

## УСТАНОВКА АКВАХЛОР: ОПТИМАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ



**В.М. Бахир**

Институт Электрохимических Систем и Технологий

*В отличие от всех известных в мире электрохимических систем установка АКВАХЛОР — это микромодульный хлоркаустиковый завод, который по всем удельным технико-экономическим параметрам превосходит промышленные системы для получения хлора (рис. 1).*

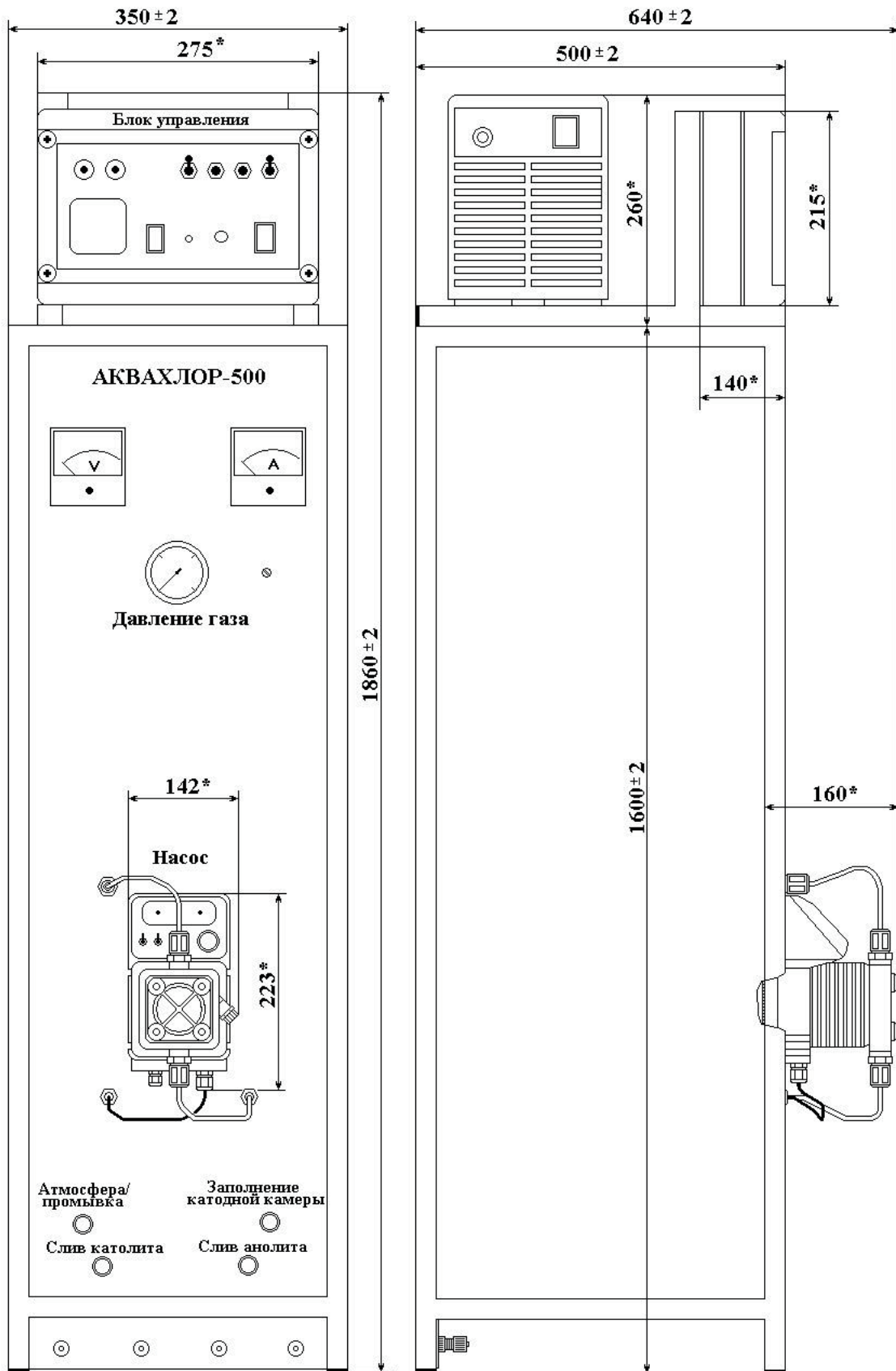


### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Установка «Аквахлор» безопасна для людей и окружающей среды, поскольку весь вырабатываемый в ней газообразный хлор с небольшим количеством диоксида хлора, озона и гидропероксидных радикалов (газообразная смесь оксидантов) поступает в смеситель встроенного в установку хлоратора и немедленно растворяется в протекающей воде, которая таким образом превращается в раствор оксидантов такой же концентрации по растворенному хлору, как и хлорная вода, образующаяся в типовых хлораторах при растворении молекулярного хлора в воде. Далее этот раствор оксидантов смешивается с основным потоком обрабатываемой воды по существующим технологическим схемам хлорирования, с использованием тех же гидравлических линий, в соотношении, позволяющем получить в обеззараженной воде концентрацию оксидантов, соответствующую требованиям действующих санитарных норм и правил.

Исследования, выполненные в последние годы рядом авторитетных научных организаций России, Украины, Германии, США показали, что в отличие от обычной хлорной воды раствор оксидантов, произведенный установкой «Аквахлор», является более сильным дезинфицирующим агентом (уничтожает вирусы, споры, биопленки), а также обладает способностью предