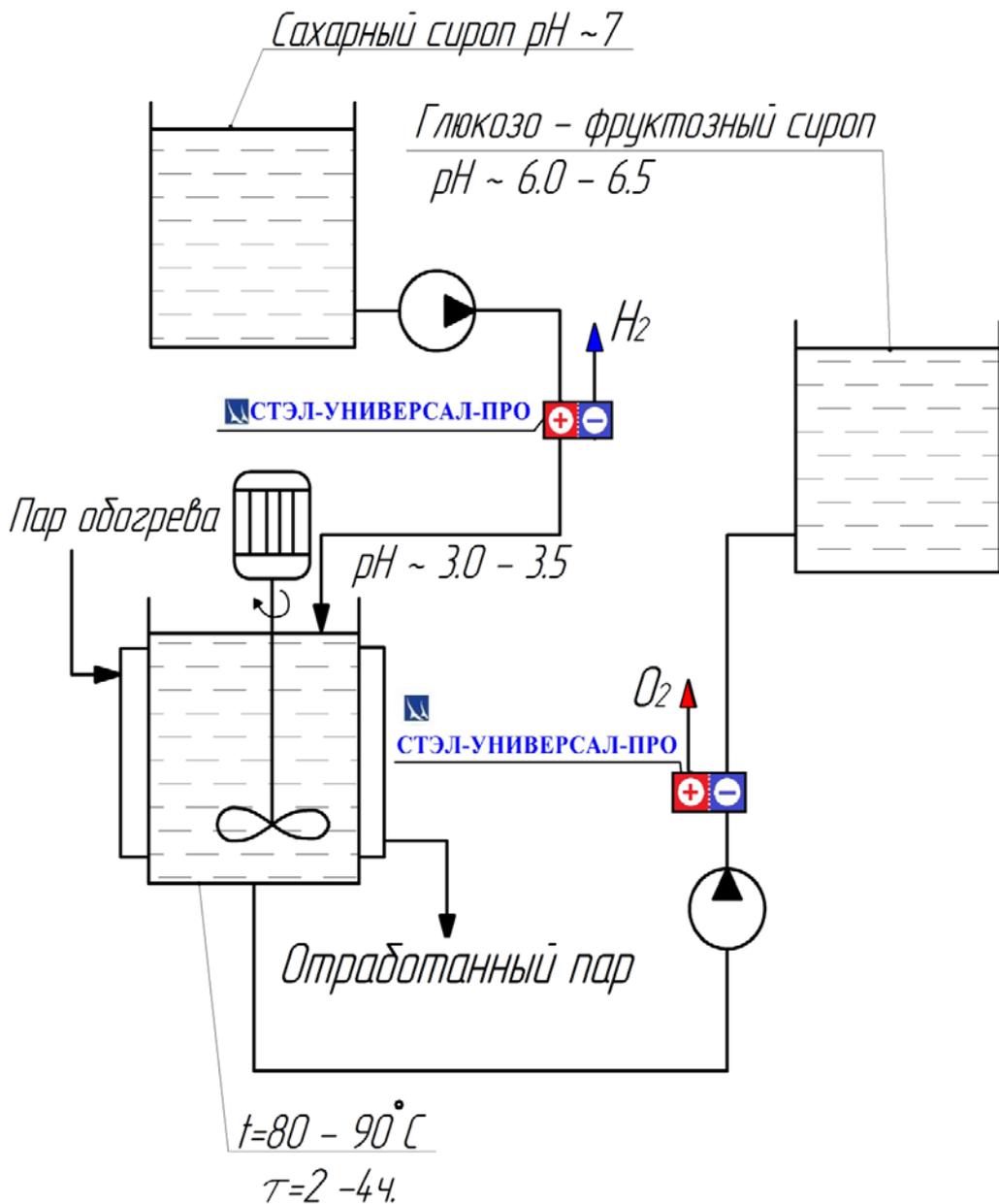
- 9-сепаратор предварительной очистки
- 11-насос-дозатор электролита
- 12,13,14,15,16-насосы

Технологическая схема комплексной переработки гидробионтов (рыбного сырья, ракообразных, морепродуктов) с применением технологии электрохимического преобразования жидкостей в установках СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-ПРО.

Применение установок типа СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-ПРО позволяет обеспечить получение экологически чистых конечных продуктов: рыбьего жира, хитина, кормовых добавок. При этом достигается исключение из технологического процесса покупных химических реагентов, обеспечивается низкая загрязненность сточных вод, которые также очищают с использованием электрохимически активированных растворов

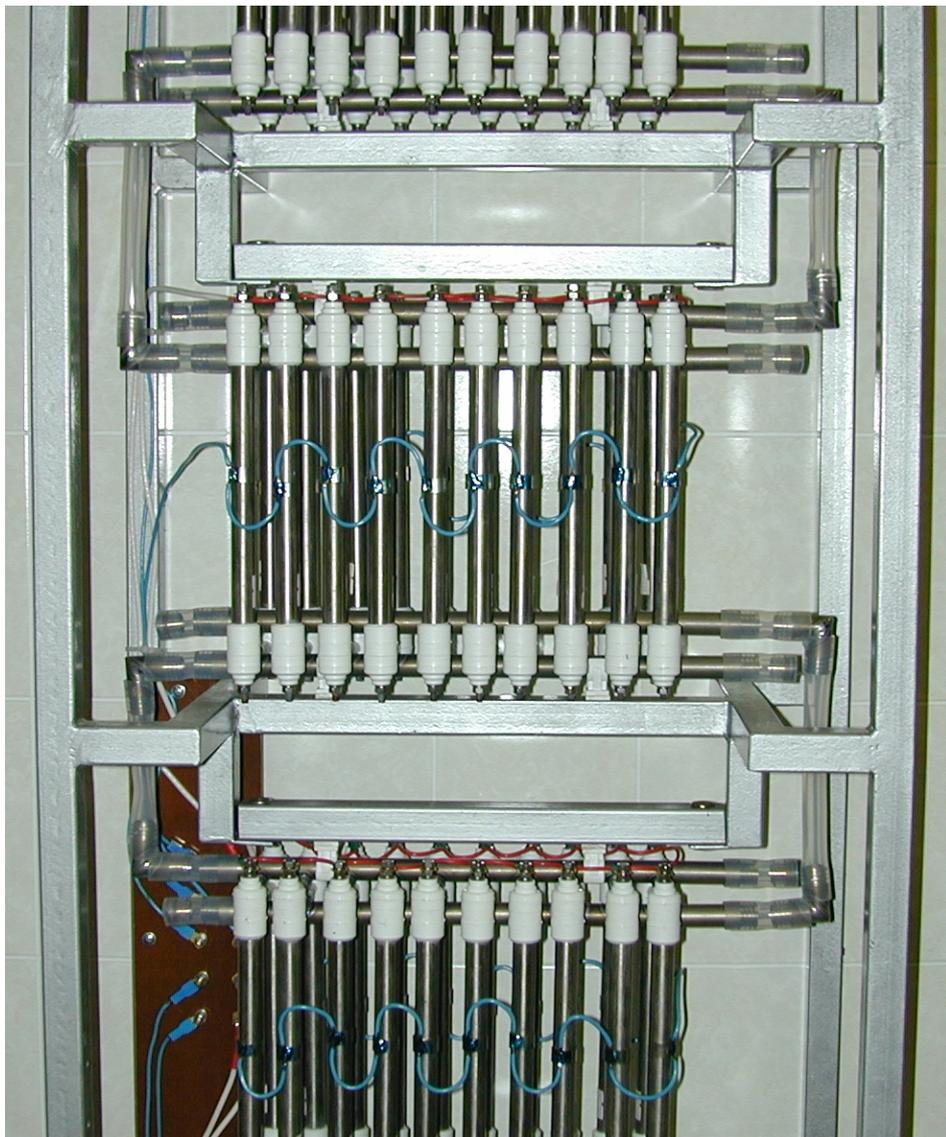


Технология электрохимической инверсии сахарного сиропа в глюкозо-фруктозный сироп

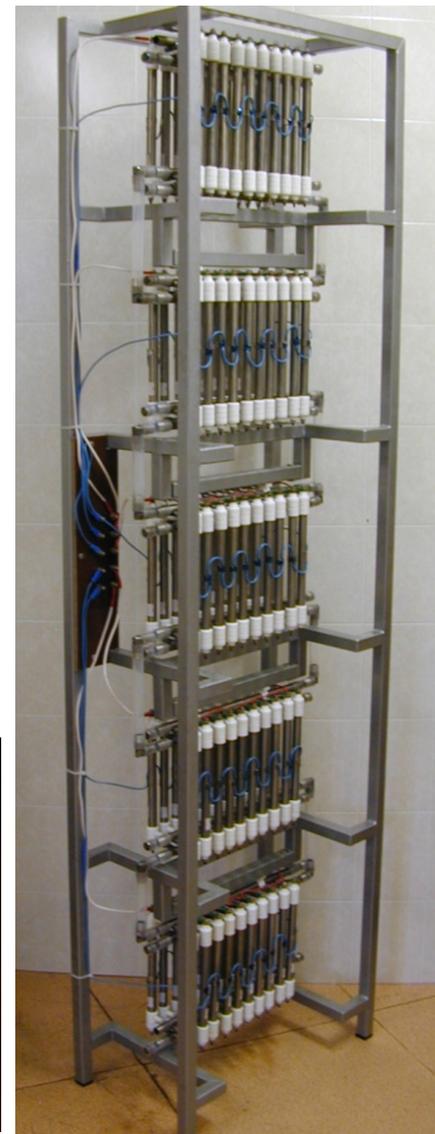


Установки СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-ПРО в модификации для сахарной промышленности, позволяют обеспечить эффективное регулирование pH сахарного сиропа любой концентрации при температуре от 20 до 110 °С без использования каких-либо химических реагентов с производительностью до 500 л/ч. Степень инверсии при постоянной производительности регулируется силой тока и экспозицией при нагреве сиропа.

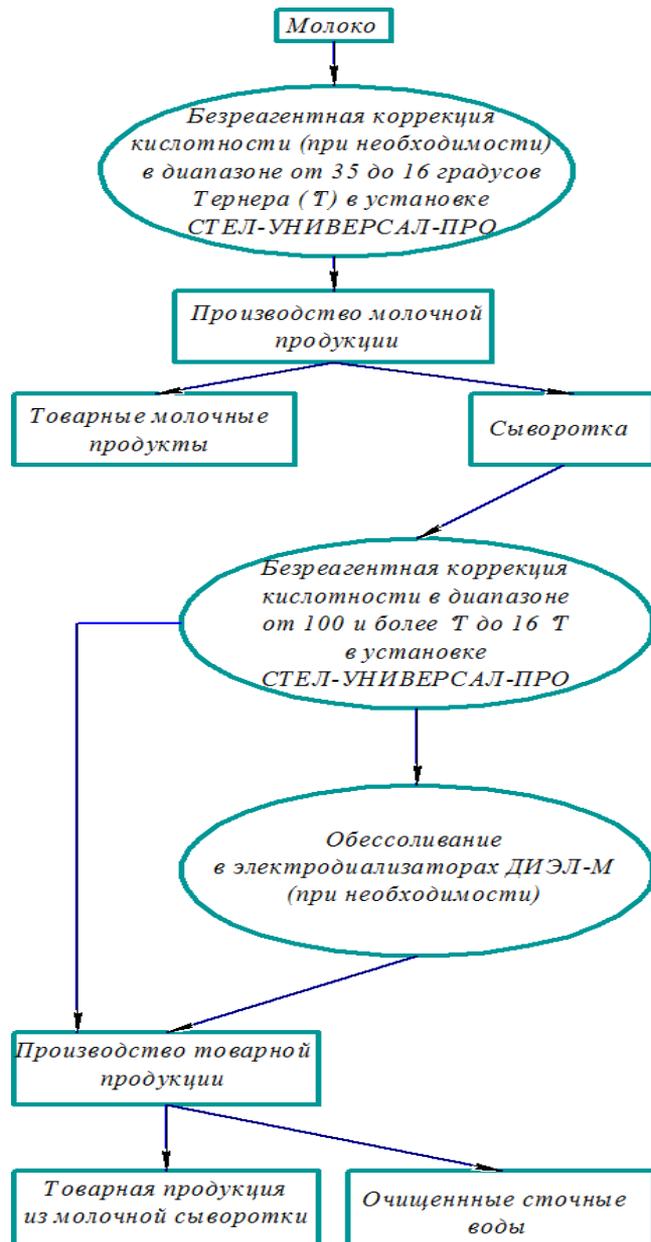
Технология и техника для инверсии сахарного сиропа с целью получения глюкозо-фруктозного сиропа



Сущность технологии электрохимического инвертирования состоит в безреагентном снижении рН сахарного 65%-ного сахарного сиропа до 2,0, нагреве и последующем электрохимическом возвращении рН к значению 6,0

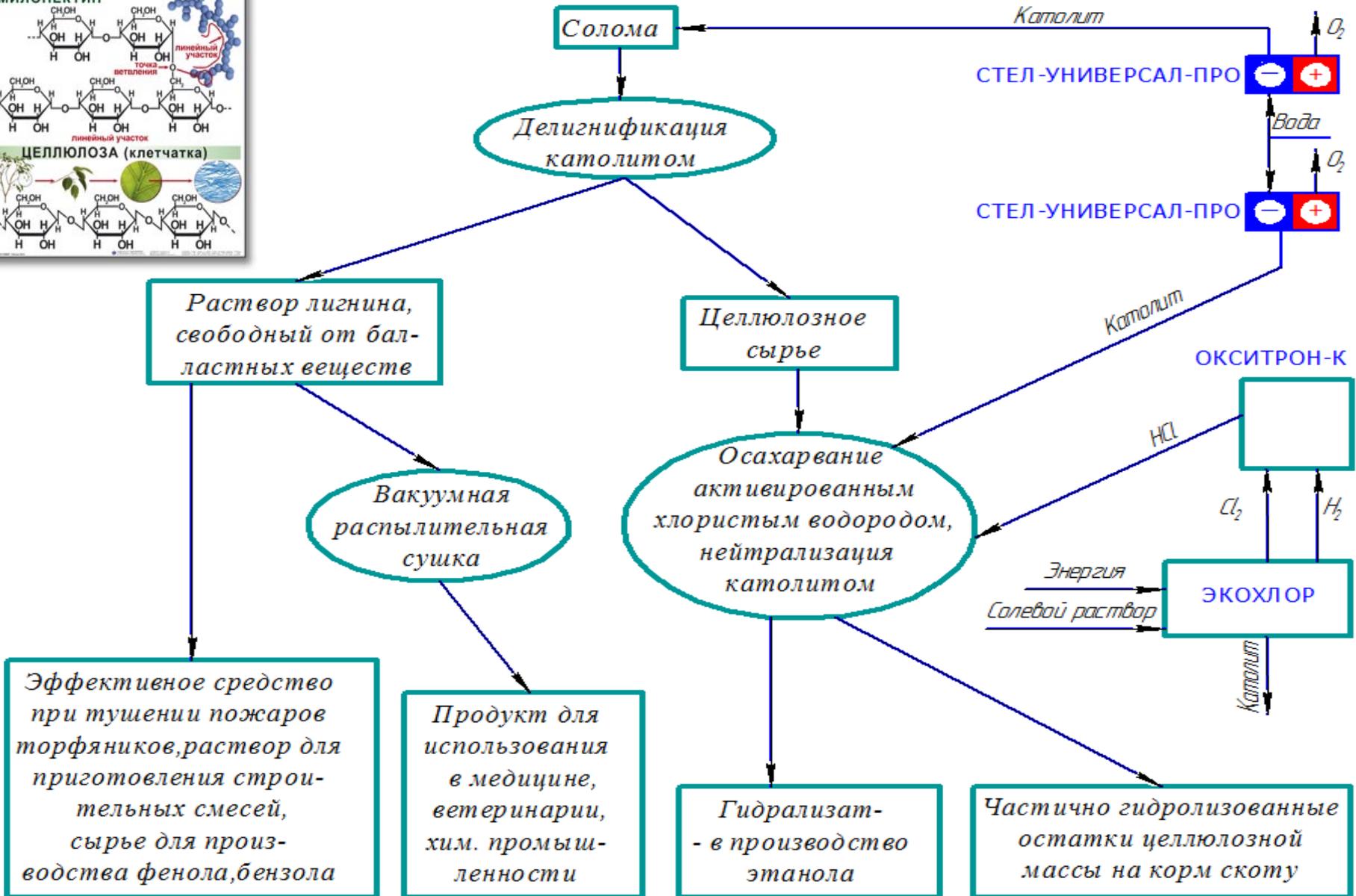
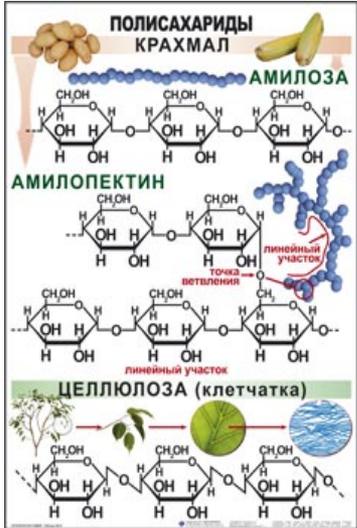


Технология производства молочных продуктов с использованием электрохимической активации



Учитывая трудности сохранения свежести молока при транспор-тировке от молочных ферм до завода, технология безреагентного управления кислотностью молока с помощью установки СТЕЛ-УНИВЕРСАЛ-ПРО специального назначения актуальна для многих регионов. Еще более значимой является технология безреагентного снижения кислотности молочной сыворотки и технология опреснения молочной сыворотки в электродиализаторах ДИЭЛ-М с керамическими нанофильтрационными диафрагмами, которые, в отличие от известных электродиализных аппаратов, не требуют замены и которые возможно очищать от загрязнений любых видов как химическими агентами (кислотные или щелочные моющие средства), так и горячей водой или паром. Молочная сыворотка обладает высокой пищевой и биологической ценностью, содержит около 50% сухих веществ молока. Сочетая электрохимические методы облагораживания молочных продуктов с известными методами - концентрирование, сушка, извлечение отдельных или комбинированных компонентов, синтез производных компонентов, можно эффективно решить проблему получения товарной продукции из молочной сыворотки: продуктов питания, кормовых добавок для животных, сырья для фармацевтической промышленности.

Технология осахаривания растительного сырья на основе электрохимической активации

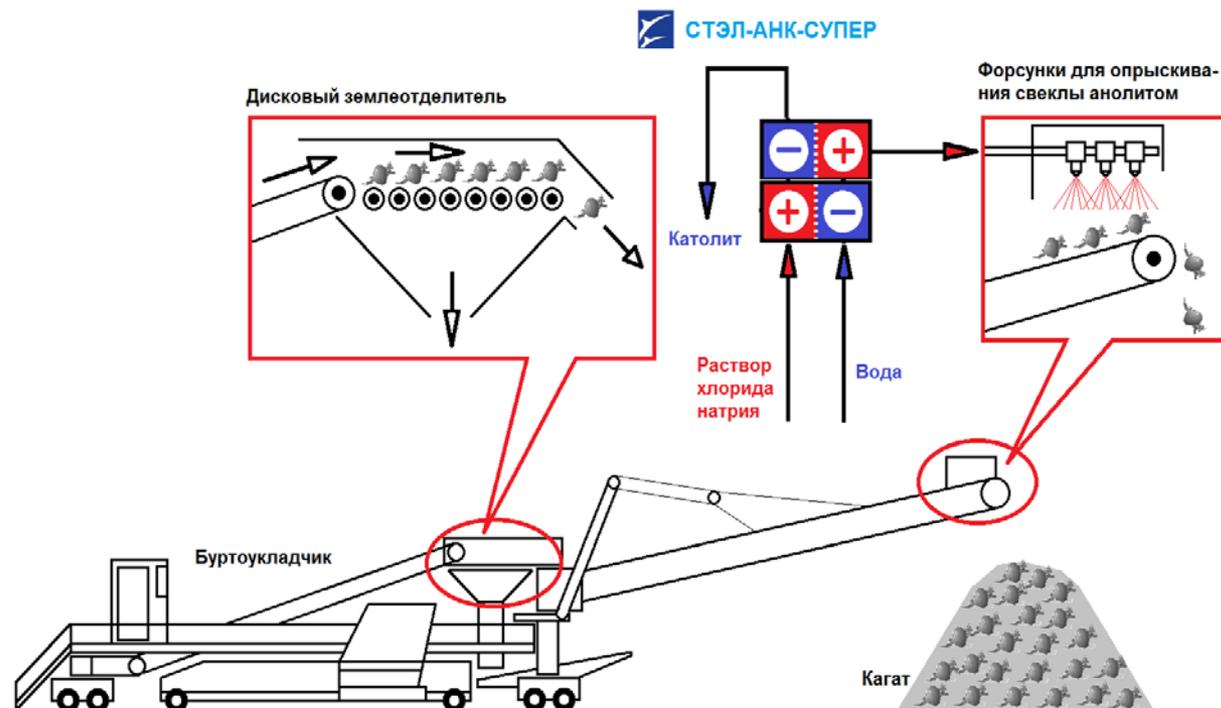


Осахаривание соломы свежеполученным хлористым водородом

На фото внизу синтез
газообразного хлористого водорода
на лабораторной установке
ОКСИТРОН-К. Остатки соломы
после гидролиза используются в
качестве добавки в корм скоту,
раствор глюкозы направляется на
производство этанола

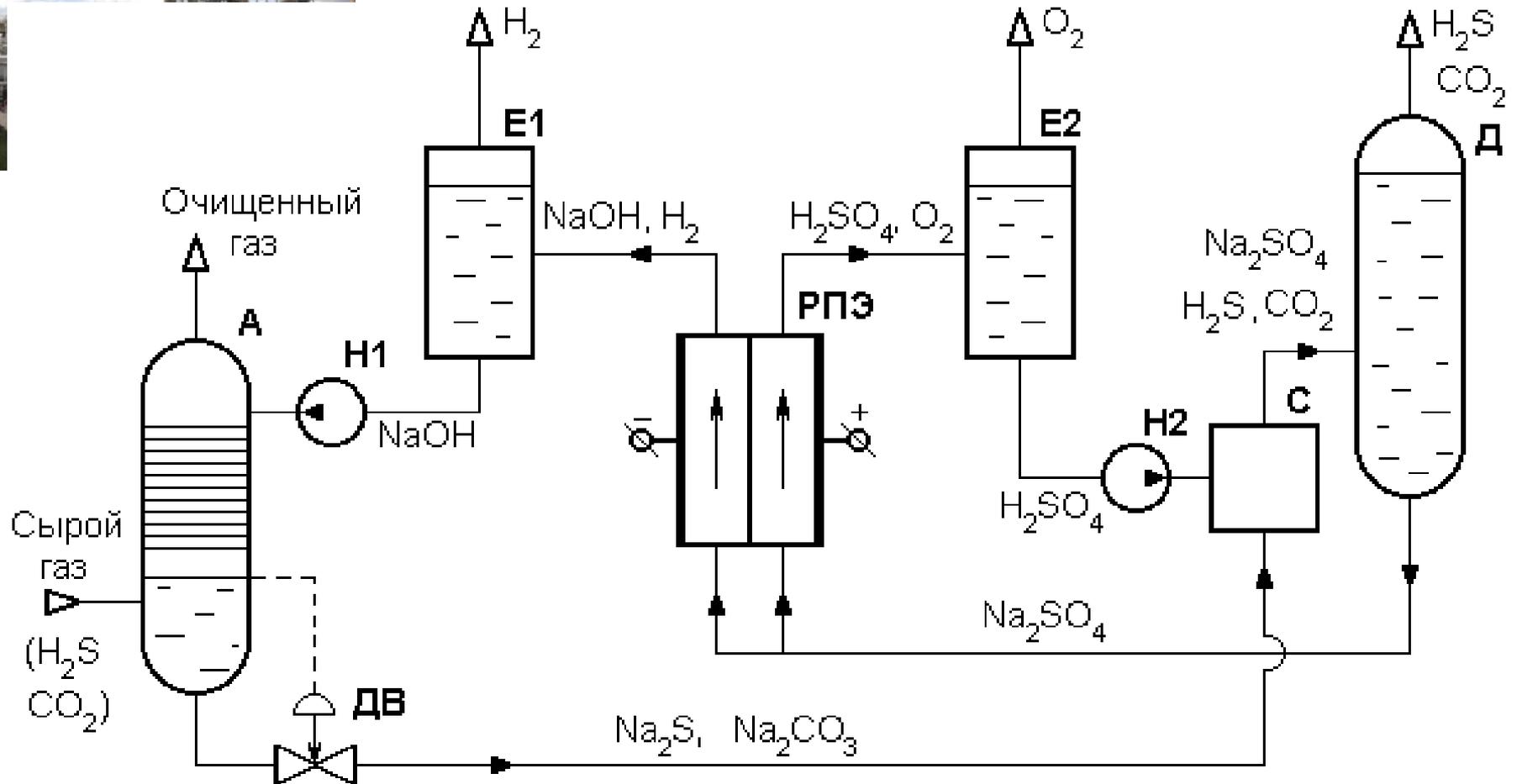


Технология закладки сахарной свеклы в кагаты с использованием анолита АНК СУПЕР



После закладки в кагат сахарная свекла начинает потреблять кислород, разогреваться и гнить. Это связано с присутствием возбудителей кагатной гнили: грибов видов *fusarium*, *botrytis cinerea*, *penicillium*. Анолит АНК СУПЕР, как показали исследования и многолетняя практика применения анолита АНК, полностью подавляет рост мицелия грибов-возбудителей кагатной гнили, фузариозной, серой гнили, пенициллеза и других. Анолит АНК СУПЕР, производимый в установке СТЭЛ-АНК-СУПЕР, подается на блок форсунок, смонтированных на стреле буртоукладчика. Корнеплоды в процессе падения попадают в облако распыленного анолита АНК СУПЕР, который мгновенно уничтожает всю микрофлору. Применение обработки свеклы анолитом АНК СУПЕР позволяет исключить порчу и потерю сахаристости свеклы при хранении в кагатах.

Электрохимическая технология очистки природного (попутного) газа от сероводорода



Условные обозначения: А - абсорбер; РПЭ - реактор проточный электрохимический; E1 и E2 - сепараторы для отделения электролизных газов; ДВ - дроссель-вентиль; С - смеситель; Д - десорбер; Н1, Н2 - дозировочные насосы

Экологически чистая, замкнутая, безотходная технология. Реализуется при помощи установки СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-ПРО специального назначения. Технология испытана в производственных условиях на Мубарекском ГПЗ.

Экспериментальная установка для исследования электрохимического процесса очистки природного газа от сероводорода (процесс «ТАШКЕНТ») на месторождении САРЫТАШ Бухарской области, 1983 г.

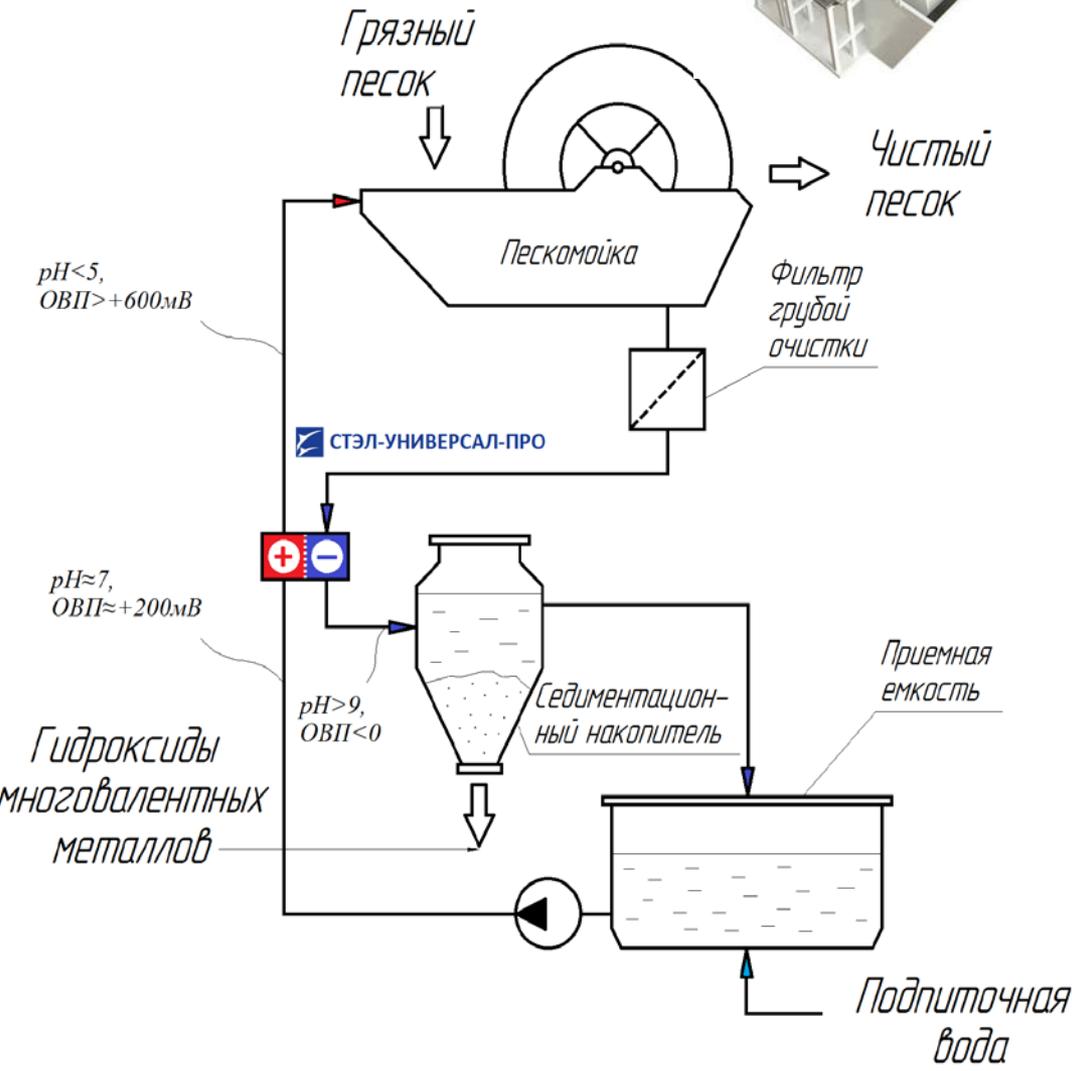


Установка была изготовлена силами сотрудников СРЕДАЗНИИГАЗа: лаборатории внедрения электрохимической техники (зав. лаб. Ю.Задорожний) и лаборатории электротехнологии (зав. лаб. В.Бахир). Установка продемонстрировала возможность по сравнению с традиционной технологией (моноэтаноламиновый способ) уменьшить расходы на очистку природного газа от сероводорода приблизительно в три раза. Бухарская обл, 1983.

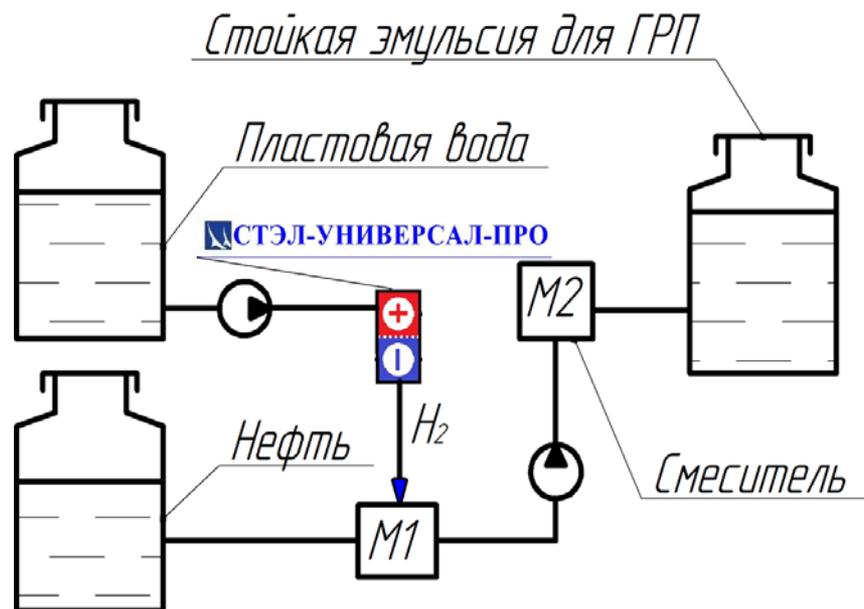
Замкнутый технологический цикл промывки песка с возможностью извлечения ценных металлов



Промывка песка широко используется на фабриках по производству стекольных песков, известняка, каолина. В технологических схемах этих производств предусмотрена многостадийная промывка песка в скрубберах, корытных мойках, скруббер-бутарах, классификаторах и контактных чанах для оттирки глины и оксидов железа с поверхности зёрен песка. Установка СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-ПРО производительностью до 10 куб. м/ч, используемая в подобных производствах, обеспечивает безреагентное изменение рН и ОВП промывной воды в широких пределах, что позволяет повысить качество конечного продукта с одновременным извлечением ценных компонентов из промывной воды.

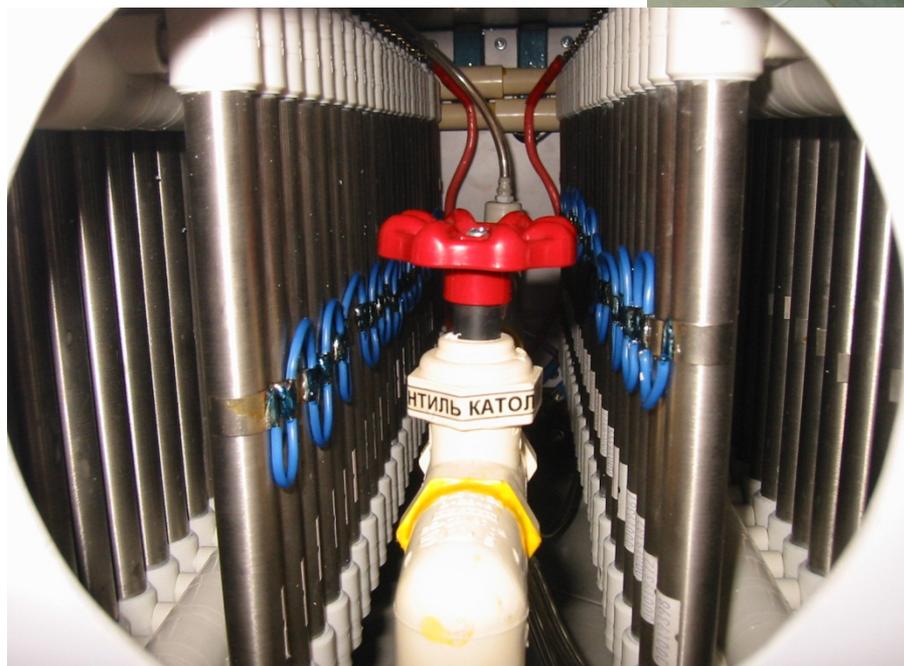


Стойкие водо-нефтяные эмульсии с антимикробными свойствами без эмульгатора на электрохимически активированной воде для интенсификации вторичных методов добычи нефти



Стойкие водо-нефтяные эмульсии, используемые для повышения нефтеотдачи за счет блокирования зон повышенной проницаемости пластов при законтурном или внутриконтурном заводнении, готовят на пластовой воде подвергнутой анодной электрохимической обработке в установке СТЭЛ-УНИВЕРСАЛ-ПРО, и нефти, предварительно насыщенной влажным водородом из катодной камеры этой же установки, путем их смешивания в соотношении 1:0,1 – 1:0,25. Полученная эмульсия закачивается через нагнетательную скважину в продуктивный пласт в течение 45 дней и менее после приготовления. Такие же эмульсии могут быть эффективно использованы для гидроразрыва пластов (ГРП). При этом происходит увеличение глубины трещинообразования, исключаются процессы коагуляции, увеличивается продуктивность скважины в 2 – 3 раза с продолжительностью эффекта ГРП не менее 2 – 3 лет.

**Установка СТЭЛ-НЕРЛЬ
для получения
активированных
растворов,
используемых в
технологии добычи,
транспорта
и переработки нефти
Производительность –
1000 л/ч**



Установки АКВАХЛОР: принципиально новая техника и прогрессивная технология обеззараживания и очистки воды

Установки АКВАХЛОР являются **эффективной, экономичной и безопасной для человека и окружающей среды альтернативой жидкого хлора**, используемого для обеззараживания и очистки питьевой воды, воды плавательных бассейнов, промышленных и бытовых сточных вод. В установках типа АКВАХЛОР впервые решены вопросы рационального сочетания положительных свойств известных оксидантов – хлора, диоксида хлора и озона и устранены отрицательные моменты, присущие каждому из названных реагентов в отдельности, т.е., **исключено образование побочных продуктов хлорирования.**

Установки АКВАХЛОР компактны и занимают места не больше, чем баллоны или контейнеры с жидким хлором, хранящиеся на станциях водоподготовки, при эквивалентной производительности по хлору.

Установки АКВАХЛОР экономичны и потребляют электроэнергию и поваренную соль в количестве близком к достигнутому уровню на хлорных заводах.

Установки АКВАХЛОР безопасны, поскольку они вырабатывают газообразную смесь оксидантов именно в том количестве, которое требуется в данный момент времени для обработки воды, могут мгновенно отключаться и так же мгновенно включаться.

Для работы установки АКВАХЛОР необходимо иметь техническую поваренную соль в количестве 2 кг на 1 кг производимых оксидантов и электроэнергию из расчета 2,5 – 3,5 кВт·ч на 1 кг оксидантов.

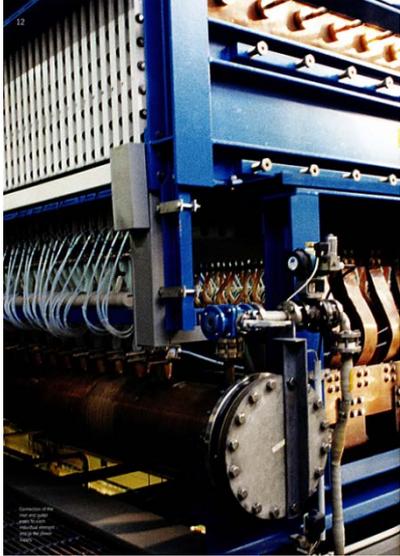
Серийно производятся установки АКВАХЛОР–100М, АКВАХЛОР–500М, АКВАХЛОР-1000М производительностью 100, 500 и 1000 граммов газообразных оксидантов в час. При необходимости получения большого количества оксидантов, электрохимические модульные блоки установок АКВАХЛОР монтируются в виде единой системы.

Обеззараживание воды хозяйственно-питьевого назначения раствором оксидантов, вырабатываемым установками АКВАХЛОР, осуществляется в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01.

Сравнение свойств дезинфектантов воды

Разрешенные к применению дезинфицирующие агенты	Основные преимущества					
	Эффективность	Безопасность	Экономичность	Удобство применения	Последствие	Низкая концентрация побочных продуктов
Смесь оксидантов (АКВАХЛОР)	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Газообразный хлор	Да	Нет	Да	Нет	Да	Нет
Гипохлорит натрия	Да	Да	Нет	Нет	Да	Нет
Гипохлорит кальция	Да	Да	Нет	Нет	Да	Нет
Диоксид хлора	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Озон	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Да
Ультрафиолет	Да	Да	Нет	Да	Нет	Да

**Традиционные
хлорные
производства
громоздки,
сложны,
нуждаются в
наличии систем
транспорта и
хранения хлора**



Новый процесс, новая технология:
ИОН-СЕЛЕКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОЛИЗ С ДИАФРАГМОЙ

Электроэнергия
2,5 – 3,5 кВт·ч на
1 кг хлора

Хлорид натрия в
виде раствора
250 – 300 г/л; 1,8
кг на 1 кг хлора



Электрохимический
реактор установки
АКВАХЛОР

Водород под
давлением 0,2 кгс/см²

Водный раствор NaOH,
180 г/л

Влажный хлор в смеси
с другими анодными
продуктами: озоном,
диоксидом хлора,
перекисью водорода

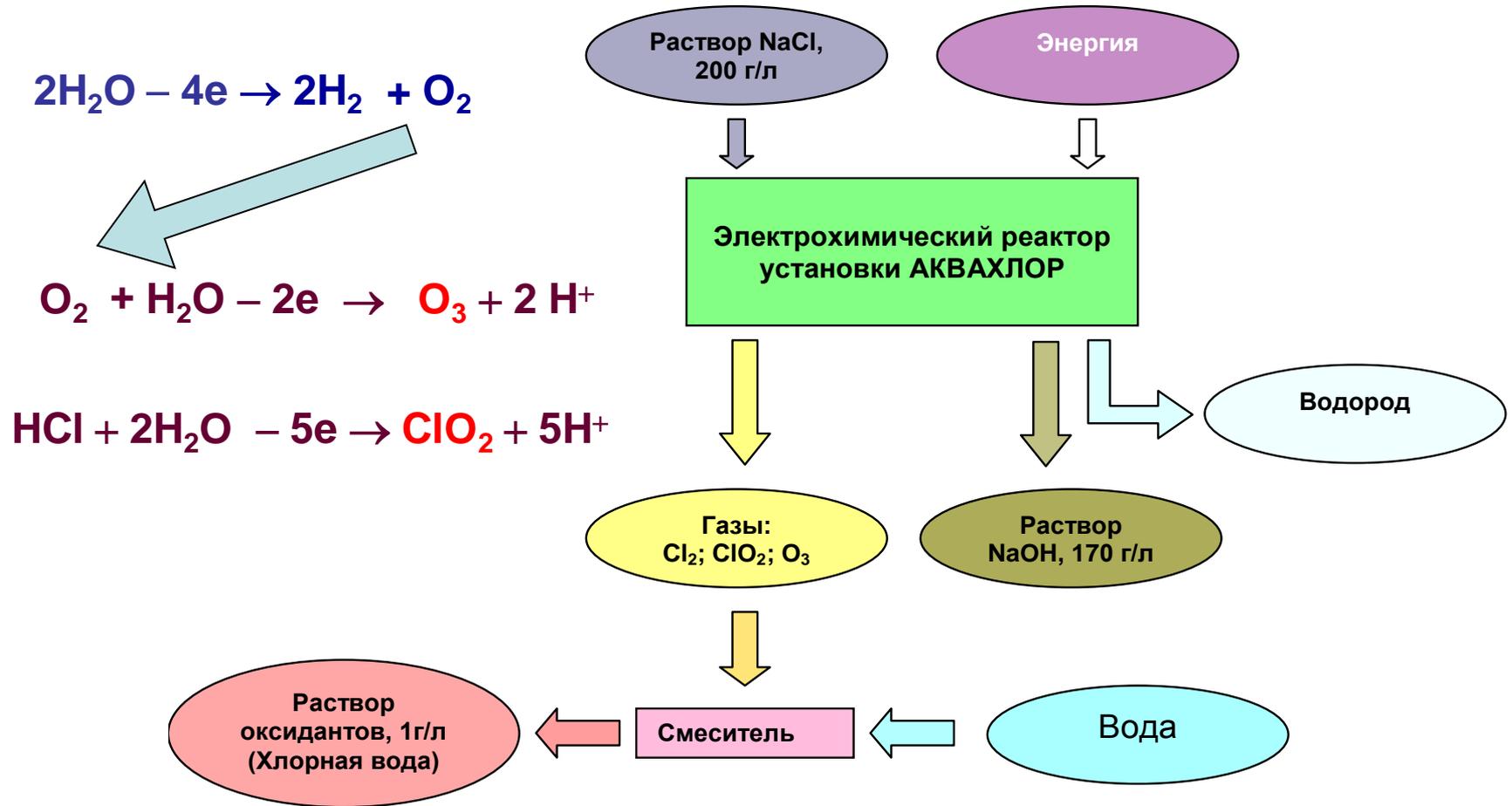
Раствор оксидантов

Эжекторный
смеситель

Вода

Необходим только реактор, инфраструктура не нужна.

Химические реакции в установке АКВАХЛОР



Установки АКВАХЛОР: модульность на

Элемент ПЭМ-7 всех уровнях. 2003 г.



Реактор РПЭ из элементов ПЭМ-7

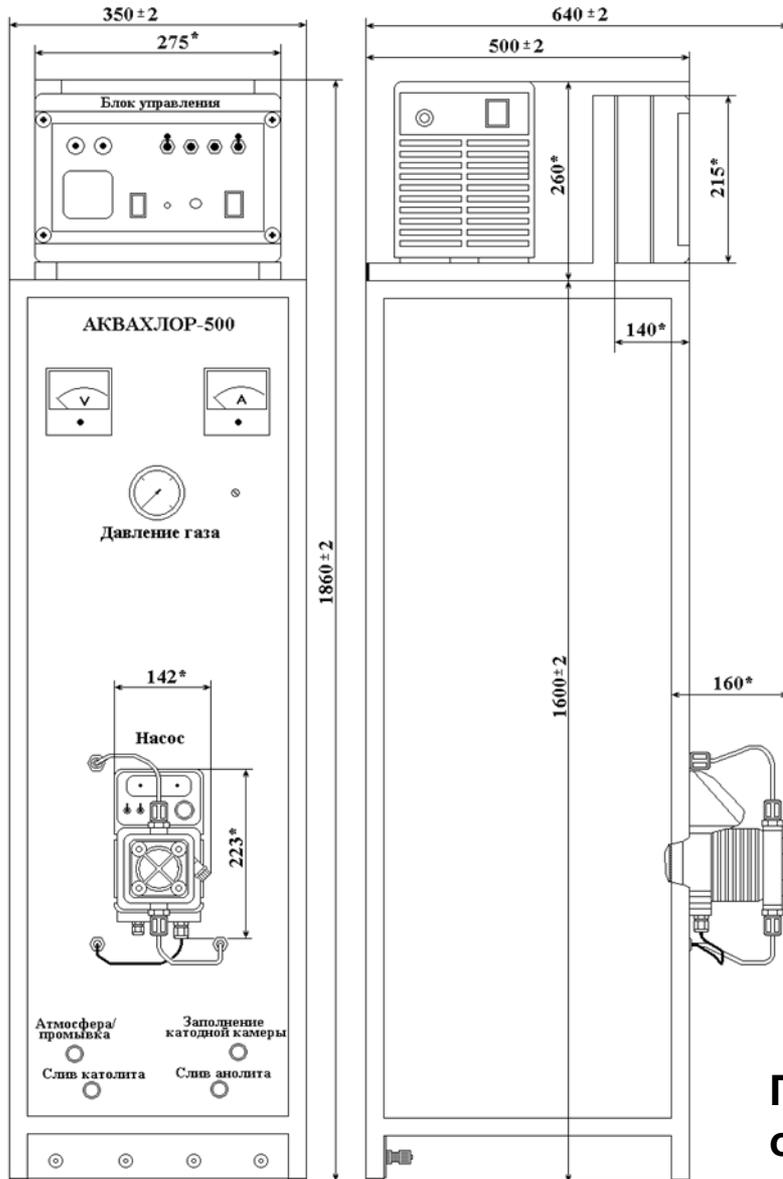


Установки АКВАХЛОР с реакторами РПЭ из элементов ПЭМ-7

Установки АКВАХЛОР на станции очистки питьевой воды производительностью 25 000 кубю метров в сутки. Канада, 2002.



Габаритные размеры и общий вид установок АКВАХЛОР – 500. 2005 г.



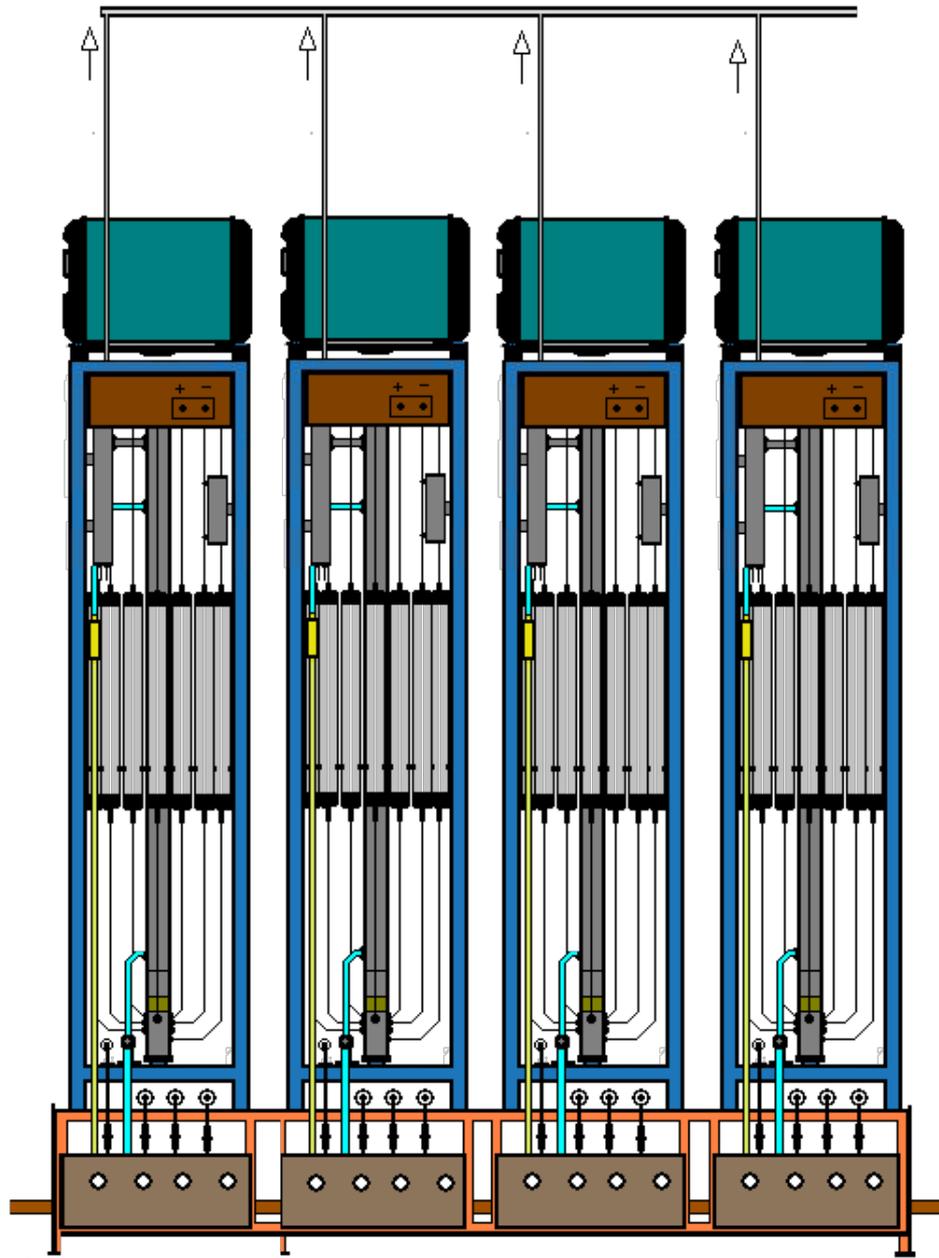
* - Размеры для справок



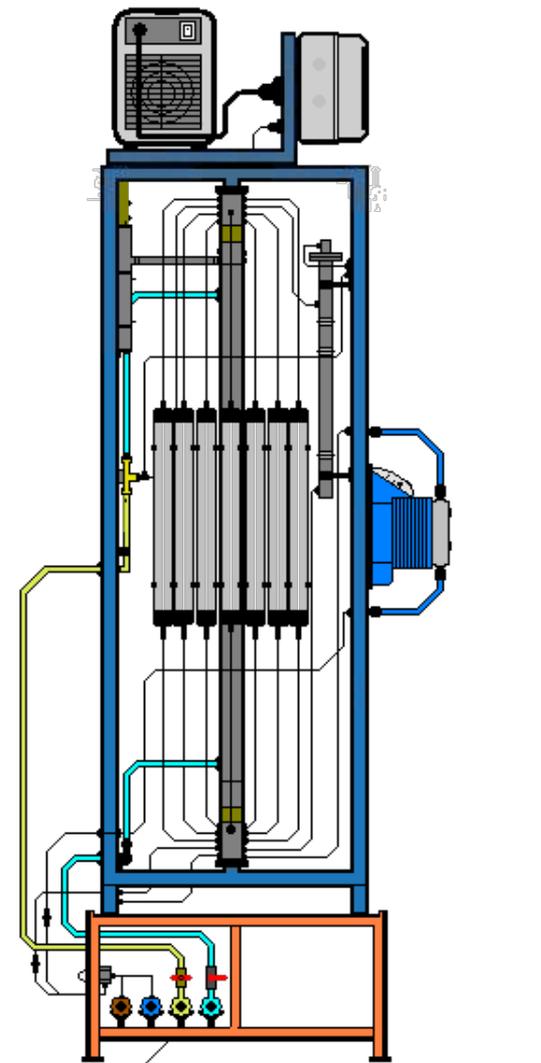
Площадь, занятая одной установкой - 0,2 кв. метра, вес – 60 кг

Выход газа H_2 →

Модульные установки АКВАХЛОР-500 объединяются в единую систему при помощи коллекторов



Вид сзади



Коллекторная система

Вид сбоку



Водоочистные сооружения г. Энгельс

С 2005 года на ВОС г. Энгельс вместо баллонов с хлором для обеззараживания питьевой воды применяются установки АКВАХЛОР-500



Место забора воды



Старая хлораторная



ВОС г. Энгельс, 2005. Шестнадцать установок АКВАХЛОР-500 обеспечивают обеззараживание питьевой воды из р. Волга. Раствор оксидантов напрямую подается в обрабатываемую воду, а катодит используется для промывки фильтров и в качестве растворителя коагулянта

Каждый блок из четырех установок АКВАХЛОР-500 соединен с отдельной точкой ввода оксидантов в обрабатываемую воду на ВОС МУП «Вольск Водоканал», 2006 г.



Двенадцать установок АКВАХЛОР-500 обеспечили замену более чем 144 кг/сут балонного хлора на ВОС МУП «Вольск Водоканал», 2006 г.



Две установки АКВАХЛОР-500 обеспечивают обеззараживание сточной воды в количестве 25 тысяч куб. м. в сутки (Московская область, г. Красноармейск, 2006 г.)



Установки АКВАХЛОР-500 в количестве 76 модулей обеспечивают получение на ВОС г. Балаково ежедневно более 900 кг оксидантов в эквиваленте хлора. 2008 г.



**Десять установок АКВАХЛОР-500
обеспечивают обеззараживание
питьевой воды, поступающей в г.
Усть-Илимск (Иркутская обл.,
2007)**



Установки А-500 в цехе отбеливания целлюлозы ЦБК. Финляндия, 2006



Установка АКВАХЛОР-500 в технологической линии приготовления фармпрепаратов (ЗАО «БИС», г. Пущино, Моск. обл., 2006 г.



Сравнительные характеристики установок АКВАХЛОР-500 и АКВАХЛОР-500М



№ п/п	Технические параметры и операции	A-500	A-500M
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	Вид производимых продуктов (смеси оксидантов):	1. Раствор оксидантов	1. Раствор оксидантов 2. Влажная газообразная смесь оксидантов 3. Раствор гипохлорита натрия 1 – 8%
4	Время непрерывной работы в максимальном режиме, ч	8	24
5	Необходимость периодической очистки (промывки) реактора соляной кислотой	есть	нет
6	Интервал между промывками электрохимического реактора при работе на растворе пищевой соли «Экстра», приготовленном на водопроводной питьевой воде, час	40 - 50	Необходимость промывки отсутствует
7	Контроль параметров работы установки	Периодический, оператором	Автоматический, непрерывно
8	Возможность автоматического регулирования производительности по оксидантам в зависимости от концентрации активного хлора в обеззараживаемой воде	Нет	Есть
9	Количество отказов на 1000 часов непрерывной работы	9	0,2



Установки АКВАХЛОР-500М с реакторами нового поколения с функцией самоочистки не требуют периодической промывки соляной кислотой



Шесть установок АКВАХЛОР-500М обеспечивают обеззараживание 80 тысяч куб. м. воды в сутки. САППИ, Финляндия, 2012



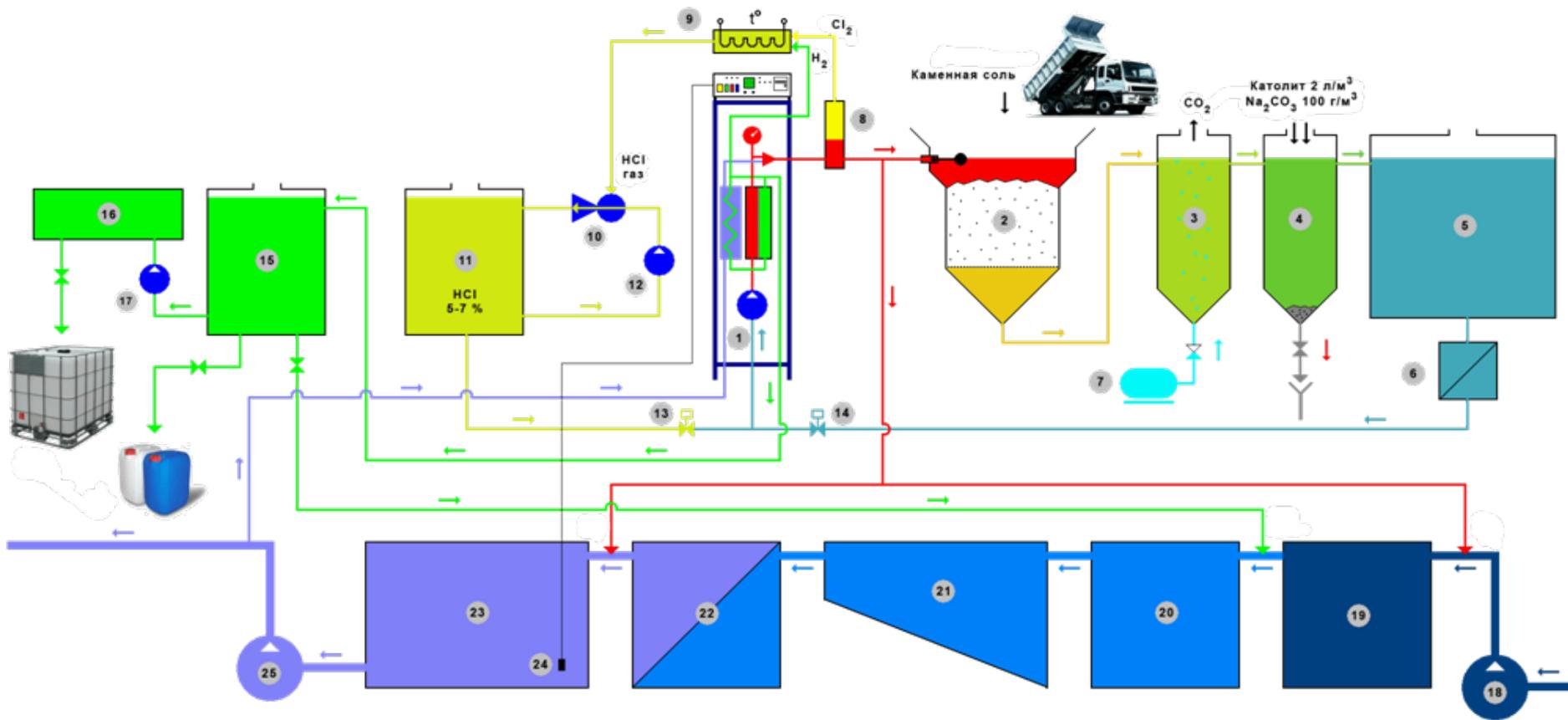
Хлор более не нужен.



Четыре установки АКВАХЛОР-500М обеспечивают высококачественное обеззараживание питьевой воды в количестве до 50 000 куб. метров в сутки. Система обеззараживания полностью автоматизирована, контроль и управление работой установок осуществляются дистанционно. Не требуется промывка реакторов соляной кислотой. Грузия, 2013.

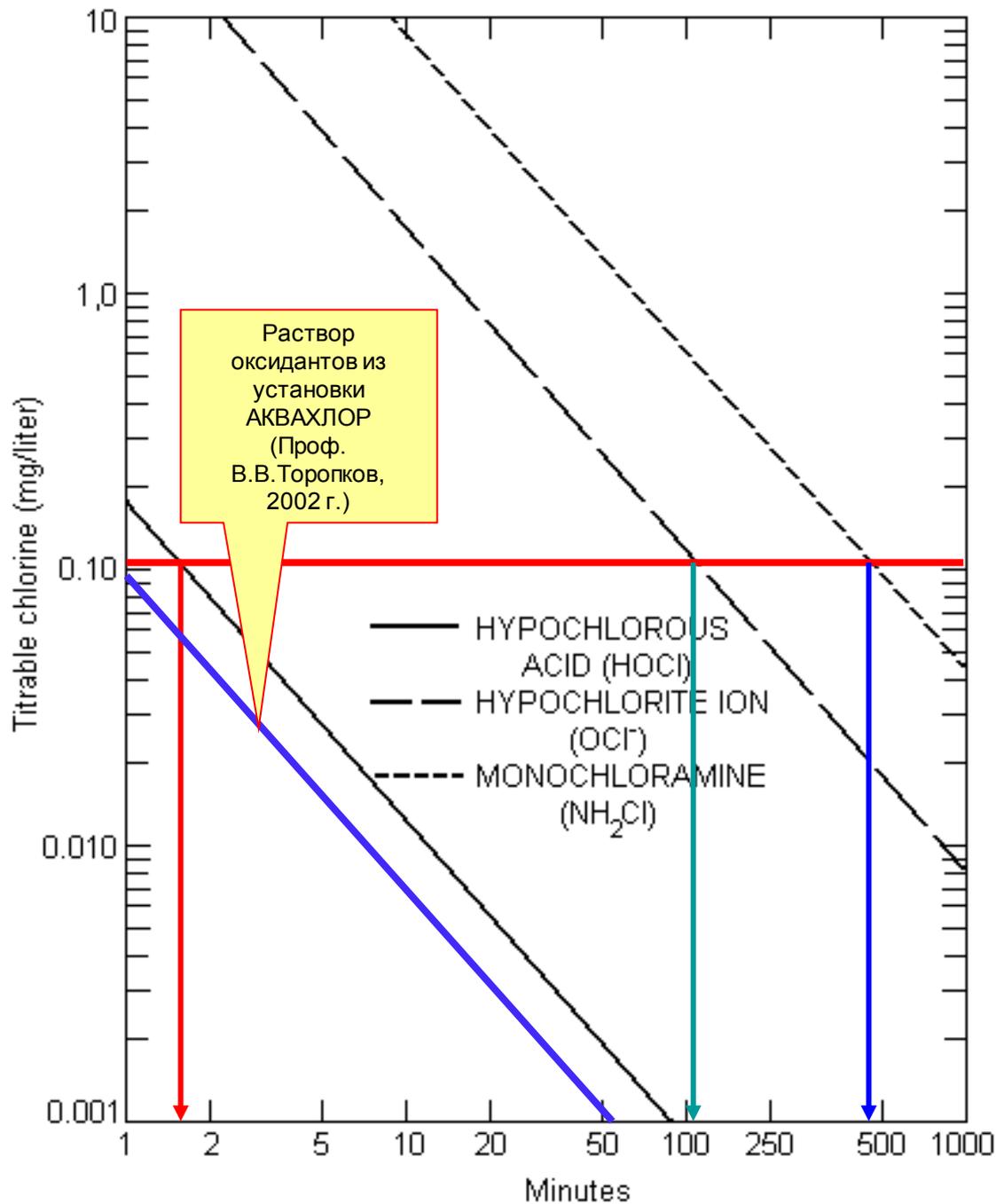


Комплексная схема применения установок АКВАХЛОР на объектах ВОДОПОДГОТОВКИ



Условные обозначения:

1 – установка АКВАХЛОР-500; 2 – емкость для загрузки и растворения соли; 3 – декарбонизатор (барботажный аэратор); 4 – осадительная емкость; 5 – накопительная емкость осветленного солевого раствора; 6 – фильтр с загрузкой кварцевого песка; 7 – воздушный компрессор; 8 – сепаратор для отделения нерастворившихся пузырьков хлора от раствора оксидантов; 9 – реактор установки ОКСИТРОН-К-01 для превращения потоков газообразных хлора и водорода в газообразный хлористый водород; 10 – водоструйный насос для растворения газообразного хлористого водорода в воде; 11 – накопительная емкость раствора соляной кислоты; 12 – центробежный химический насос циркуляционного контура синтеза соляной кислоты; 13 – электромагнитный клапан на линии подачи раствора соляной кислоты в установку АКВАХЛОР; 14 – электромагнитный клапан на линии подачи солевого раствора в установку АКВАХЛОР; 15 – накопительная емкость для католита; 16 – установка для концентрирования щелочных электролитов; 17 – химический насос высокого давления для подачи католита в установку концентрирования; 18 – насос первого подъема водоочистных сооружений (ВОС); 19 – смеситель ВОС; 20 – резервуар для коагуляции ВОС; 21 – осадительная емкость ВОС; 22 – система фильтров ВОС; 23 – резервуар чистой воды (РЧВ) ВОС; 24 – датчик концентрации активного хлора на входе в РЧВ; 25 – насосы для подачи очищенной питьевой воды в водоразводящую сеть.



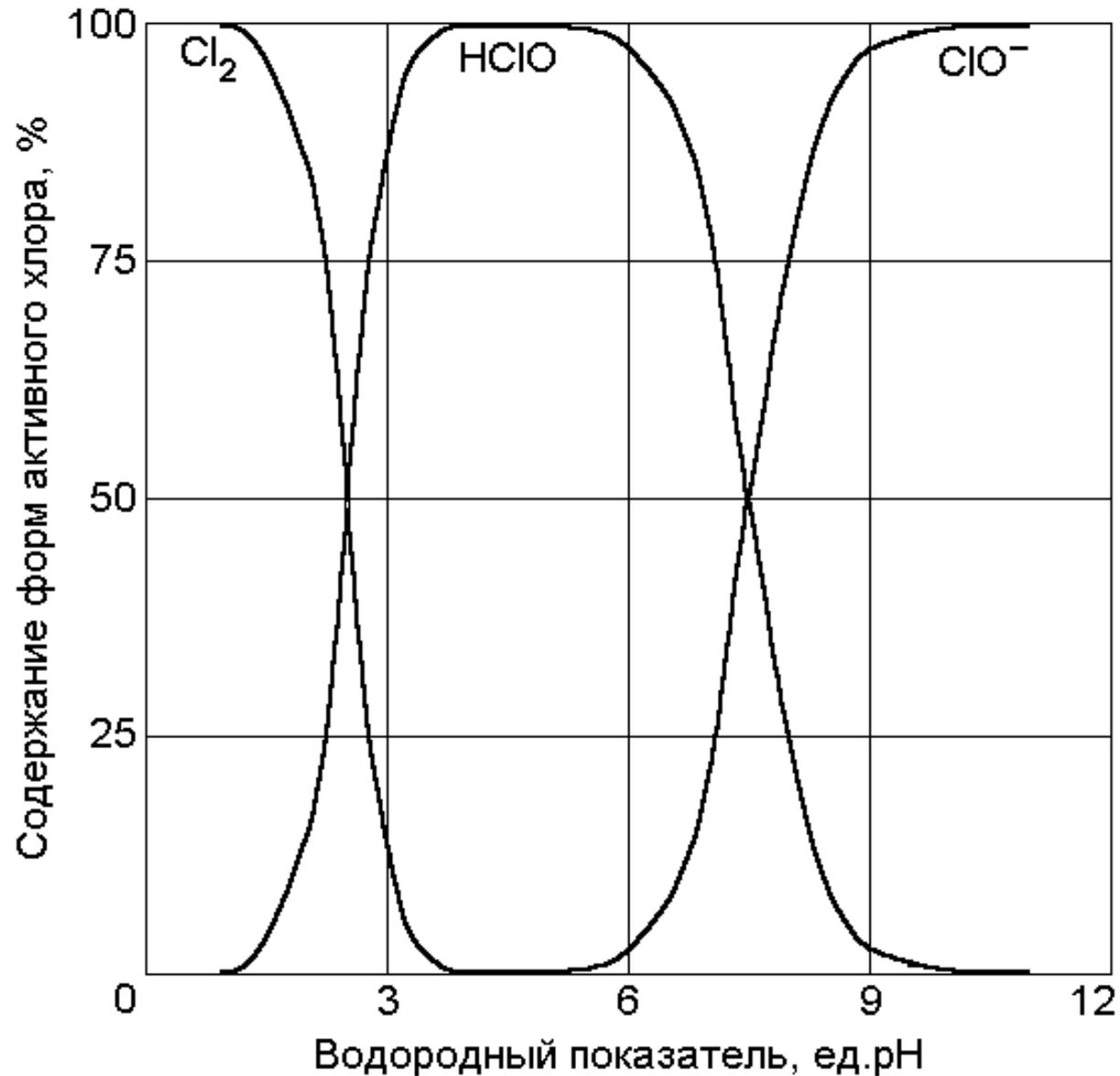
Для обеззараживания воды (уничтожение *E.Coli* на 99% при температуре 2 – 6 °C) хлорноватистой кислотой при концентрации 0,1 мг/л требуется менее 2 минут, раствором гипохлорита равной концентрации более 100 минут, раствором хлорамина также равной концентрации – около 500 минут.

Раствор оксидантов из установки АКВАХЛОР справляется с этой задачей за время меньше 1 минуты.

Figure 11.19. Comparison of germicidal efficiency of hypochlorous acid, hypochlorite ion and monochloramine 99% destruction of *E.coli* at 2-6 °C

Соотношение содержания хлорноватистой кислоты и гипохлорит- иона в зависимости от рН воды

рН	ClO ⁻ , %	НClO, %
4,0	0,05	99,95
5,0	0,5	99,5
6,0	2,5	97,5
7,0	21,0	79,0
8,0	75,0	25,0
9,0	97,0	3,0
10,0	99,5	0,5
11,0	99,9	0,1



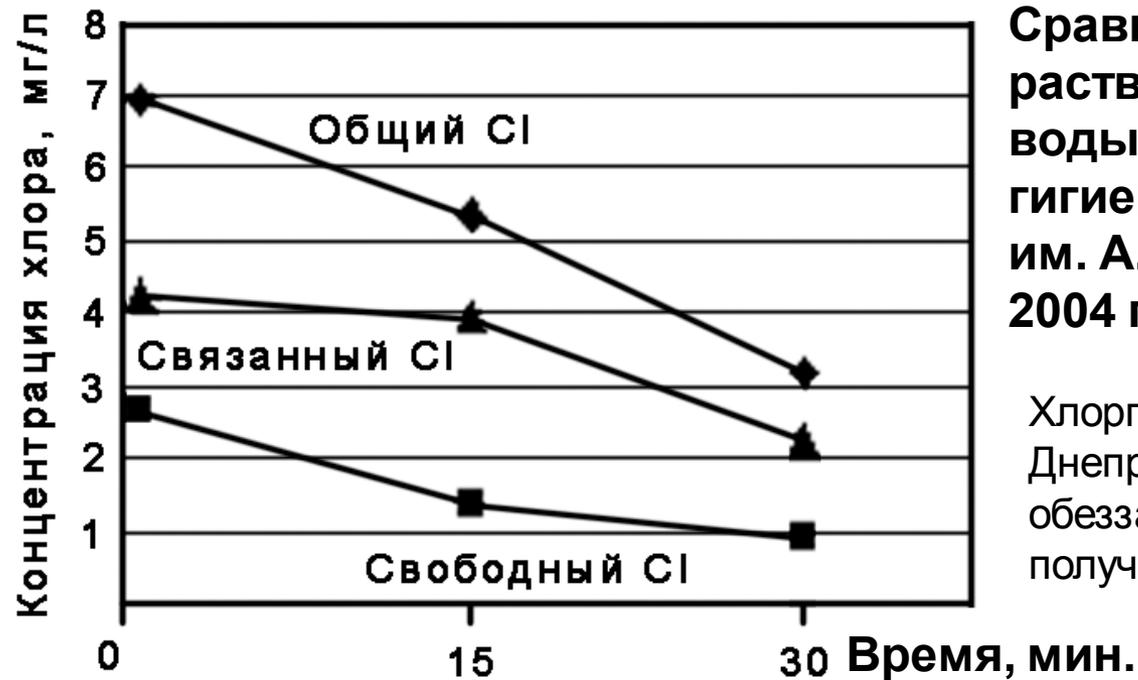
Сравнительный анализ содержания в сточной воде легколетучих галогенированных углеводородов при различных способах обеззараживания

Стандартный метод ИСО 10301. Институт медико-экологических проблем и оценки риска здоровью, С-Пб., 2002

Соединение	Содержание в исходной сточной воде, мкг/л	Содержание в сточной воде (мкг/л) после хлорирования хлор-газом дозой 5 мг/л	Содержание в сточной воде (мкг/л) после ввода раствора оксидантов из установки АКВАХЛОР (доза 5 мг/л)
Трихлорэтан	0,2	24,1	2,3
Трибромметан	0,0	21,5	1,1
Гексахлорэтан	0,5	16,8	2,9
Хлороформ	0,9	19,1	3,6
Дихлорметан	0,1	17,4	2,2
Трихлорэтилен	0,2	18,4	2,5
Тетрахлорэтилен	0,3	19,6	1,7

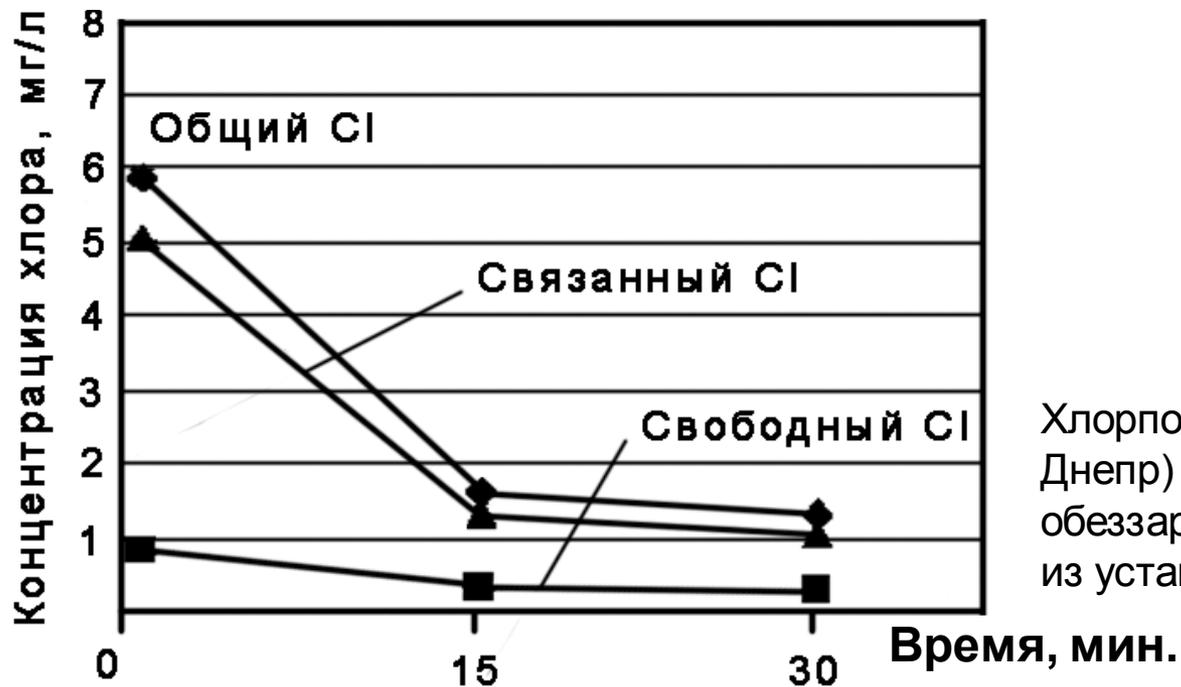
**Влияние раствора оксидантов из установок АКВАХЛОР на
содержание в воде органических соединений**
Исследования выполнены в компании Monsanto, USA, 1997.

Тип загрязнений	Уровень загрязнений в тестируемой воде, мг/л	Уровень загрязнений в воде через 1 час после ввода раствора оксидантов (3 мг/л)	Уровень снижения, %
Malathion (PPM)	0,72	0,01	98,8
Parathion (PPM)	0,17	0,01	94,1
Fenitrothion (PPM)	0,11	0,02	81,8
Diazinon (PPM)	0,07	ND	100
1,1,1-trichloroethylene (PPM)	0,32	0,03	90,6
Trichloroethylene (PPM)	0,09	0,02	77,8
Tetrachloroethylene(PPM)	0,03	ND	100
Cabaryl (PPM)	0,22	0,01	95,5
Phenol (PPM)	0,02	0,01	50
Total trihalomethane (PPM)	0,33	0,01	97



Сравнительные исследования раствора оксидантов и хлорной воды по данным Института гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева АМН Украины, 2004 г.

Хлорпоглощаемость речной воды (р. Днепр) при использовании для обеззараживания хлорной воды, полученной с использованием хлора



Хлорпоглощаемость речной воды (р. Днепр) при использовании для обеззараживания раствора оксидантов из установки АКВАХЛОР

Экспериментальные исследования по обеззараживанию сточных вод раствором оксидантов из установки АКВАХЛОР на предприятии ГУП «Мосводосток» (2010 – 2011)

Очистное сооружение ПО (СПП) «Ичка» предназначено для очистки сточных вод от мусора, нефтепродуктов и взвешенных частиц. Проектная мощность 3200 м³/час. Сточная вода проходит последовательно следующие ступени очистки: песколовка; секция с тонкослойными модулями; фильтры с эластичной загрузкой «Мегасорб»; фильтры с сорбционной загрузкой из торфяных элементов (ЭТФ); бассейн гидробиотической доочистки (*Eichhörnla crássipes*).

Дата отбора пробы	Термотолерантные колиформные бактерии КОЕ/100мл		Общие колиформные бактерии КОЕ/100мл		Колифаги БОЕ/10мл	
	Норматив	Результат	Норматив	Результат	Норматив	Результат
20.06.07	Не более 100 КОЕ на 100 мл	2727	Не более 500 КОЕ на 100 мл	2727	Не более 10 БОЕ на 10 мл	20
23.10.08		4182		4182		20
04.03.08		160		2500		70
23.10.08		300		5000		30
05.03.09		140		2200		30
10.11.09		80		1100		6

Исходные (до начала эксперимента) микробиологические показатели проб очищенной воды на выходе из очистного сооружения ПО (СПП) «Ичка»



Микробиологические показатели проб очищенной воды на выходе из очистного сооружения ПО (ССП) «Ичка» предприятия ГУП «Мосводосток» в условиях обеззараживания сточной воды раствором оксидантов из установки АКВАХЛОР-500

Дата отбора пробы	Термотолерантные колиформные бактерии КОЕ/100мл		Общие колиформные бактерии КОЕ/100мл		Колифаги БОЕ/10мл	
	Норматив	Результат	Норматив	Результат	Норматив	Результат
06.07.10	Не более 100 КОЕ на 100 мл	40	Не более 500 КОЕ на 100 мл	400	Не более 10 БОЕ на 10 мл	5
18.08.10		20		300		2
14.09.10		80		400		6
28.09.10		Отсутств.		400		2
26.10.10		50		200		4
10.11.10		20		100		Отсутств.
22.11.10		50		300		6



Качество очищенных сточных вод полностью соответствует СанПин 2.1.5.980-00



Сокращение образования побочных продуктов при дезинфекции воды с использованием установок, вырабатывающих смесь оксидантов.

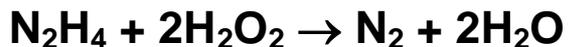
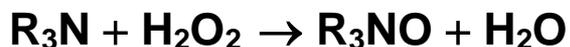
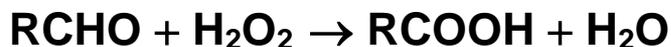
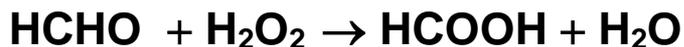
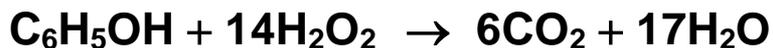
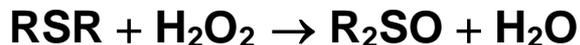
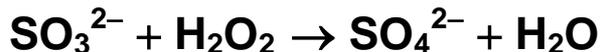
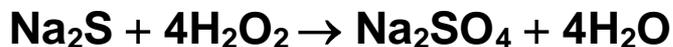
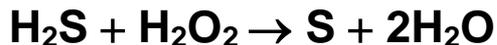
(Disinfection By-Product Reduction Using On-Site Generated Mixed Oxidants in Groundwater Treatment By Beth Hamm. Water Conditioning & Purification, December, 2002).

Хотя химия раствора смешанных оксидантов не полностью изучена, биологическое преимущество неоспоримо. Наиболее очевидное преимущество состоит в способности раствора смешанных оксидантов деактивировать хлорстойкие организмы, типа *Cryptosporidium parvum* oocysts, а также достигать существенно высших уровней деактивации других организмов в более низкой дозе при более коротком времени контакта, чем требуется для гипохлорита. Превосходящая способность деактивации множества организмов при использовании раствора смешанных оксидантов демонстрировалась во множестве учреждений.

Другим ключевым преимуществом раствора смешанных оксидантов, отличным от хлора, является сокращение образования побочных продуктов хлорирования - ТТНМС и НААС. Это демонстрируется на множестве водообеспечивающих предприятий коммунального обслуживания которые заменили обычную обработку хлором технологией смешанных оксидантов. Фактически, в большинстве сооружений со смешанными оксидантами концентрации ТТНМС и НААС обычно уменьшаются на 30-50 процентов по сравнению с уровнями, образованными хлором.

Некоторые химические реакции очистки воды с помощью раствора оксидантов из установок АКВАХЛОР

Разрушение вредных и придающих воде неприятный запах веществ:



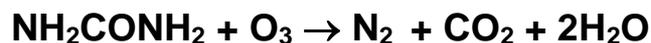
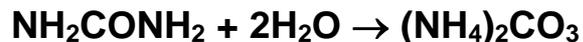
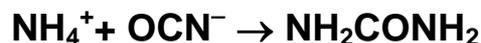
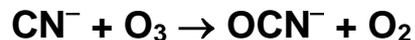
Конечными продуктами этих реакций являются нетоксичные, безвредные и безопасные для человека соединения.

Некоторые химические реакции очистки воды с помощью раствора оксидантов из установок АКВАХЛОР (продолжение)

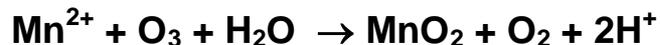
Реакция окисления сернистых соединений (сульфидов и меркаптанов):



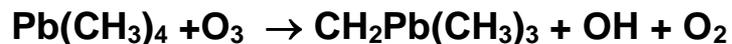
Реакции разрушения цианидов:



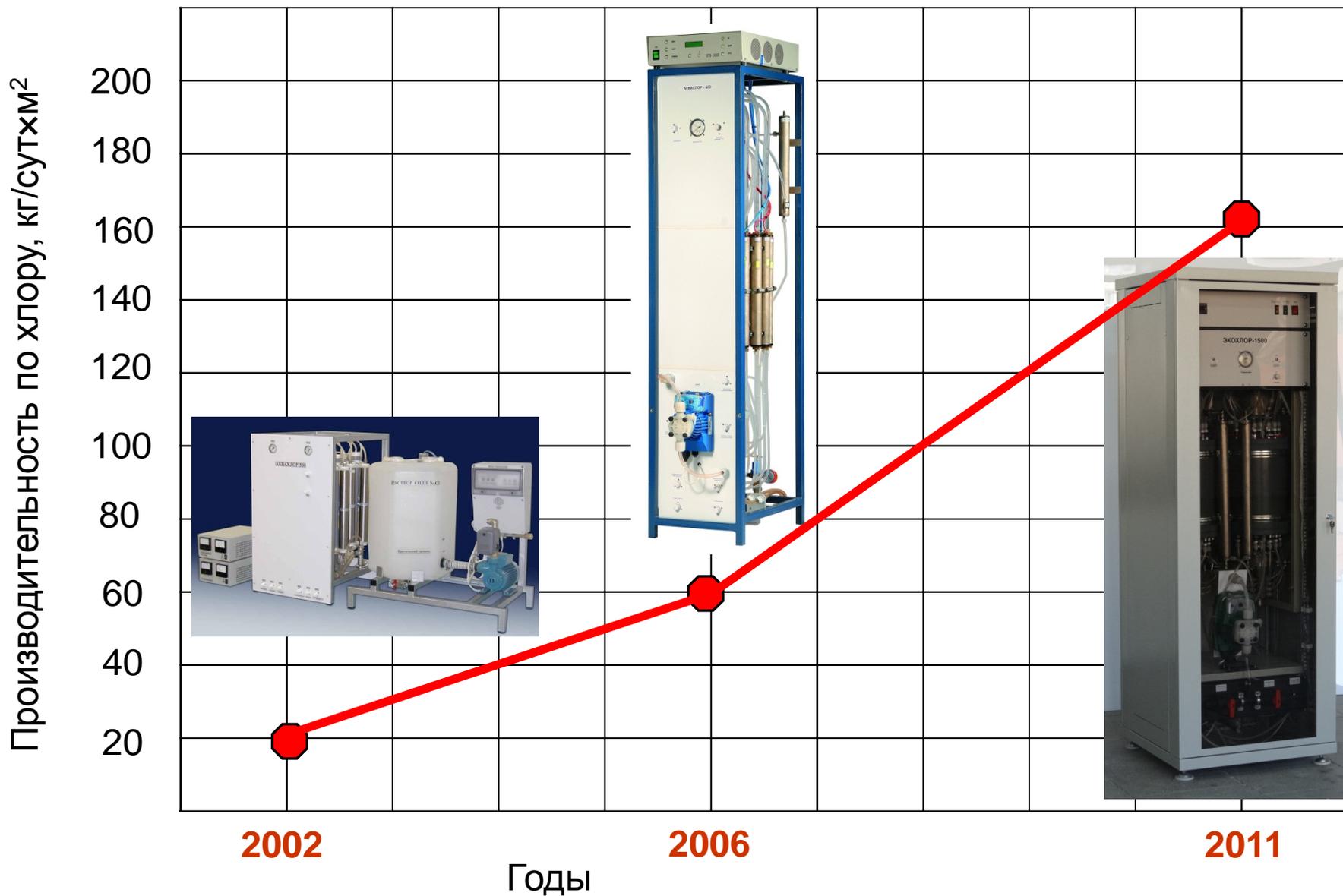
Очистка воды от катионов металлов. Железо и марганец часто присутствуют в природной воде, как правило в виде органических комплексов, которые придают воде цветность. Очистка состоит в том, что соответствующие металлы окисляются и переводятся в нерастворимый осадок, который удаляется на последующих стадиях очистки. Озон окисляет Fe(II) до Fe(III), Mn(II) до Mn(IV):



Реакции деструкции металлоорганических токсичных соединений, в частности, тетраметил- и тетраэтилсвинца:



Производительность установок АКВАХЛОР, отнесенная к занятой ими площади пола



Установки ИЗУМРУД для обеззараживания, очистки и кондиционирования воды

Установки ИЗУМРУД предназначены для очистки воды от микроорганизмов всех видов и форм, микробных токсинов, ионов тяжелых металлов и вредных органических соединений, включая метаболиты человека, животных, фармпрепараты, а также придания воде физиологически функциональных свойств.

Основным процессом очистки воды в установках серии ИЗУМРУД является ее электрохимическая активация.

Электрохимическая активация позволяет направленно изменять состав растворенных газов, активность электронов в воде, а также ее структуру и биокаталитическую активность. Вода, очищенная в установках ИЗУМРУД, способствует омолаживанию кожи лица, хорошо смывает с овощей и фруктов пленки пестицидов и гербицидов, оказывает благоприятное влияние на рост комнатных растений.

Микроорганизмы, микробные токсины и органические соединения (гербициды, фенолы) разрушаются в процессе реакций анодного окисления и последующей обработки воды в каталитическом реакторе.

Ионы тяжелых металлов превращаются в нерастворимые гидроксиды в результате катодного восстановления и удаляются затем во флотационном и электрокинетическом реакторах.

Производительность бытовых установок ИЗУМРУД - от 40 до 60 литров в час, промышленных установок - от 300 до 1000 литров в час. Продолжительность работы (ресурс) установки ИЗУМРУД более 50 000 часов

Бытовые установки ИЗУМРУД

производятся с 1991 года.

Сравнение параметров воды до и после обработки в установках ИЗУМРУД проводилось в десятках специализированных лабораторий различных стран на образцах местной воды – от водопроводной питьевой до природной из открытых водоемов.



TEST ITEMS	Concentration of Test Water	Results of Emerald-Cl	Ratio of Elimination, %
1. Color	16	less than 7	
2. Turbidity	6	less than 4	
3. Odor	-	-	
4. Taste	-	-	
5. Total dissolved solids (PPM)	1118	698	62
6. pH	4,9	4,9	
7. Hardness (PPM of CaCO ₃)	698	662	5
8. Nitrogen-Ammonia (PPM of NH ₃ -N)	1,9	1,7	10,5
9. Nitrate (PPM)	29,9	26,6	11
10. Chloride (PPM)	431	356	17,4
11. Cyanide (PPM)	0,01	0,002	80
12. Fluoride (PPM)	2,9	2,7	6,9
13. Sulfate (PPM)	560	594	-6
14. Arsenic (PPM)	0,28	0,25	10,7
15. Cadmium (PPM)	0,06	0,05	16,7
16. Cromium (PPM)	0,31	0,27	12,9
17. Copper (PPM)	5,1	5,1	0
18. Iron (PPM)	2,4	2,3	4,2
19. Lead (PPM)	0,9	0,8	11,1
20. Selenium (PPM)	0,03	0,03	0
21. Manganese (PPM)	1,0	1,0	0
22. Mercury (PPM)	0,016	0,010	37,5
23. Zinc (PPM)	3,2	3,1	3,1
24. Comp. of Potassium permanganate (PPM)	33,6	26,9	19,9
25. Detergents (PPM)	1,5	0,9	40
26. Malathion (PPM)	0,72	0,01	98,8
27. Parathion (PPM)	0,17	0,01	94,1
28. Fenitroion (PPM)	0,11	0,02	81,8
29. Diazion (PPM)	0,07	ND	100
30. 1,1,1-trichloroethylene (PPM)	0,32	0,03	90,6
	Continue		
31. Trichloroethylene (PPM)	0,09	0,02	77,8
32. Tetrachloroethylene (PPM)	0,03	ND	100
33. Cabaryl (PPM)	0,22	0,01	95,5
34. Phenol (PPM)	0,02	0,01	50
35. Total trihalomethane (PPM)	0,33	0,01	97
36. Bacteria (cfu/ml)	Tab water	10	90
37. Coliform (E.coli) (cfu/ml)	Tab water	Negativ	
38. Recidual chlorine (PPM)	2,0	ND	

ОБОБЩЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ ВОДЫ В УСТАНОВКАХ ИЗУМРУД

Наименование загрязняющего компонента	ПДК по данным ВОЗ	Кратная ПДК концентрация загрязнений в исходной воде	Степень очистки, %
Общее микробное число, КОЕ/мл	50 – 100	2 - 10	> 99,99
Вирус полиомиелита, ед/мл	-	до 100 ед/мл	> 99,999
Тетрахлорэтилен, мг/л	0,005	10	89
ПАВ, мг/л	0,5	7 - 8	94
Пестициды (ДДТ), мг/л	-	до 10 мг/л	90
Хром, мг/л	0,05	100	> 99
Железо, мг/л	0,3	3	70 – 80
Медь, мг/л	1,0	20 - 30	95
Мышьяк, мг/л	0,05	3 – 3,5	90
Свинец, мг/л	0,03	10	95
Фенол, мг/л	0,001	6	85
Нитриты, мг/л	1,0	1,0	80 - 99
Тригалометаны, мг/л	0,1	2	95

Основу технологических процессов очистки воды в установках типа «Изумруд» составляет электрохимическая обработка воды в проточных электрохимических диафрагменных модульных реакторах, известных как элемент ПЭМ (элемент проточный электрохимический модульный) или, иначе, элемент МБ (модуль Бахира).

Термином «установки типа ИЗУМРУД» обозначаются установки, гидравлическая схема которых включает проточные диафрагменные электрохимические реакторы на основе элементов ПЭМ (МБ), а также вспомогательные устройства - реакторы каталитические, флотационные, осреднительные, электрокинетические, и ряд других узлов и систем, специально сконструированных с учетом работы совместно с элементами ПЭМ - одиночными или в виде реакторов РПЭ, в зависимости от производительности включающими от 2 до 20 элементов ПЭМ (МБ).

Названные технологические процессы очистки воды отличаются последовательностью, видом и количеством стадий преобразования воды и функциональной ориентацией, заключающейся преимущественно в интенсификации отдельных физико-химических процессов с целью улучшения качества очистки воды определенного химического состава от характерных для нее типов загрязняющих компонентов.

Идеология разработки технологических схем очистки воды в установках «Изумруд» основана на оптимальном использовании физико-химических процессов и функциональных возможностей каждого физического элемента технологического процесса, среди которых различают активные и пассивные.

Активные элементы технологической схемы очистки воды (электрохимические реакторы) для своего функционирования требуют подачи энергии извне, в то время как работа пассивных элементов основана на использовании различных форм энергии, приобретенных водой в активном элементе, т.е. в процессе предшествующей электрохимической обработки.

Принципиальное отличие пассивных элементов в установках «Изумруд» от известных элементов, применяемых в традиционных процессах очистки воды (фильтров, сорбентов, ионообменных мембран) заключается в том, что функционирование последних осуществляется только за счет их собственных физико-химических и (или) физико-механических свойств, таких, как средний размер пор, тип и площадь сорбирующего материала, емкость ионного обмена и т.д., в то время как в пассивных элементах установок «Изумруд» для очистки воды используются процессы преобразования различных форм дополнительной энергии, которую приобрела вода в активных элементах во время электрохимического воздействия - химической энергии окисленных и (или) восстановленных веществ, энергии фазовых переходов при растворении или выделении газов, образующихся на электродах - водорода, кислорода, озона, хлора, диоксида хлора, энергии структурных преобразований воды в электрическом поле двойного электрического слоя (ДЭС) электрода, в котором напряженность электрического поля достигает нескольких миллионов вольт на сантиметр, энергии каталитических процессов с участием метастабильных продуктов электрохимических реакций в рабочих камерах пассивных элементов. Эта дополнительная энергия в различных формах во все время процесса очистки поступают в пассивные элементы установок «Изумруд» вместе с очищаемой водой и является главным фактором, обеспечивающим удаление нежелательных компонентов из воды при сохраняющейся неограниченное время стабильности процесса.

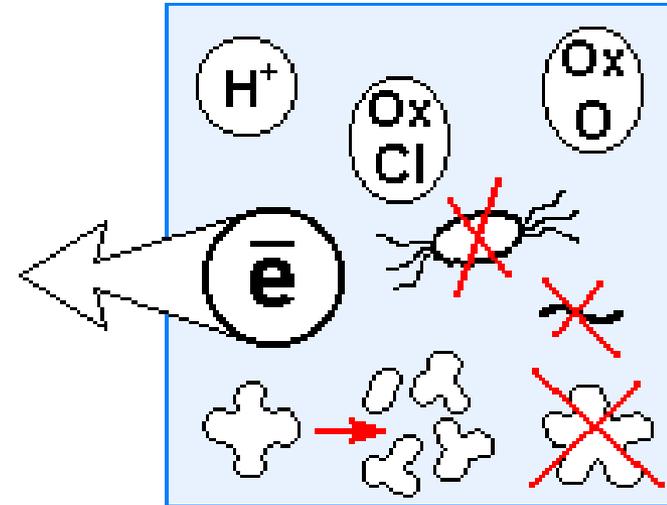
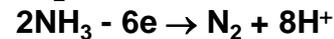
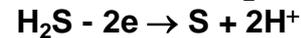
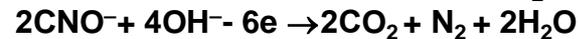
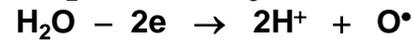
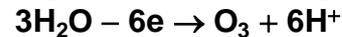
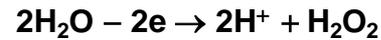
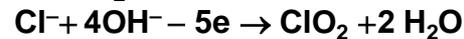
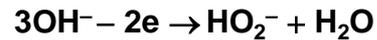
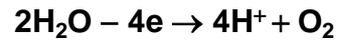
В обычных системах очистки воды эффективность очистки уменьшается во времени, поскольку зависит от начального ресурса функциональных возможностей элемента - площади фильтрующей или сорбирующей поверхности, обменной емкости и др. В отличие от этого, в установках ИЗУМРУД эффективность очистки воды остается постоянной и определяется видом функционально полезного преобразования избыточной энергии воды в пассивных элементах гидравлической схемы, а также последовательностью стадий обработки воды.

Физико-химические процессы очистки воды в установках ИЗУМРУД

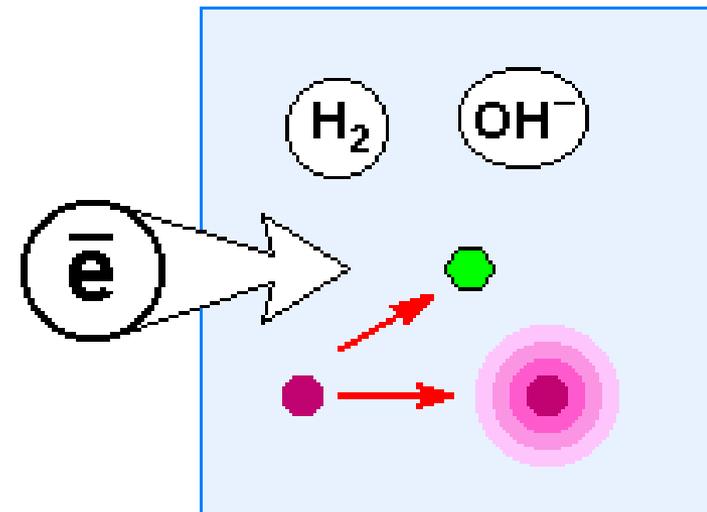
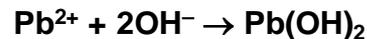
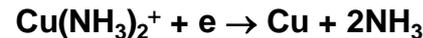
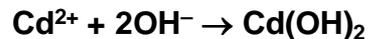
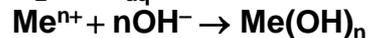
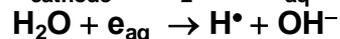
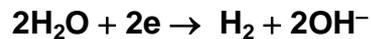
№ п/п	Наименование процесса	Техническая система для реализации процесса	Краткая характеристика процесса
1	Анодная электрохимическая обработка воды	Элемент ПЭМ, реактор РПЭ	Уничтожение микроорганизмов, окислительная деструкция органических соединений, микробных токсинов
2	Электромиграционное удаление катионов	Элемент ПЭМ, реактор РПЭ	В процессе анодной обработки воды перенос тока через диафрагму катионами
3	Катодная электрохимическая обработка воды	Элемент ПЭМ, реактор РПЭ	Превращение ионов тяжелых металлов в коллоидные частицы гидроксидов
4	Электромиграционное удаление анионов	Элемент ПЭМ, 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 потока 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_F	Использование микропузырьков электролитически полученного водорода 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

Основные физико-химические процессы очистки воды в установках ИЗУМРУД

Анодная обработка: вода насыщается хлор- и кислородсодержащими оксидантами, ионами гидроксония; происходит уничтожение микроорганизмов, микробных токсинов, пирогенов, полная или частичная деструкция органических соединений с образованием нетоксичных фрагментов.

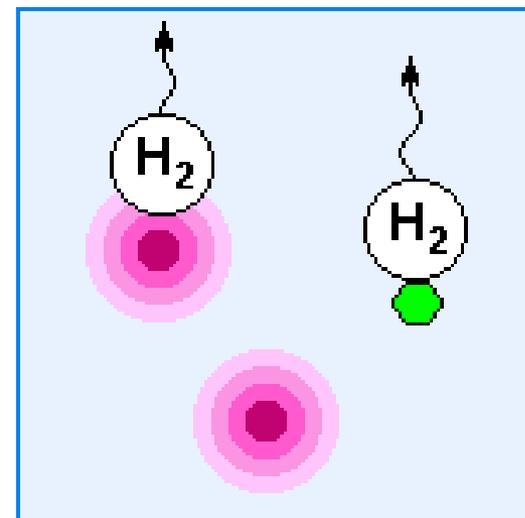


Катодная обработка: вода насыщается водородом и ионами гидроксила, ионы тяжелых металлов превращаются в нерастворимые гидроксиды и нейтральные атомы металлов.

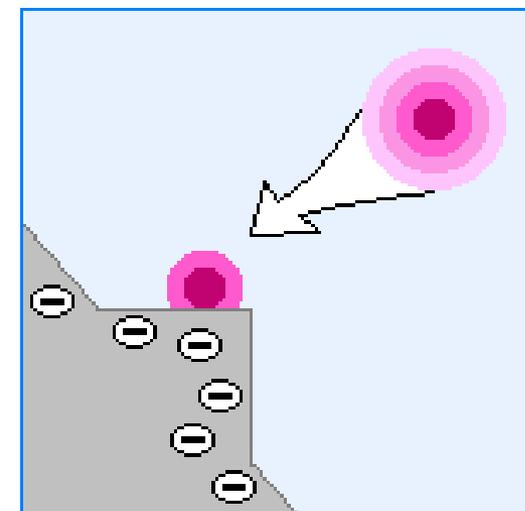


Вспомогательные физико-химические процессы очистки воды в установках ИЗУМРУД

Микроэлектрофлотация: атомы металлов и микрочастицы гидроксидов тяжелых металлов прилипают к отрицательно заряженным пузырькам водорода, всплывают и удаляются через сливное отверстие флотационного реактора в дренаж



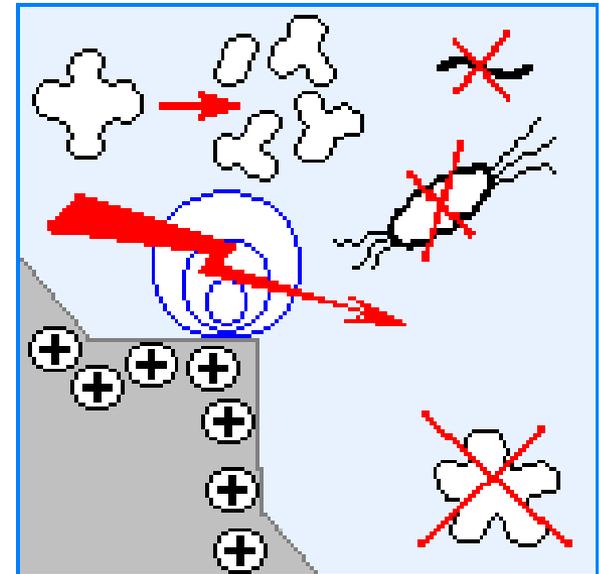
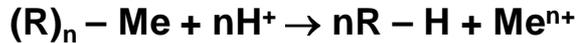
Очистка в электрокинетическом реакторе: микрочастицы гидроксидов тяжелых металлов извлекаются из воды электрическим полем отрицательно заряженной поверхности кварцевых кристаллов, лишаются гидратных оболочек и удерживаются силами физической сорбции



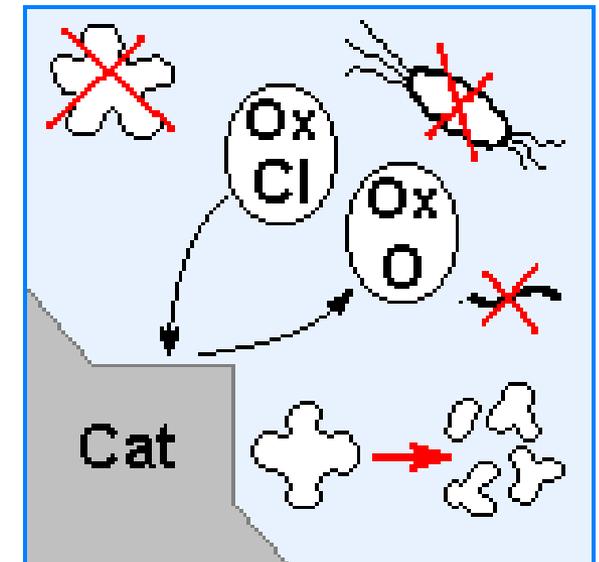
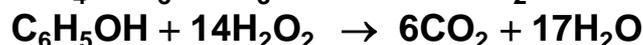
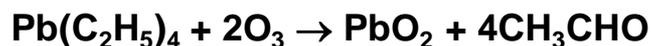
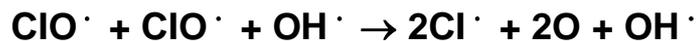
Вспомогательные физико-химические процессы очистки воды в установках ИЗУМРУД

Микроэлектрофизическая обработка:

зарождающиеся в критических точках на положительно заряженной поверхности кварцевых кристаллов и растущие пузырьки газов - водорода, кислорода, озона - пронизывают электрические разряды, способствующие разрушению живой и неживой материи.

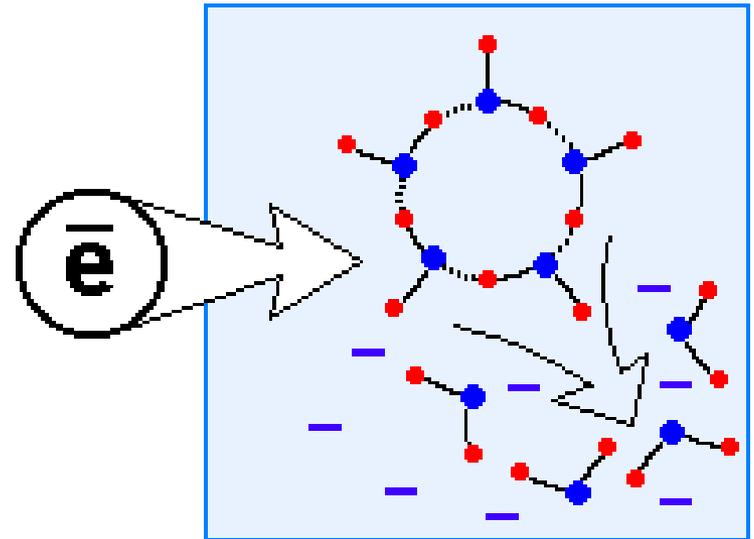


Каталитическое дехлорирование: на поверхности углеродных гранул с диоксидномарганцевым покрытием происходит превращение хлорсодержащих оксидантов в кислородсодержащие, что обеспечивает дополнительную очистку воды от органических соединений и микроорганизмов

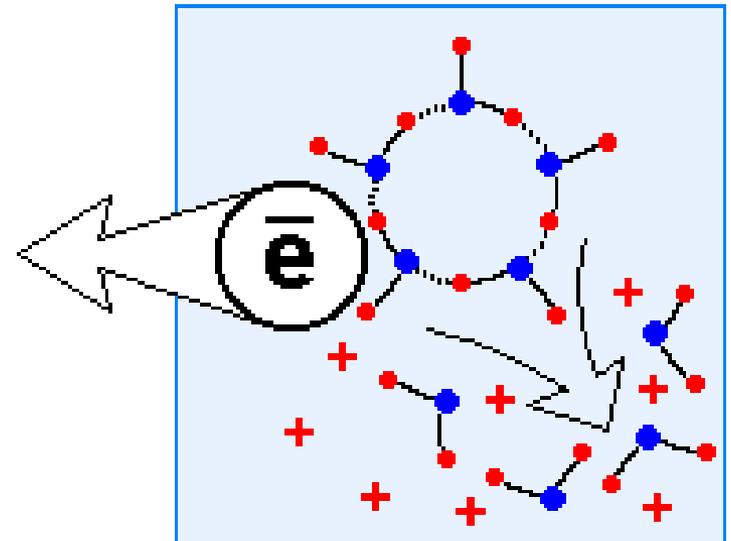


Структурные изменения воды в установках ИЗУМРУД

Катодная обработка: разрушение кластеров, повышение активности электронов (увеличение восстановительного потенциала), придание воде свойств антиоксиданта в биохимических процессах



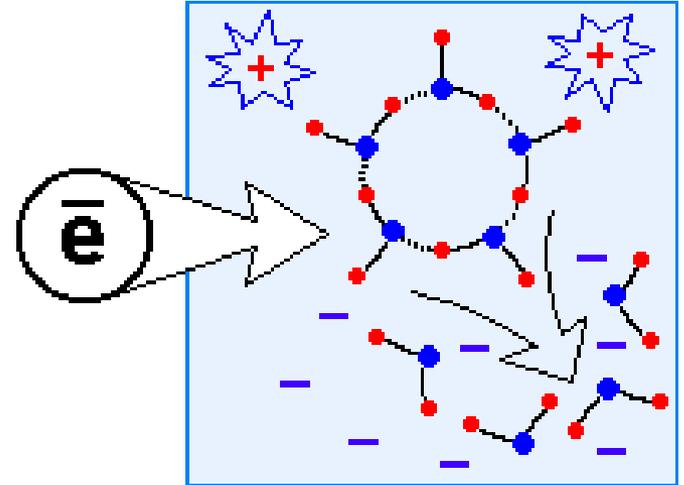
Анодная обработка: разрушение кластеров, уменьшение активности электронов (повышение окислительного потенциала), придание воде свойств активного переносчика кислорода и детоксицирующего агента



Структурные изменения воды в установках ИЗУМРУД

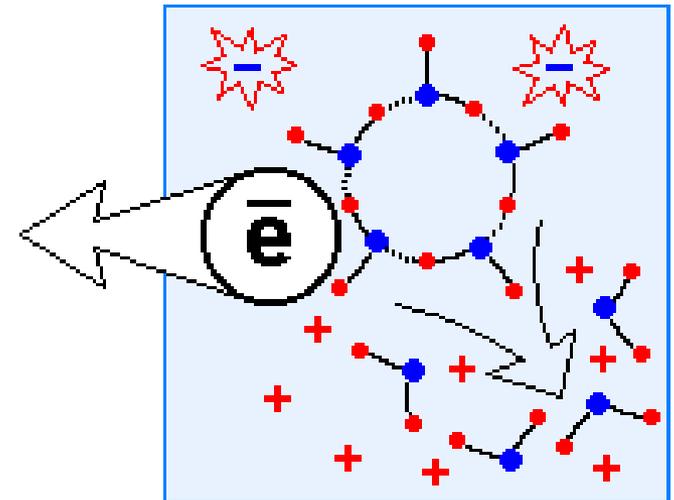
Катодная обработка после анодной:

придание воде свойств антиоксиданта на фоне скрытой способности оказывать детоксицирующее воздействие, обусловленное предшествующей анодной обработкой



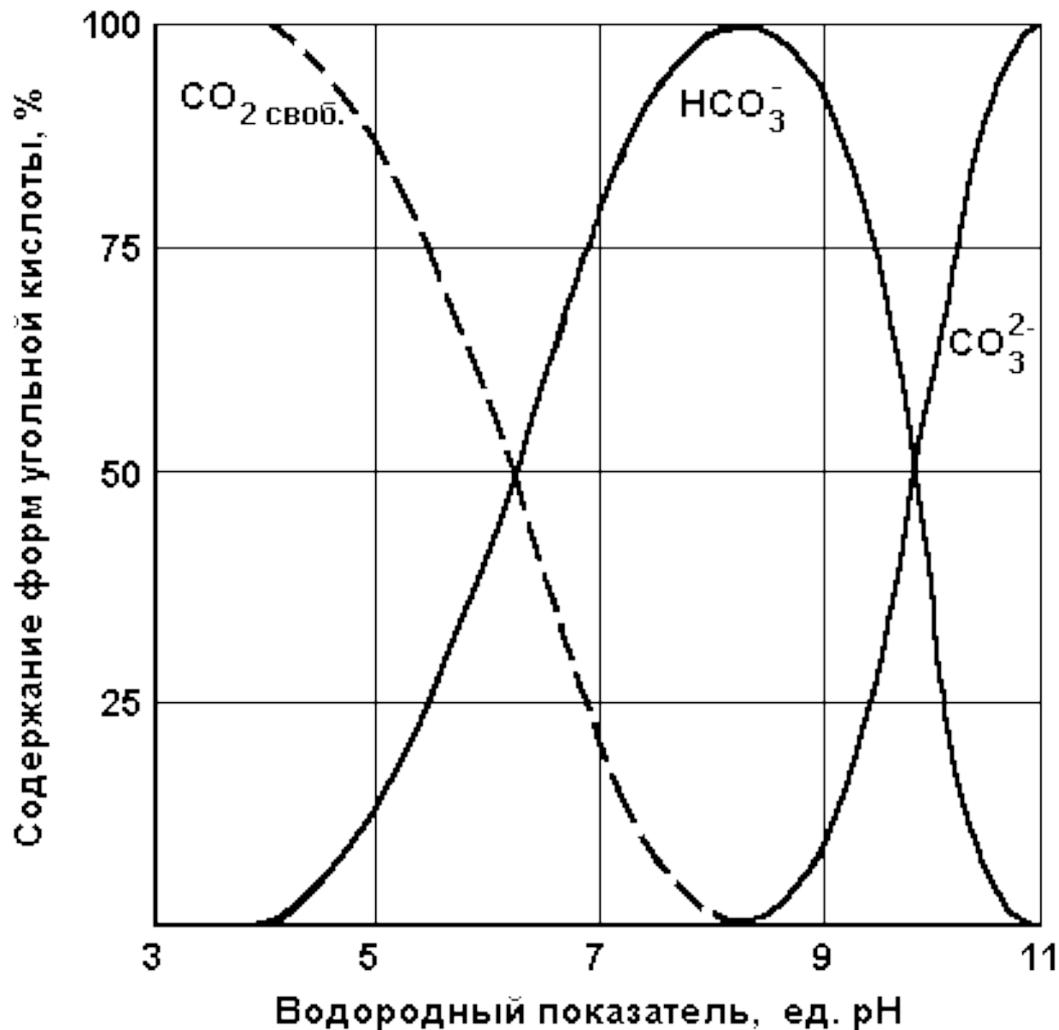
Анодная обработка после катодной:

придание воде свойств активного переносчика кислорода (эффект детоксикации) на фоне скрытой антиоксидантной активности, связанной с предшествующей катодной обработкой

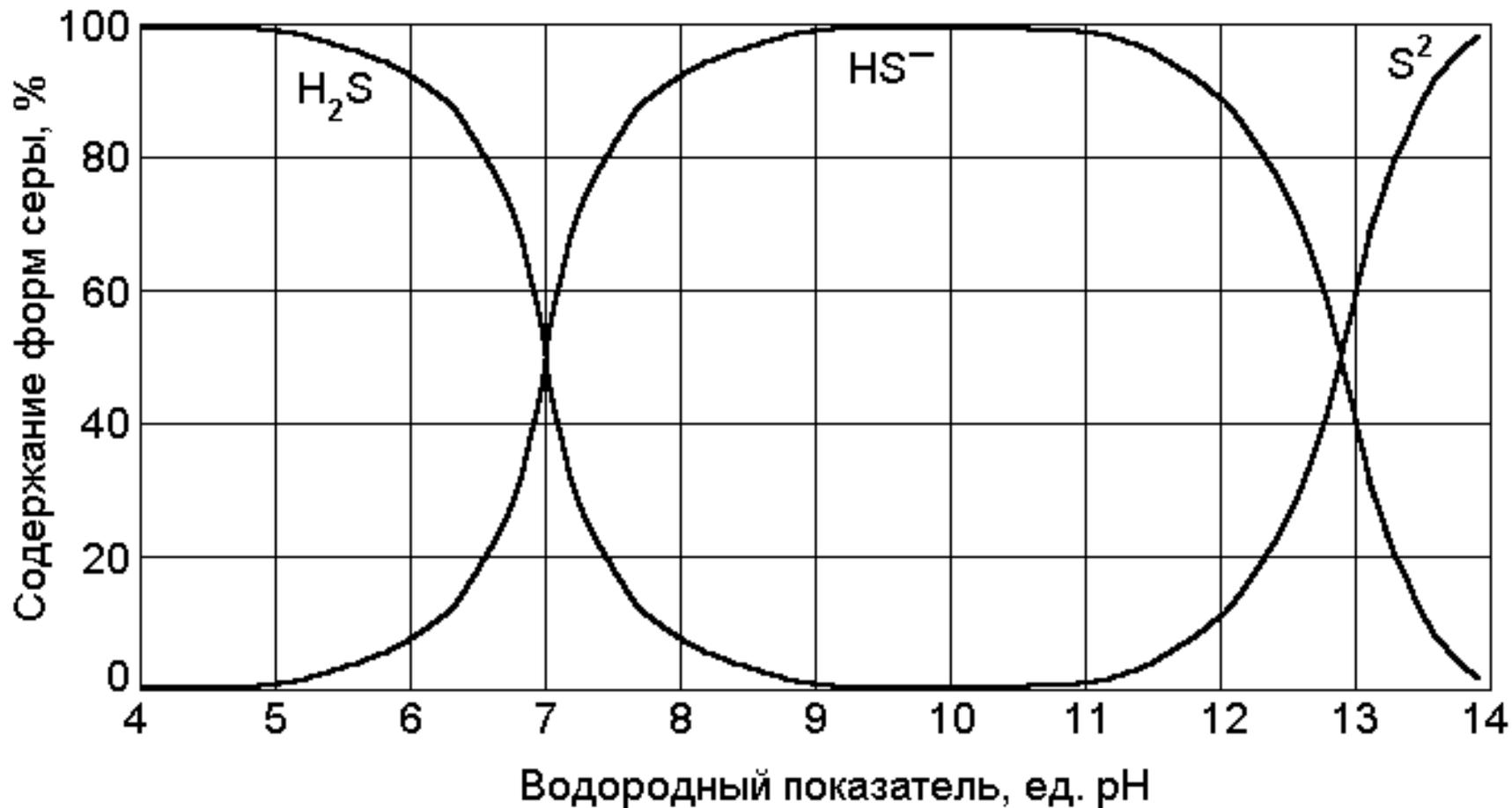


Содержание форм угольной кислоты в зависимости от pH воды

pH	CO ₂	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻
4,5	100	0,0	0,0
6,0	78,0	22,0	0,0
6,6	50,0	50,0	0,0
7,0	28,0	72,0	0,0
8,0	4,0	96,0	0,0
8,35	0,0	100,0	0,0
9,0	0,0	92,0	8,0
10,0	0,0	60,0	40,0
11,0	0,0	20,0	80,0
12,0	0,0	2,0	98,0



Содержание форм соединений серы в воде в зависимости от pH



Установка ИЗУМРУД для доочистки питьевой воды в домашних условиях

Производитель-
ность - 40 – 60
литров в час,
мощность 30 Вт

За период с 1993
по 2009 годы
произведено
более 300 000
установок
ИЗУМРУД этой
модели с
различными
технологическими
схемами очистки
воды



Установки ИЗУМРУД для очистки воды в экстремальных условиях

Производительность установок 300 литров в час, потребляемая электрическая мощность 800 – 900 Вт. Степень очистки: из болотной воды – питьевая вода высокого качества.



Передвижные комплексы для очистки воды в полевых условиях, снабженные установками ИЗУМРУД и СТЭЛ



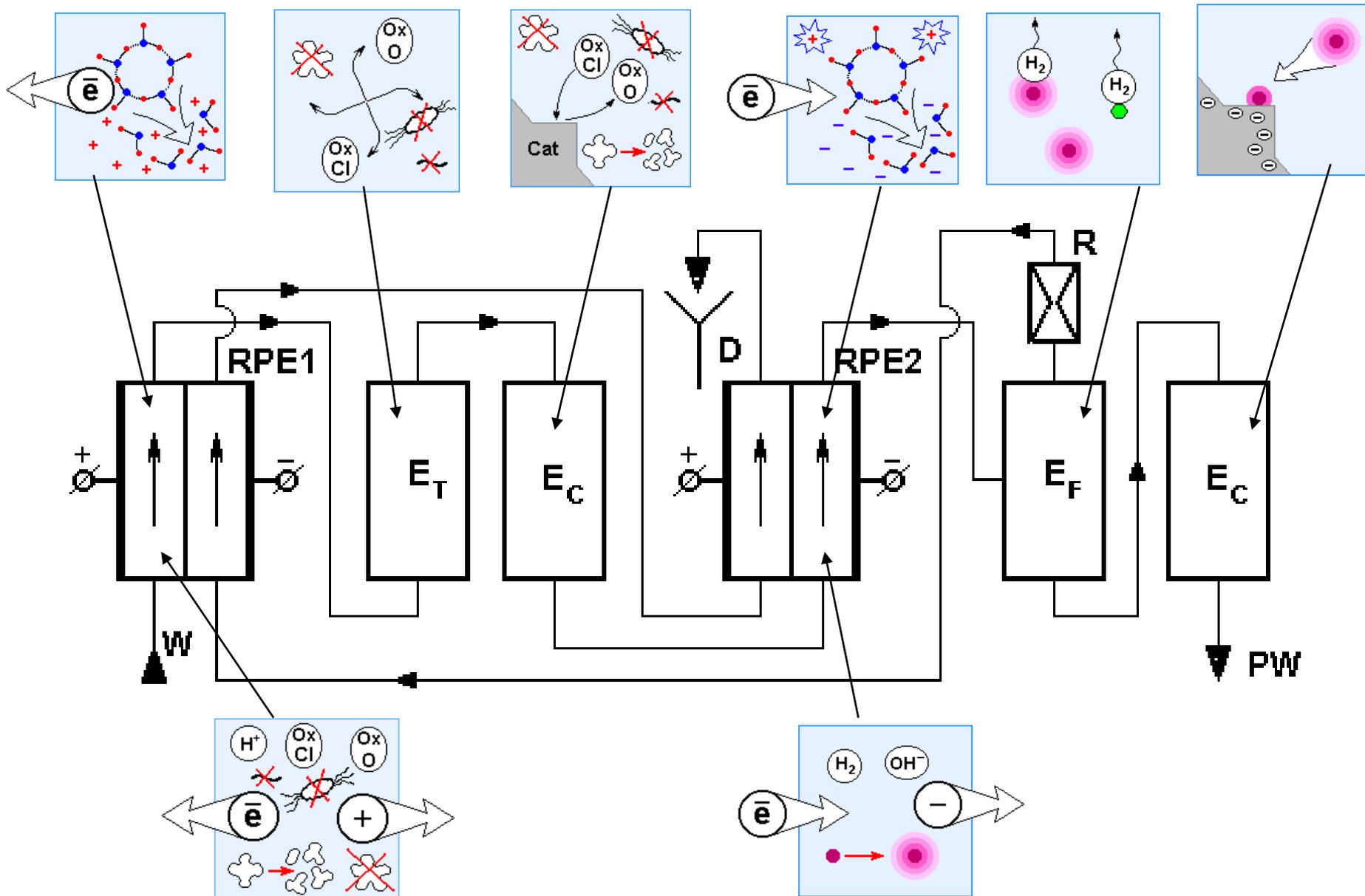
После успешных полевых испытаний в Чечне в 2000 году, комплексы КППВ-300 приняты на вооружение в российской армии

Базовый технологический процесс очистки воды в установках ИЗУМРУД, производившихся в 2005 – 2009 годы

Основное назначение установок ИЗУМРУД всех модификаций состоит в очистке воды от микроорганизмов всех видов и форм, микробных токсинов, ионов тяжелых металлов и вредных органических соединений, а также придании воде физиологически функциональных свойств. В каждом технологическом процессе очистки воды в любой из модификаций установок ИЗУМРУД включена следующая обязательная (базовая) последовательность технологических процессов очистки:

1. Обработка воды в анодной камере электрохимического реактора с целью уничтожения микроорганизмов и микробных токсинов, окислительной деструкции органических соединений, придание воде свойств активного переносчика кислорода
2. Обработка воды в каталитическом реакторе с целью превращения хлорсодержащих оксидантов, образовавшихся во время анодной обработки воды, в пероксиды и гидропероксиды
3. Обработка воды в катодной камере электрохимического реактора с целью перевода ионов тяжелых металлов в нерастворимые гидроксиды и придания воде свойств антиоксиданта.
4. Удаление гидроксидов тяжелых металлов во флотационном реакторе.

Вариант процесса очистки воды в установке ИЗУМРУД



Бытовые установки ИЗУМРУД превращают обычную питьевую воду в физиологически функциональный продукт, одновременно обеспечивая ее соответствие гигиеническим нормативам качества

Возможны различные способы подключения установок ИЗУМРУД в зависимости от желания и особенностей места их предполагаемой эксплуатации.

Заказы на покупку и индивидуальный монтаж по месту: ООО ДЕЛФИН АКВА, г. Москва, www.delfin-aqua.com



Антиоксидантные свойства воды, очищенной в установках ИЗУМРУД, превосходят по эффективности все известные препараты-антиоксиданты (например, микрогидрин) при полной безопасности для человека

На основании проведенных многомесячных экспериментов по изучению действия питьевой воды, очищенной в установках “Изумруд” и обладающей окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП), смещенным в сторону отрицательных (антиоксидантных - противоокислительных) значений **при сохранении исходных значений pH**, можно констатировать, что антиоксидантная вода при действии на теплокровный организм обладает выраженными адаптогенными свойствами, оказывает благоприятное действие на течение интоксикаций сильными окислителями, улучшает биохимические показатели перекисного гомеостаза. Учитывая весь комплекс данных о влиянии антиоксидантной питьевой воды, полученной из установок “Изумруд” на теплокровный организм, можно рекомендовать применение указанных установок для лечебно-профилактических целей, в частности лицам, занятым тяжелым физическим и умственным трудом, лицам с ослабленным иммунитетом, беременным женщинам.

Профессор кафедры коммунальной гигиены, д.м.н.

Торопков В.В.

**Водород -
это
топливо
жизни.**
*А. Сент-Джорджи,
лауреат
Нобелевской
премии,
открывший
витамин С*

**МИКРОГИДРИН –
СВЕРХМОЩНЫЙ
ЗАРЯД**

для вашей пищи
и пищевых добавок



Установки ИЗУМРУД коллективного пользования

Установки коллективного и индивидуального пользования ИЗУМРУД являются средством улучшения качества питьевой воды непосредственно на месте потребления (в школах, детских садах, офисах) и представляют собой стационарные устройства, подключаемые к водопроводной сети и осуществляющие многостадийную обработку исходной питьевой воды электрохимическими, электрофизическими и каталитическими воздействиями с целью:

- устранения риска случайного заражения воды микроорганизмами,
- оптимизации окислительно-восстановительных свойств воды,
- улучшения органолептических качеств воды и повышения ее биологической ценности.

Вода, очищенная в установках ИЗУМРУД обладает антиоксидантными свойствами, подавляющими действие токсических свободных радикалов в организме, улучшающих иммунный статус организма, стимулирующих тканевое дыхание, усиливающее действие ряда витаминов и химических антиоксидантов в организме. Регулярное употребление такой антиоксидантной воды способствует общему укреплению организма, повышению его устойчивости к инфекционным заболеваниям и действию токсических окислителей. В этом отношении вода, очищенная в установках ИЗУМРУД превосходит биологически полезные свойства лучших образцов природных пресных вод.

Свойства воды, очищенной в установках ИЗУМРУД проверены в лабораториях Москвы, Санкт-Петербурга, Ижевска, Самары, Сергиева-Посада и в других научных центрах, в том числе за пределами СНГ (США, Литва, Латвия, Казахстан, Узбекистан, Мексика, Чехия). Результаты испытаний положительные и подтверждаются соответствующими отчетами и сертификатами.

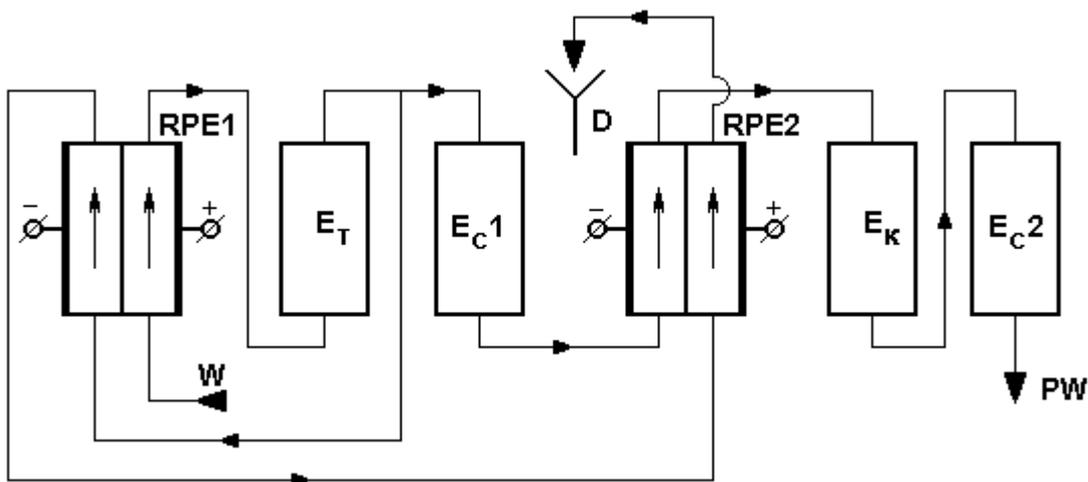
Установка ИЗУМРУД – ФОНТАНЧИК, 2003

Предназначена для установки в местах коллективного пользования.

Производительность 40 литров в час, потребляемая электрическая мощность – 100 Вт.

Нажатие кнопки приводит к открытию электромагнитного клапана подачи воды, затем включается источник питания.

Промывка осуществляется периодическим вводом раствора кислоты в штуцер выхода очищенной воды





Установка ИЗУМРУД для очистки и кондиционирования воды коллективного пользования (для офисов, баров, ресторанов, кафе), 2003.

Очищенная вода обладает свойствами антиоксиданта, способствует повышению статуса иммунной системы. Лед, полученный из очищенной в установке ИЗУМРУД воды придает новый приятный и мягкий вкус напиткам.

Установка ИЗУМРУД может быть установлена под раковиной и включаться при нажатии кнопки на миниатюрном дополнительном кране, смонтированном на раковине рядом с основными кранами. Также она может быть установлена над раковиной и включаться посредством нажатия кнопки на передней панели. В этом случае очищенная вода поступает из гибкого шланга, отмеченного белым ободком. Это удобно при наполнении очищенной водой сосудов различной формы и размеров.



Внутреннее устройство установки ИЗУМРУД

Установки ИЗУМРУД производительностью 250, 500 и 1000 литров в час для предприятий пищевой промышленности, 1999.

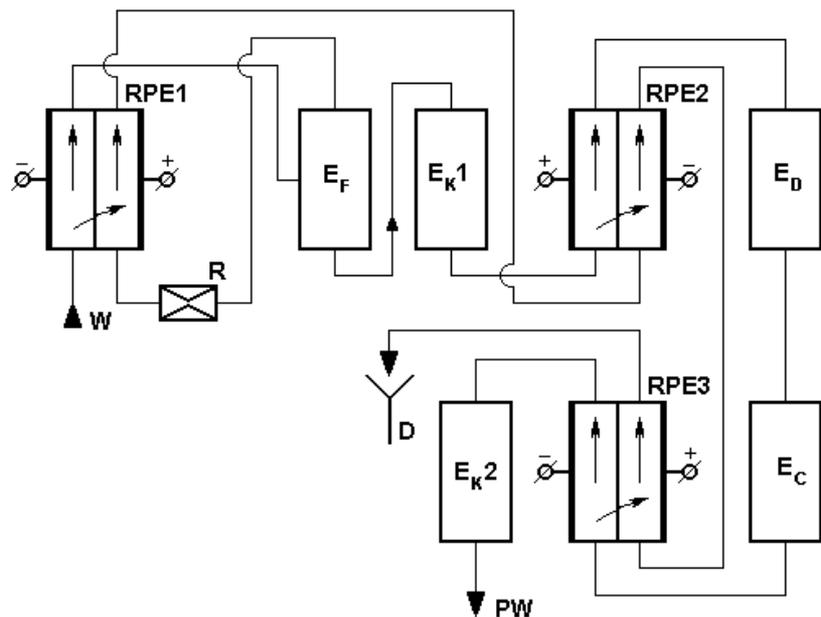
Сочетание фильтрационных и флотационных методов очистки воды с несколькими стадиями униполярной электрохимической обработки позволяют не только эффективно очистить воду от ионов тяжелых металлов, железа, органических примесей, микроорганизмов всех видов и форм, но также превратить ее в физиологически функциональный продукт за счет оптимизации структурно-энергетических параметров и окислительно-восстановительных свойств.



Установка ИЗУМРУД, технологический процесс очистки воды АЛМАЗ, 2004

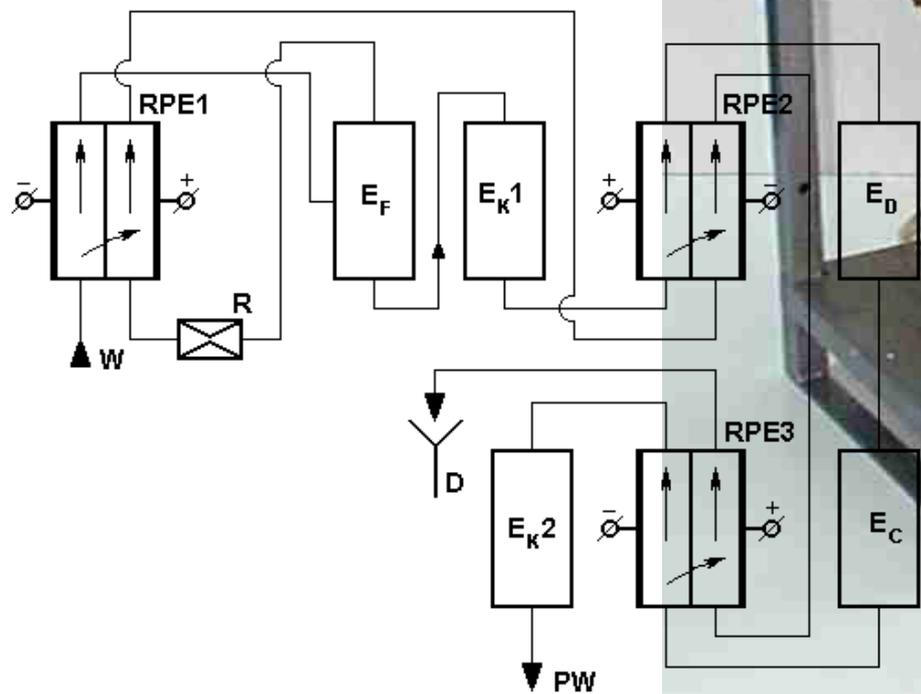
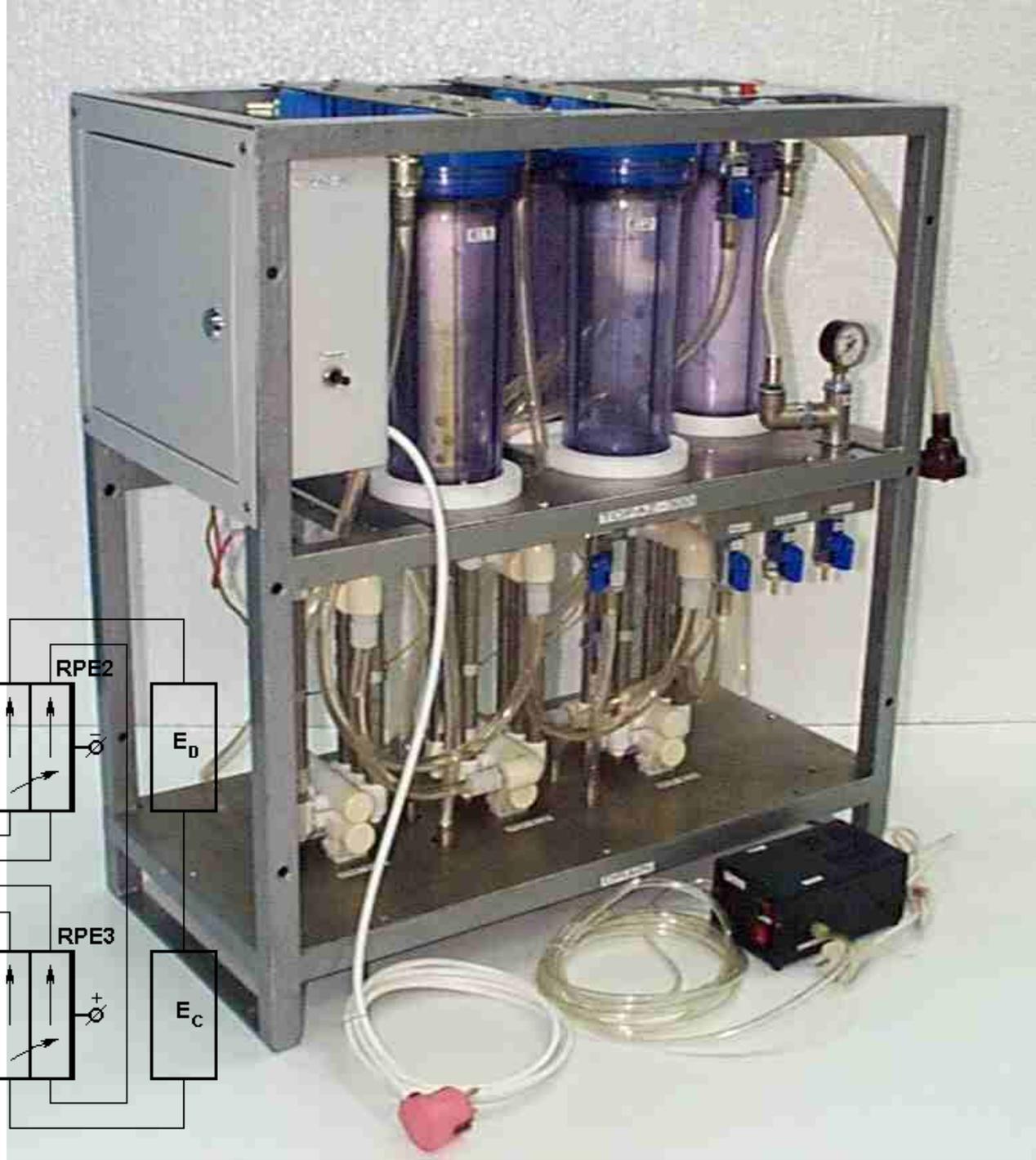
Предназначена для
использования в офисах,
гостиницах, пунктах
общественного питания

Производительность 40 – 60
литров в час, потребляемая
электрическая мощность 60 Вт



Установка ИЗУМРУД для очистки воды в загородных коттеджах Модель 2000 года

Производительность 500
литров в час,
потребляемая
электрическая мощность
900 Вт.



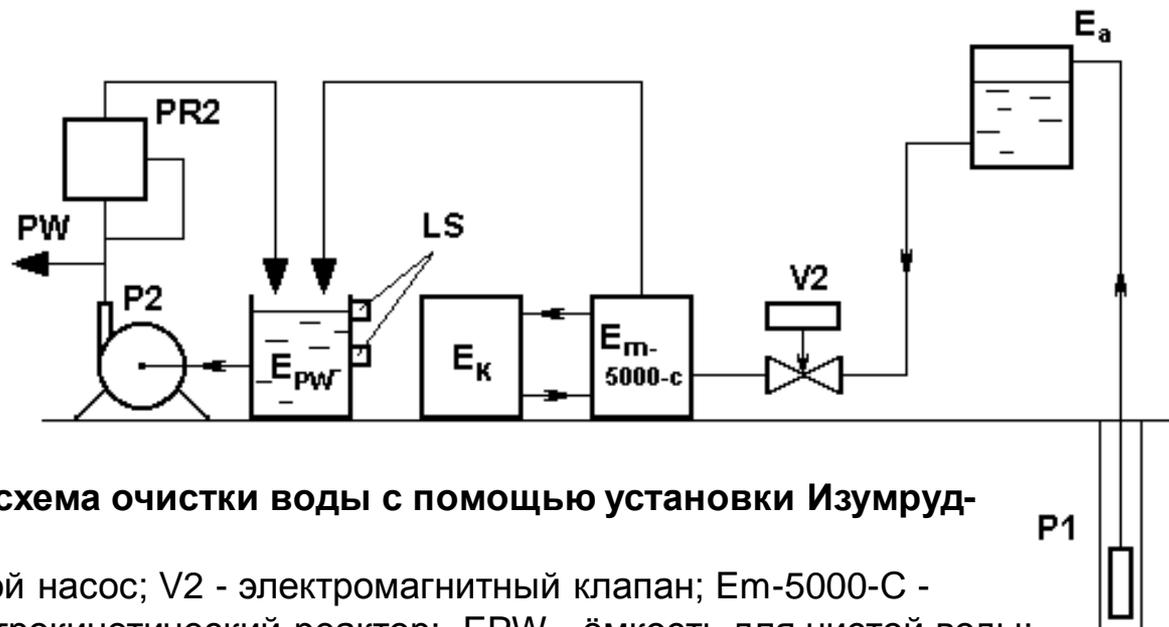
Установка для очистки питьевой воды ИЗУМРУД

производительностью
5000 л/ч, 2001

Установка
предназначена для
снабжения небольшого
поселка Самофаловка
очищенной водой.
Исходная вода
поступает из скважины.



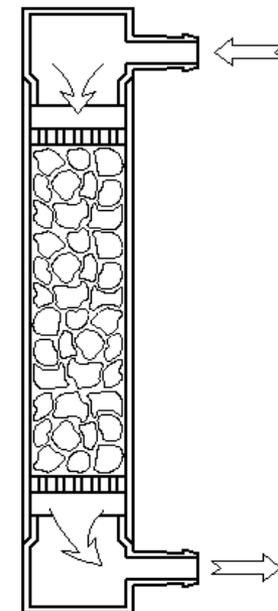
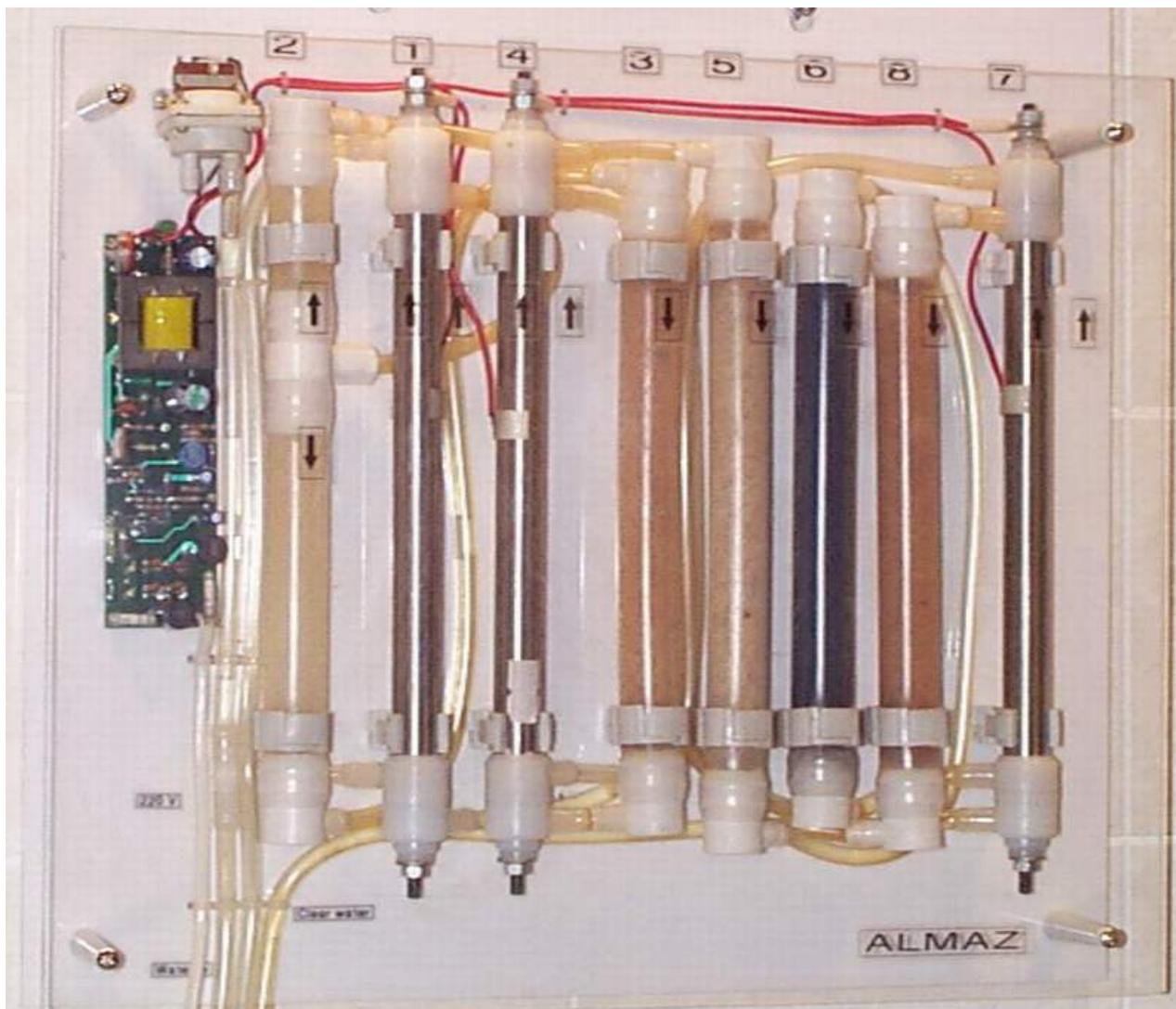
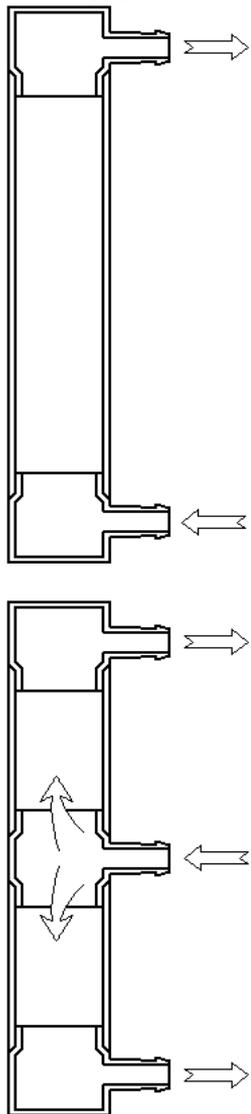
В установке
использованы пять
электрохимических
реакторов
производительностью по
1000 литров в час.

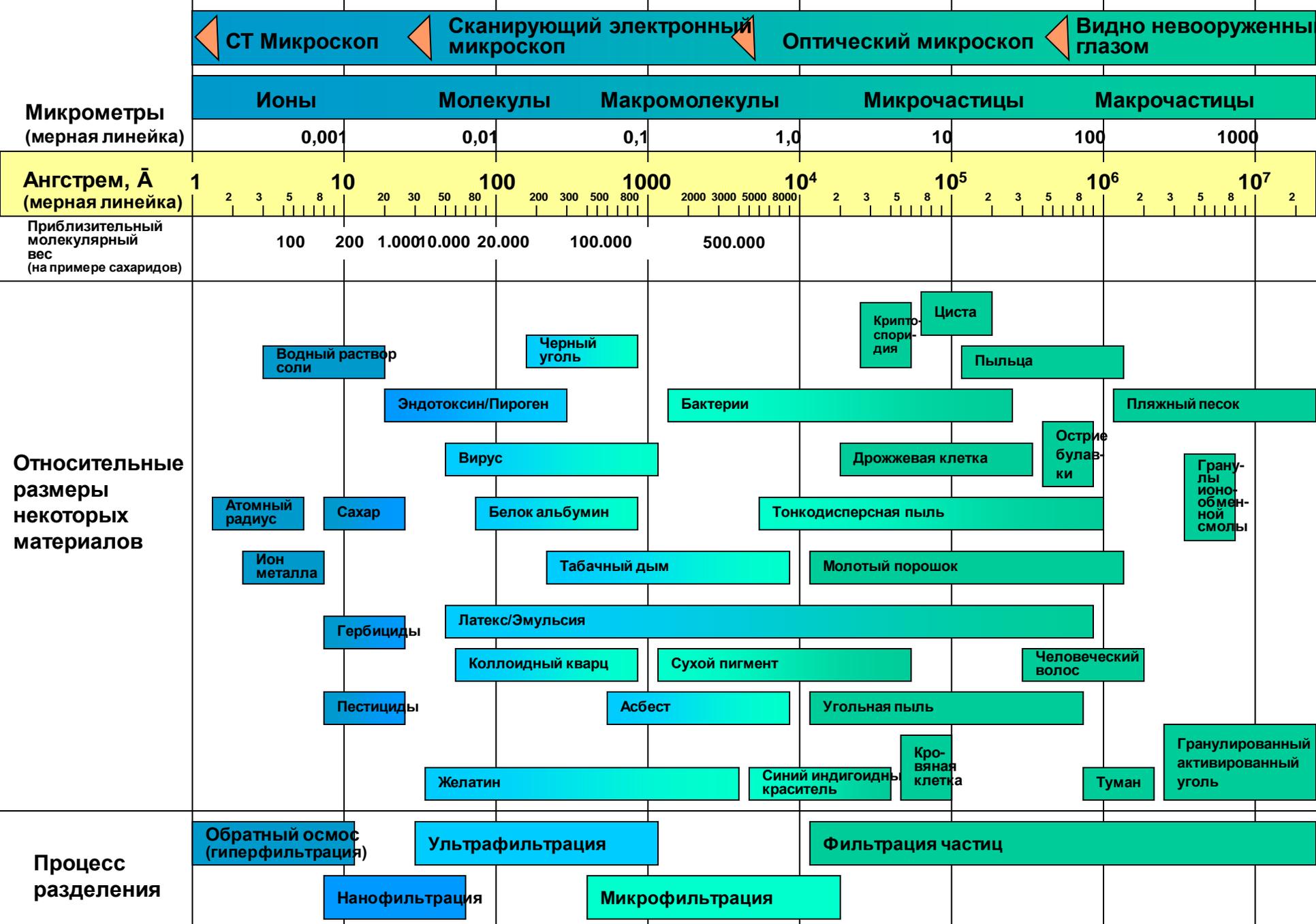


Принципиальная гидравлическая схема очистки воды с помощью установки Изумруд-5000-с.

Условные обозначения: P1 - погружной насос; V2 - электромагнитный клапан; Em-5000-C - установка Изумруд-5000-с; E_K - электрокинетический реактор; E_{PW} - ёмкость для чистой воды; PR2 - регулятор давления; P2 - центробежный насос; LS - датчик уровня; PW - очищенная вода; E_a - накопительная ёмкость для неочищенной воды

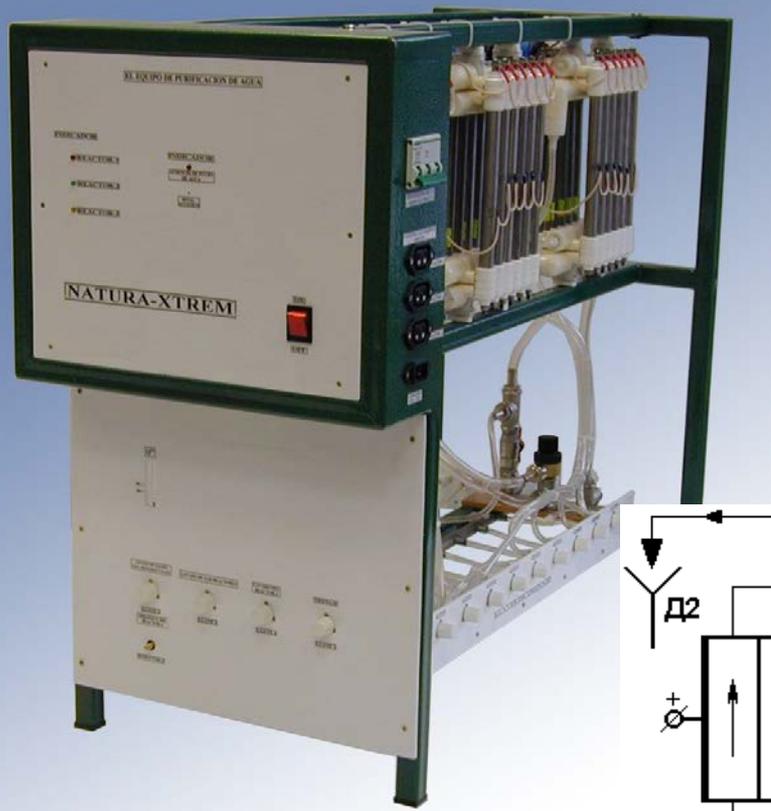
Кроме электрохимических реакторов, которые являются основными элементами установок для очистки воды ИЗУМРУД, используются вспомогательные элементы: реактор смешивания (вверху слева), флотационный реактор (внизу слева), реактор каталитический, реактор для деструктивной микропузырьковой очистки (справа)





Заметки: 1 микрон (1X10⁻⁶ метра)

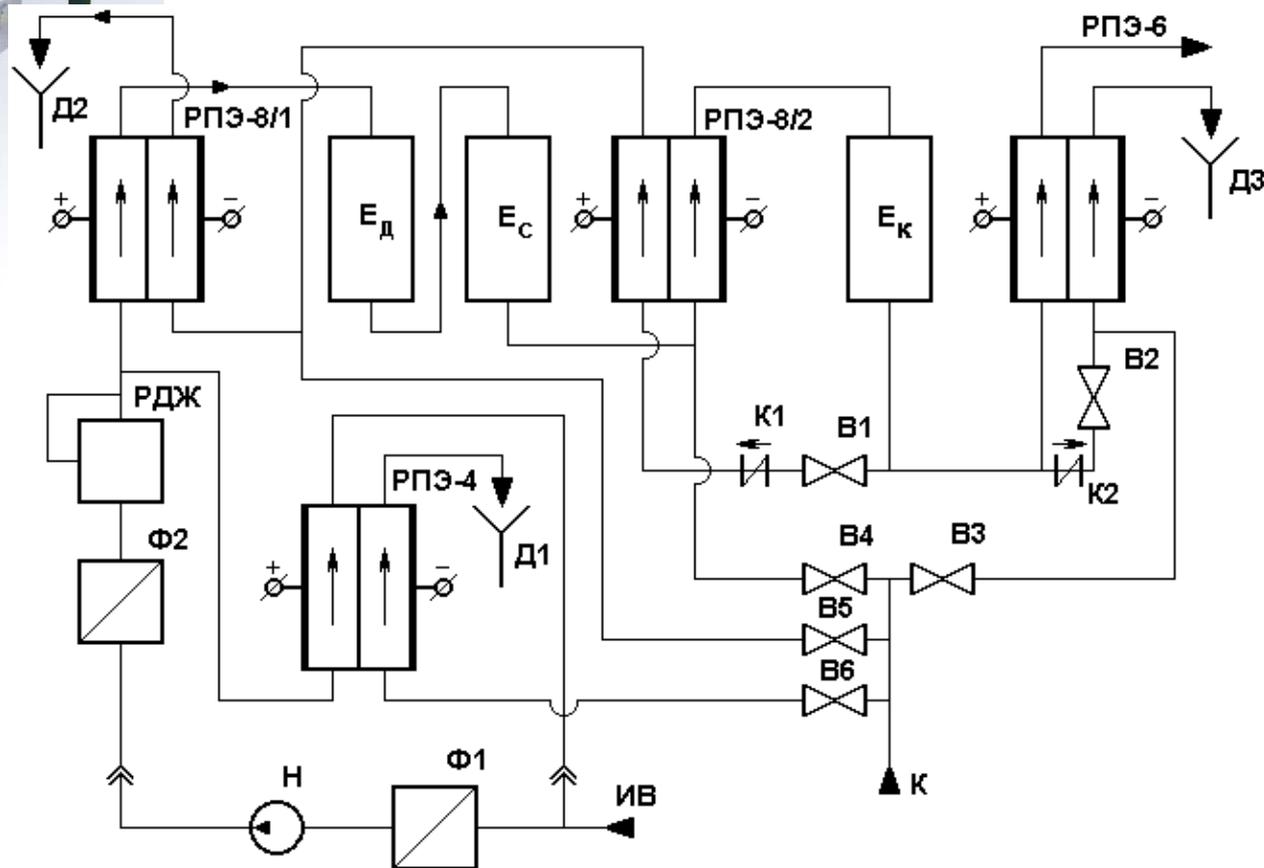
1 ангстрем = 10⁻¹⁰ метра = 10⁻⁴ микрометра (микрона)



**Установка ИЗУМРУД (Natura-Extrem) для
очистки воды с большим количеством
взвешенных частиц
производительностью 300 литров в час**

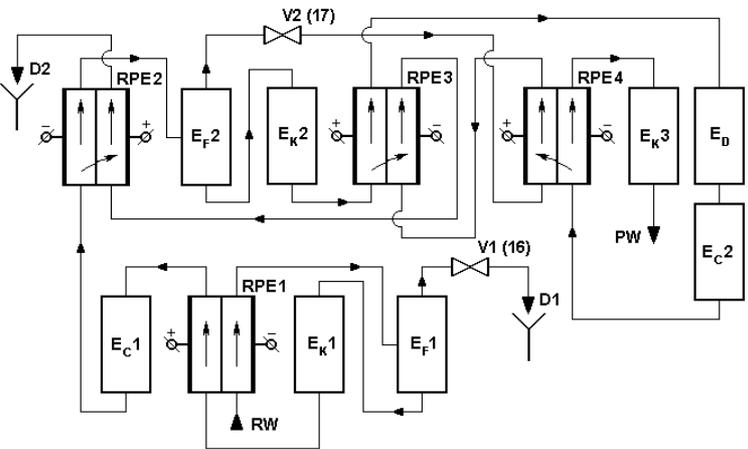
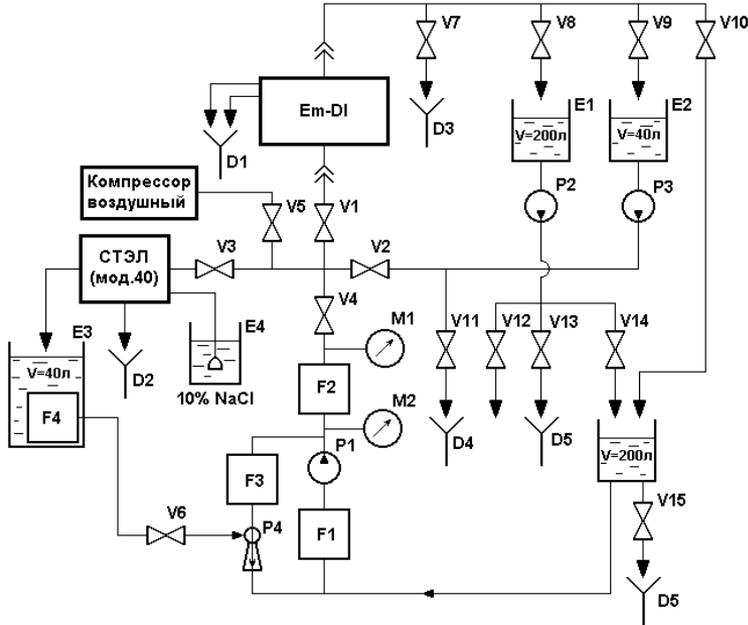
**Предназначена для использования в
районах стихийных бедствий и при
других экстремальных ситуациях**

В поток воды,
поступающей на фильтры
Ф1 и Ф2, подается вода,
содержащая оксиданты,
что препятствует
образованию биопленки
на фильтрующих
элементах



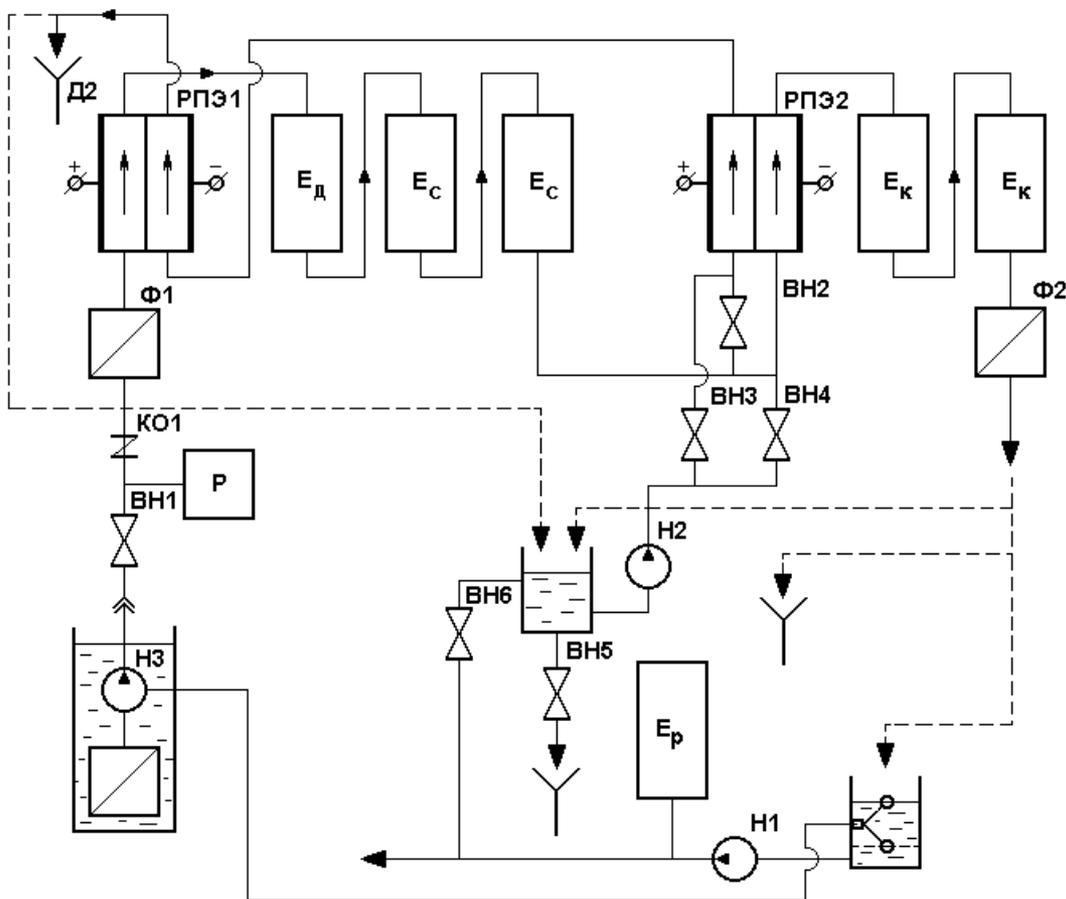
Установка ИЗУМРУД для использования в составе мобильного комплекса в районах чрезвычайных ситуаций

Производительность – 300 литров в час, мощность источников тока – 800 Вт.



Установка ИЗУМРУД (технологический процесс АЛМАЗ) для очистки воды из скважины с повышенным бактериальным обсеменением, высокой мутностью, с большим содержанием ионов тяжелых металлов

Производительность – 300 литров в час, мощность источника питания – 1000 Вт.



рН и ОВП питьевой воды в зависимости от концентрации соляной кислоты или гидроксида натрия

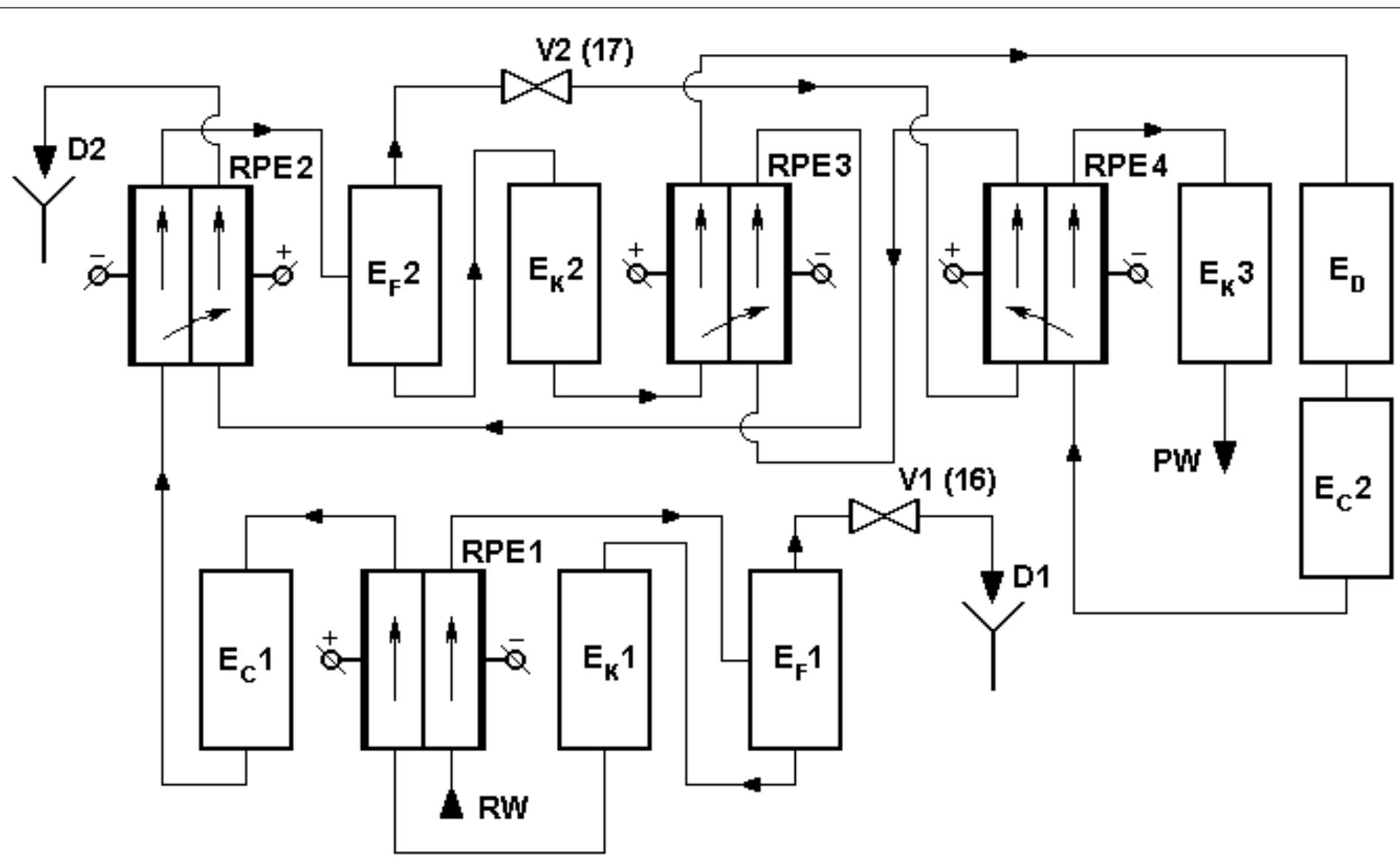
Концентрация HCl, г/л	рН	ОВП, мВ (ХСЭ)	Концентрация NaOH, г/л	рН	ОВП, мВ (ХСЭ)
0	7	+ 350	0	7	+ 350
0,000036	6	+ 410	0,00004	8	+ 290
0,00036	5	+ 470	0,0004	9	+ 230
0,0036	4	+ 530	0,004	10	+ 170
0,036	3	+ 590	0,04	11	+ 110
0,36	2	+ 650	0,4	12	+ 60

Установка ИЗУМРУД для очистки и обеззараживания поверхностных и подземных пресных вод производитель- ностью 500 литров в час.

Установка была разработана в 2008 году для обеспечения загородных коттеджей высококачественной питьевой водой. В процессе совершенствования в 2011 году была заменена установкой ИЗУМРУД-РЕДОКС, обеспечивающей производительность по очищенной воде от 200 до 2000 литров час и более при несравненно менее трудоемком техническом обслуживании.



Принципиальная гидравлическая схема установки ИЗУМРУД-500



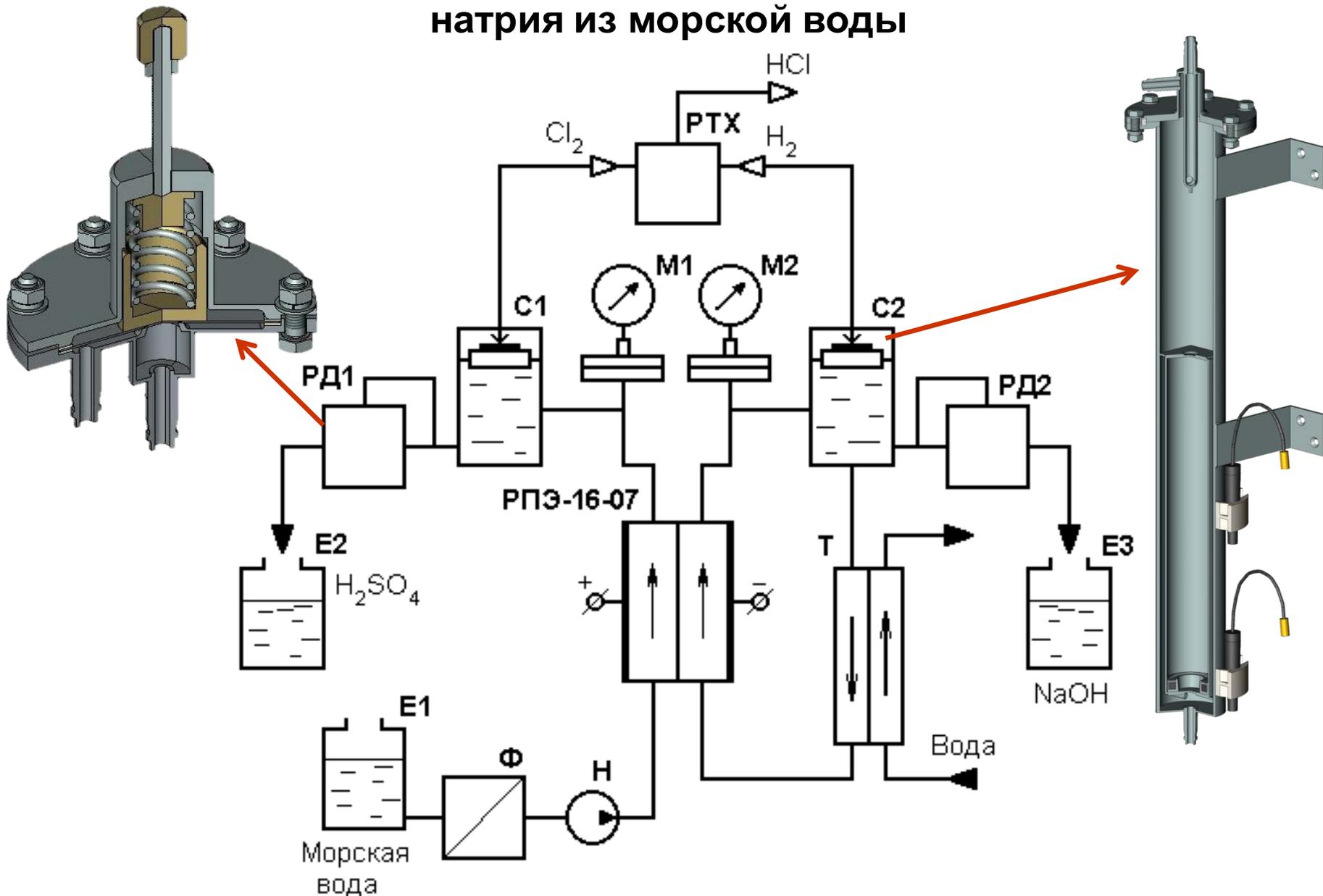
Установка ИЗУМРУД- РЕДОКС в исполнении для офисов и других мест коллектив- ного использо- вания.

Внутри колонки
размещен
электрохимический
блок очистки с
двумя проточными
электрохимическим
и элементами типа
МБ-11.

Техническое
обслуживание
состоит либо в
замене блока на
очищенный
авторизованной
компанией, либо в
очистке его на
месте в течение 10
минут.



Принципиальная схема промышленной установки для получения хлористого водорода, серной кислоты и раствора гидроксида натрия из морской воды

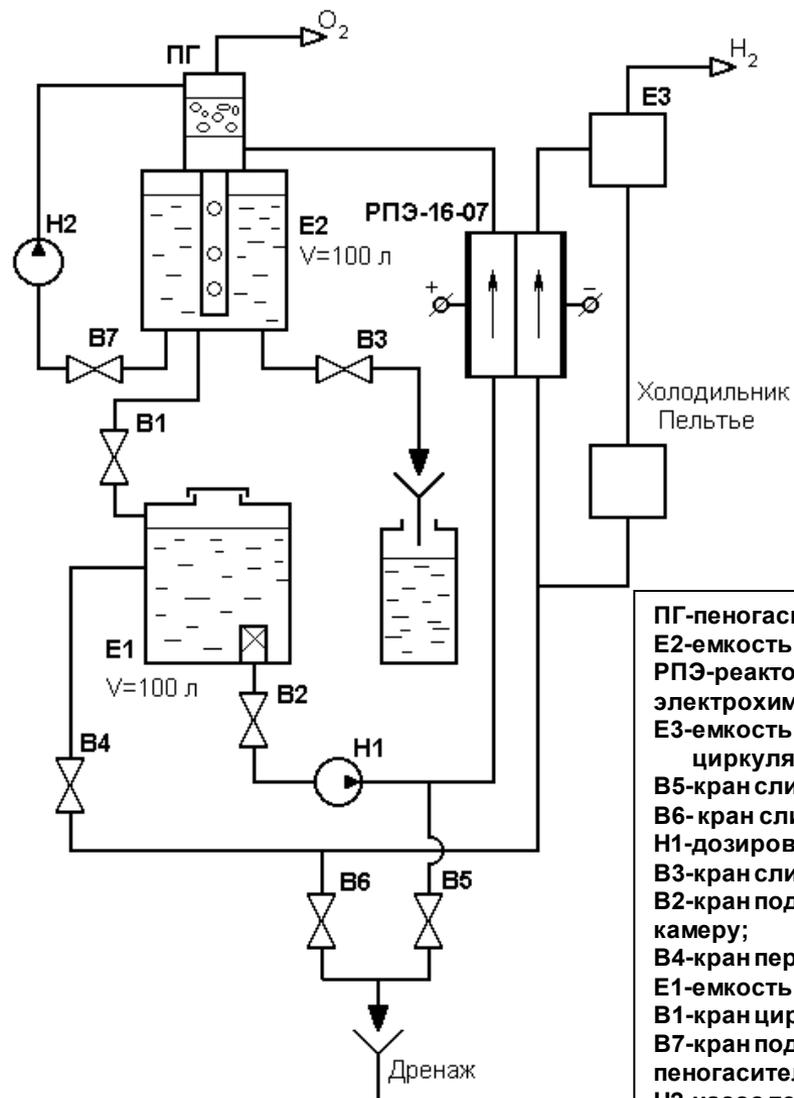


Эффективное осахаривание свежеполученным хлористым водородом

Остатки соломы после
гидролиза – на корм скоту,
раствор глюкозы – на
производство этанола



Установка Окситрон-С-07-01 предназначена для электрохимического анодного окисления органических соединений в растворе концентрацией не ниже 1%.



ПГ-пеногаситель;
 Е2-емкость для продукта окисления;
 РПЭ-реактор проточный электрохимический;
 Е3-емкость для католита катодного циркуляционного контура;
 В5-кран слива анолита;
 В6- кран слива католита;
 Н1-дозировочный насос;
 В3-кран слива продуктов окисления;
 В2-кран подачи раствора в анодную камеру;
 В4-кран перепуска католита;
 Е1-емкость для исходного раствора;
 В1-кран циркуляции анолита;
 В7-кран подачи раствора на пеногаситель;
 Н2-насос пеногасителя





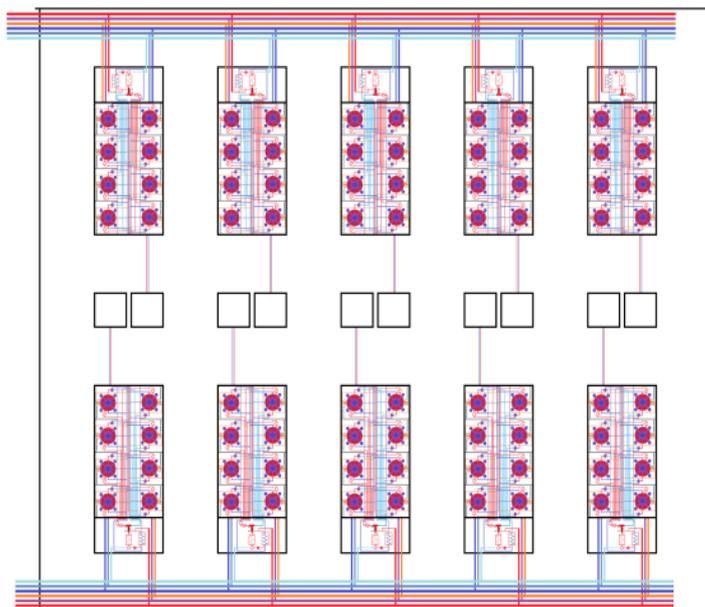
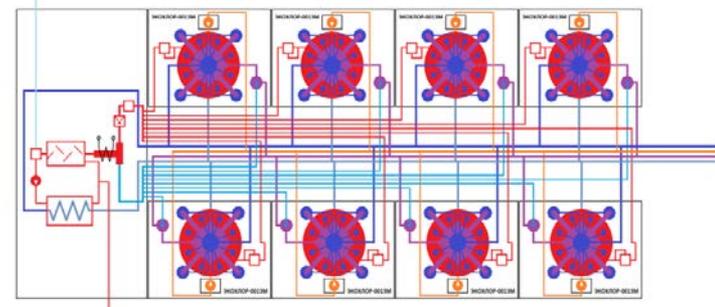
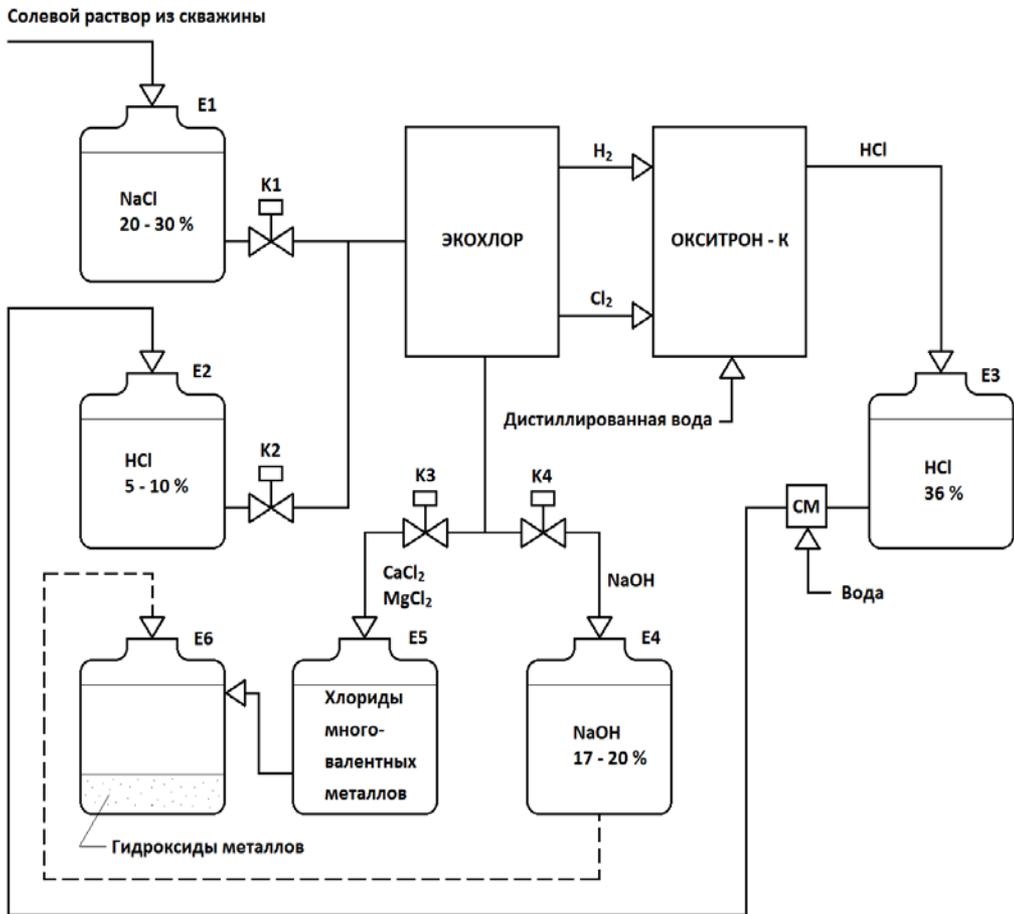
Установки АКВАХЛОР и ЭКОХЛОР производительностью по хлору 1 и 2 кг/ч.

Такие установки позволяют удовлетворить безопасным и эффективным способом любые производственные потребности в хлоре. Благодаря модульной конструкции, участок производства хлора (и каустической соды) производительностью 100 кг хлора в час (2,4 тонны в сутки) занимает площадь не более 250 м²

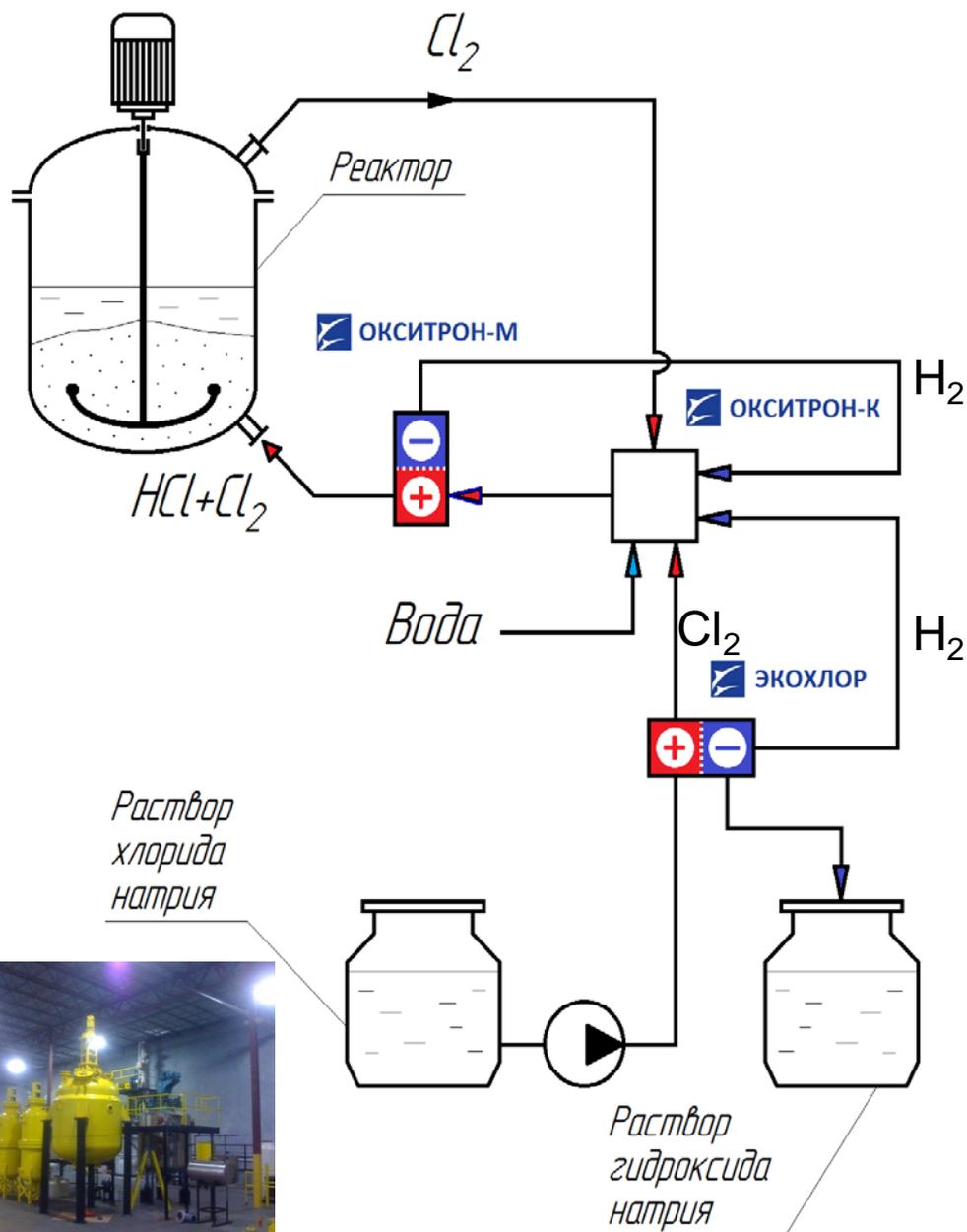


Технология производства соляной кислоты и раствора гидроксида натрия из раствора поваренной соли с помощью комплекса установок ЭКОХЛОР и ОКСИТРОН-К

Производительность комплекса по 36 %-ной соляной кислоте – 180 тонн в месяц. Указанную производительность обеспечивают десять модульных установок ЭКОХЛОР-10 000, каждый из которых состоит из восьми модулей ЭКОХЛОР-1500. Площадь, занимаемая оборудованием – 200 кв. м. Потребляемая электрическая мощность 250 кВт.

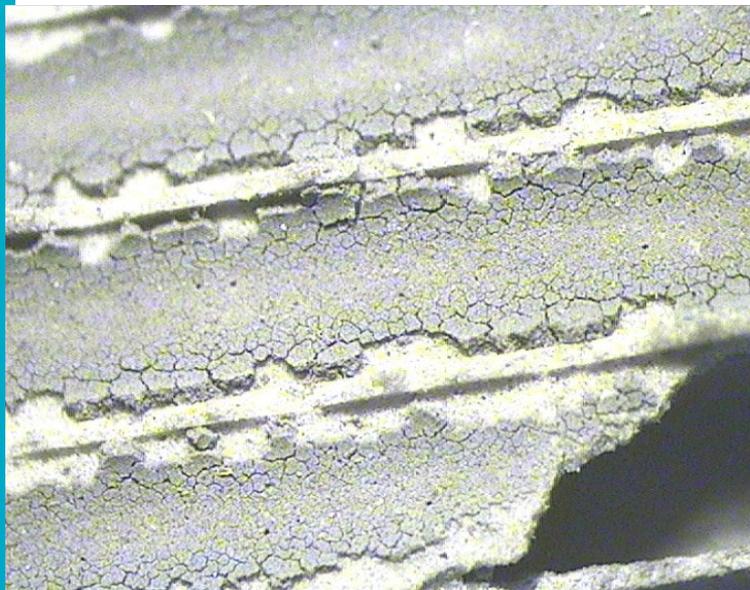
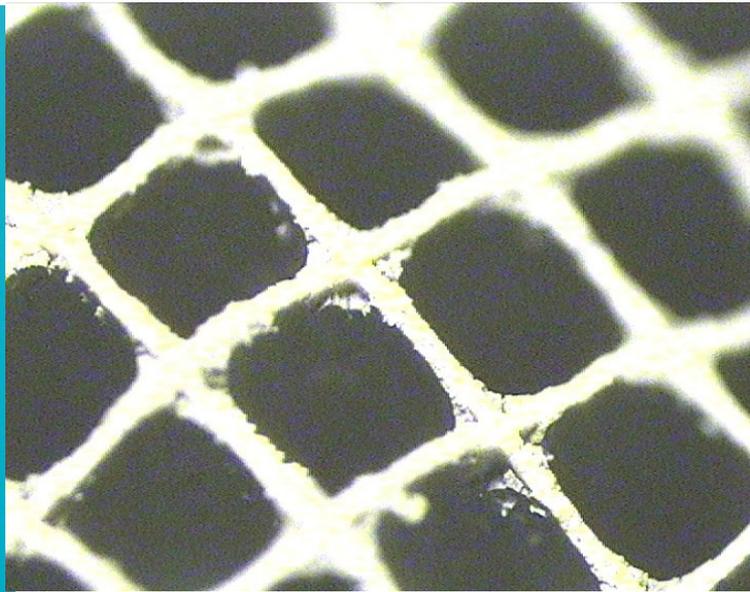
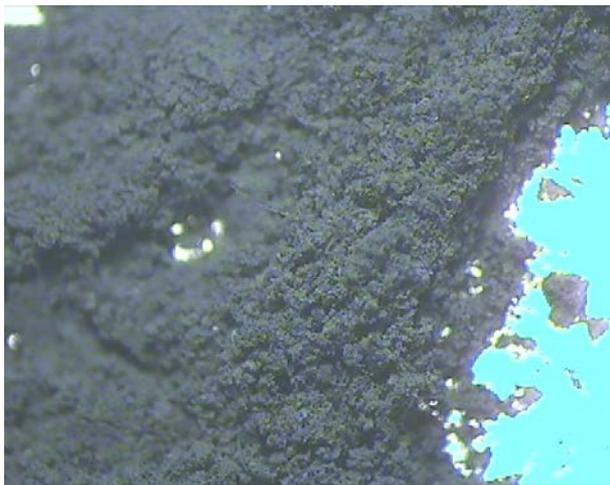


Извлечение цветных, благородных и редких металлов из руды, шлаков и отвалов электрогидрохлорированием в замкнутом цикле.

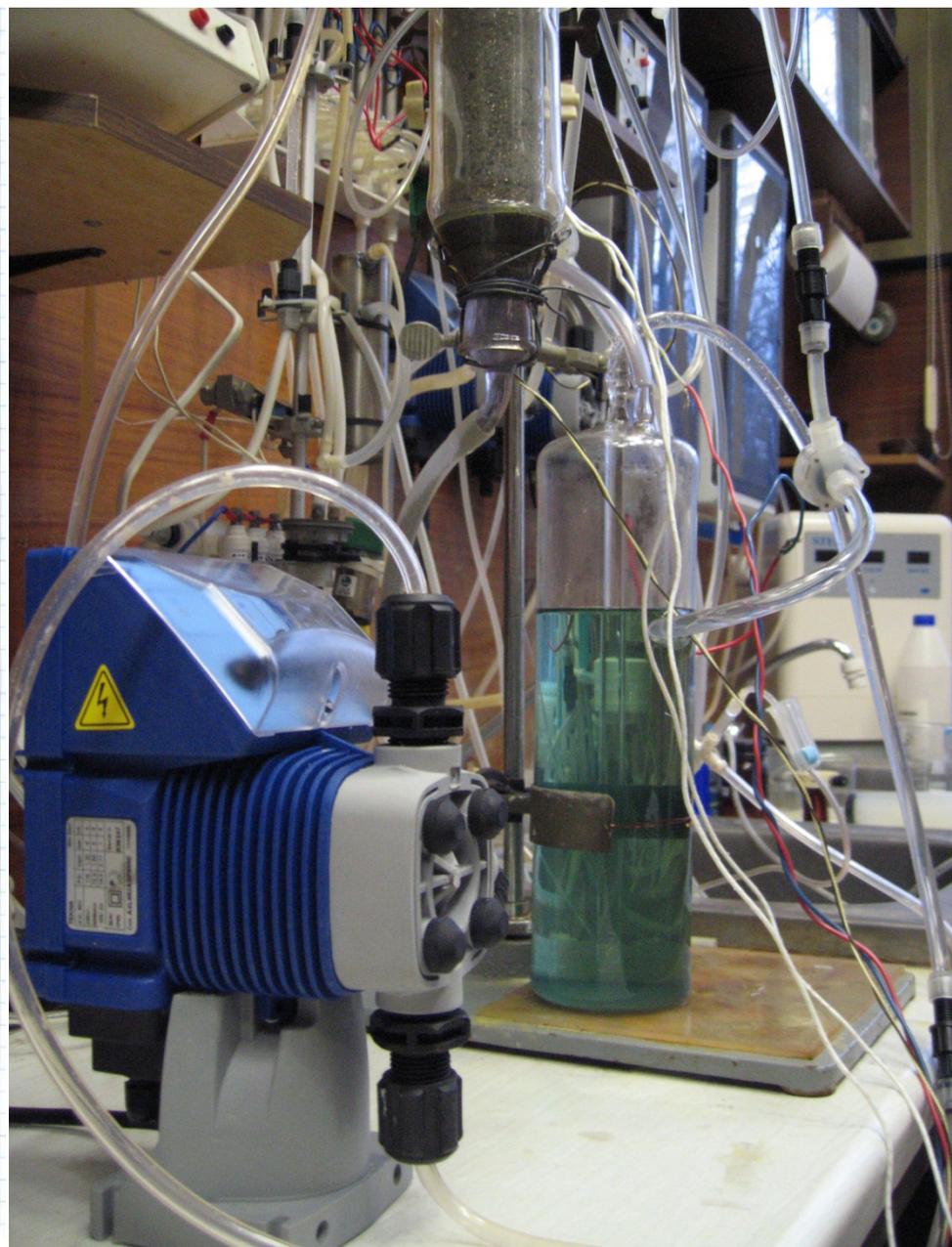
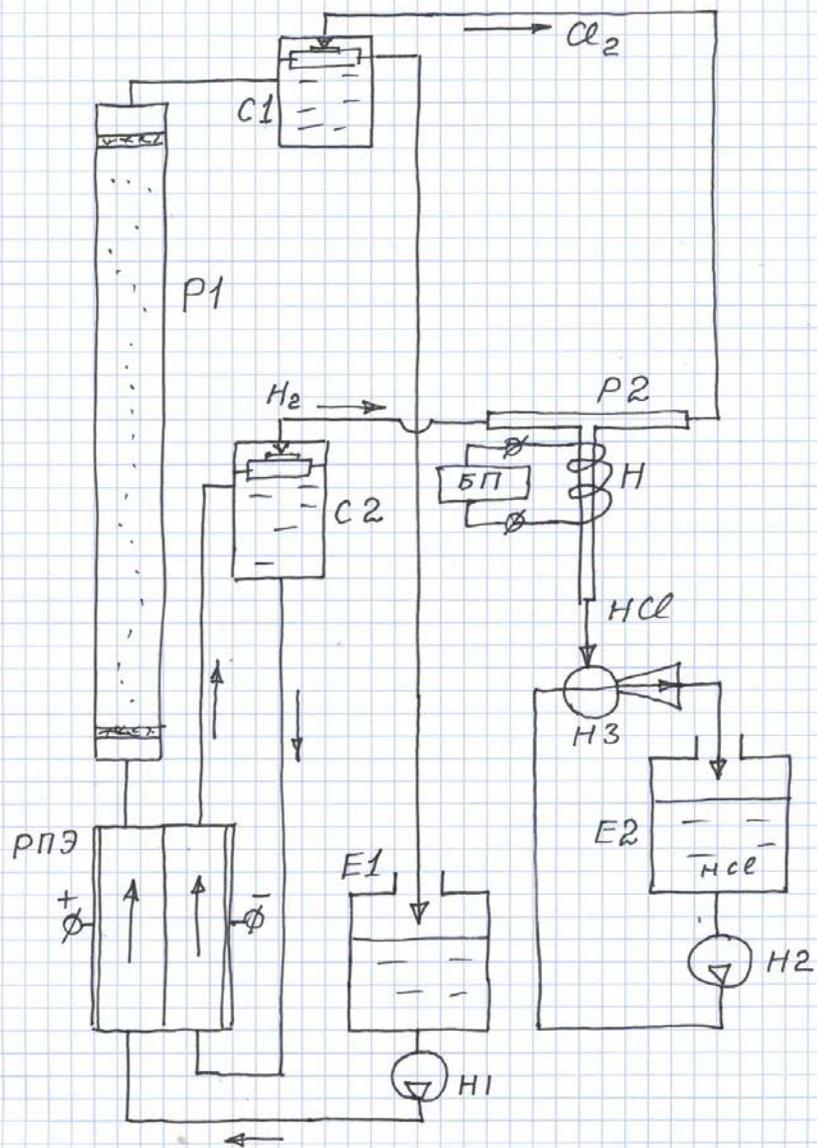


Совместное применение модульных установок ЭКОХЛОР для производства газообразного хлора, водорода и раствора каустической соды из раствора хлорида натрия, установок ОКСИТРОН-К для синтеза соляной кислоты из влажных хлора и водорода, а также установок ОКСИТРОН-М для синтеза электрохимически активированного раствора соляной кислоты, насыщенной хлором, позволяет создать экологически чистую технологию выщелачивания различных металлов из руды, шлаков, отвалов горно-обогатительных и горно-химических предприятий. Выбросы хлора в атмосферу исключены полностью. Производительность системы установок ЭКОХЛОР – ОКСИТРОН-К- ОКСИТРОН-М по хлору составляет от 10 до 10 000 кг/ч.

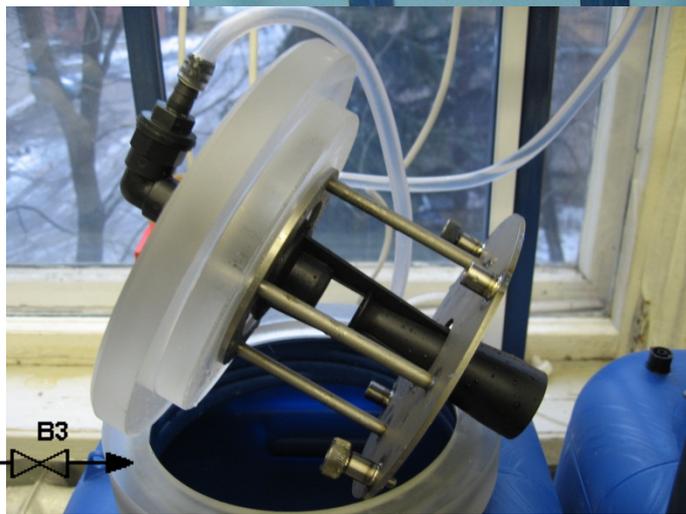
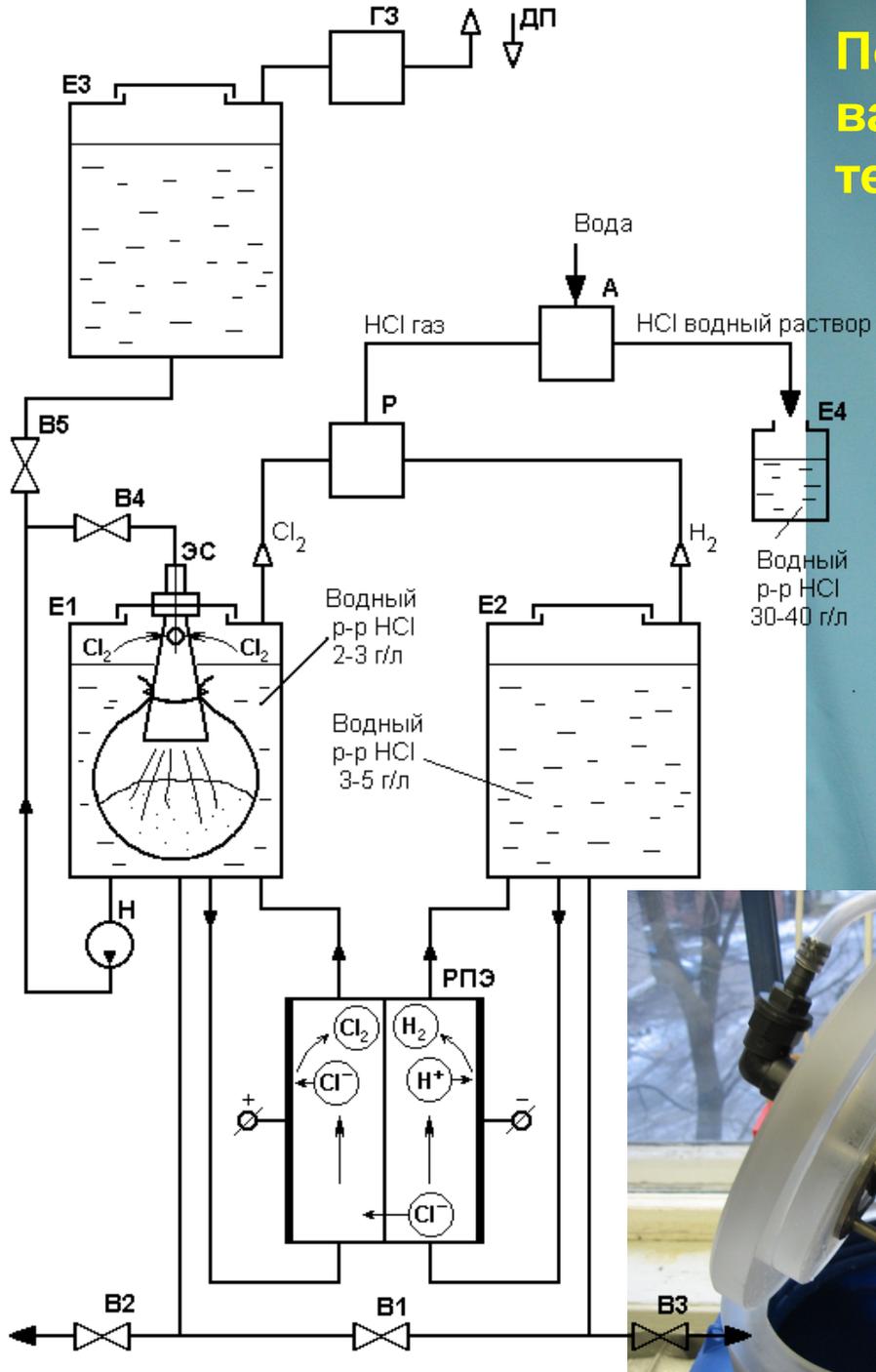
Совершенствование технологий извлечения драгоценных металлов (платины, родия, палладия) из отработанных керамических катализаторов дожигания выхлопных газов автомобилей является актуальной задачей

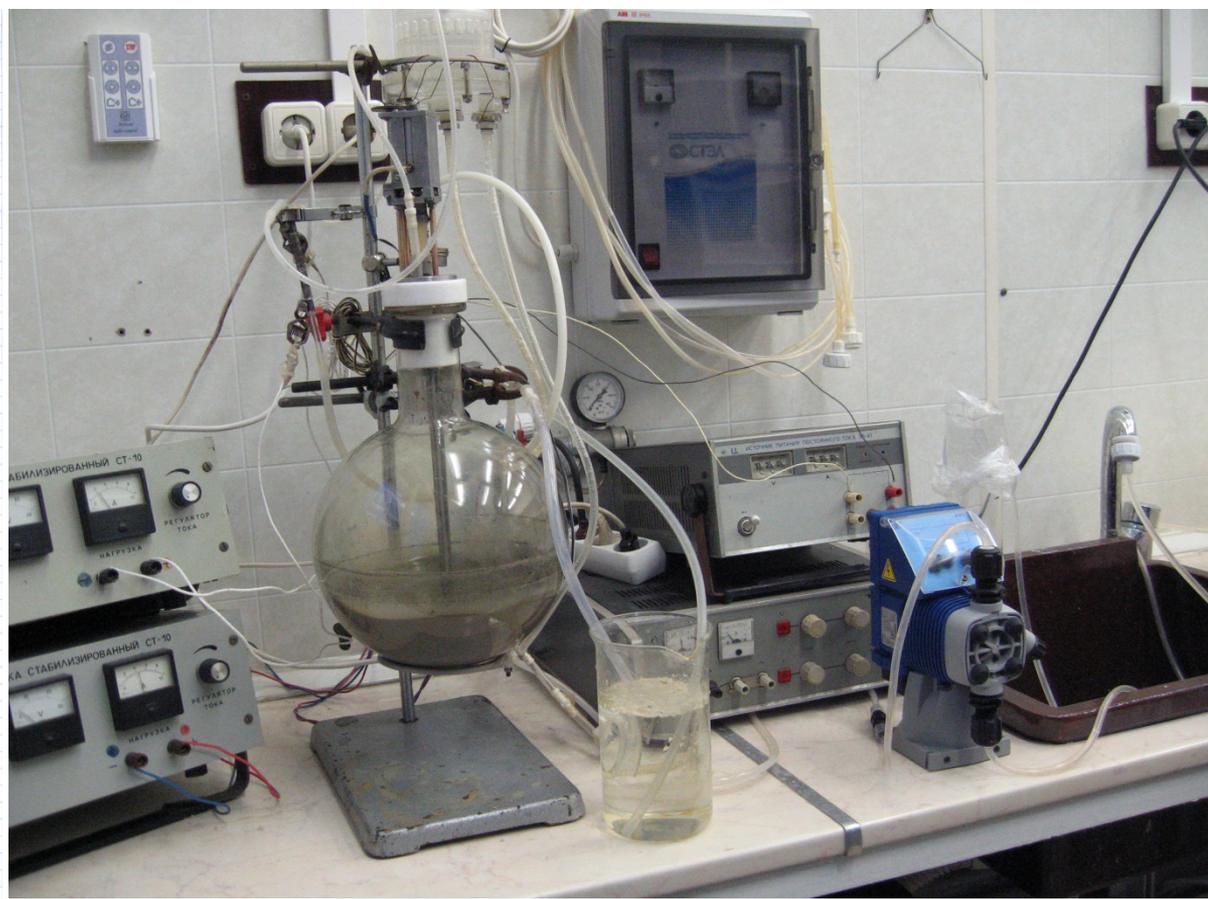
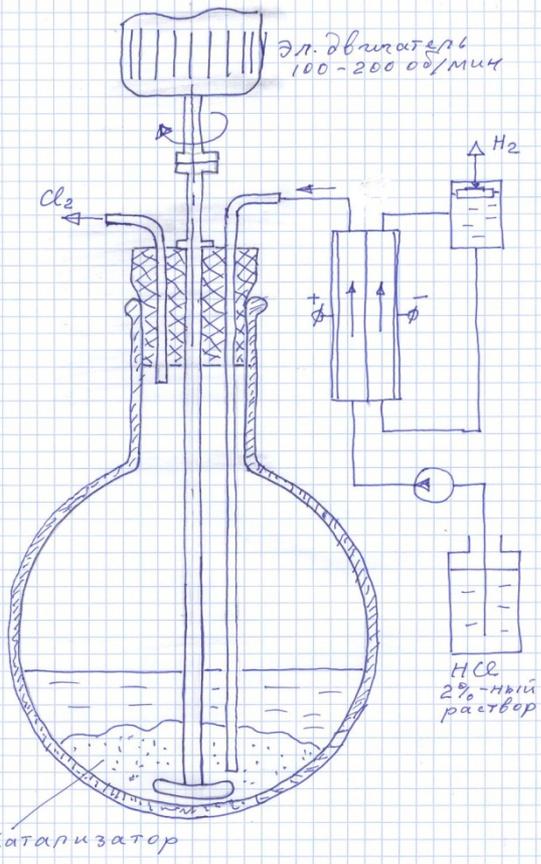


Начальные эксперименты подтвердили эффективность идеи извлечения металлов электрохимически активированной кислотой



Поиски оптимального варианта реализации технологии





Промышленная химическая установка для извлечения платины, родия и палладия из отработанных автомобильных катализаторов мощностью 1 кг платины в день. США, Майями



Установка
АКВАХЛОР-500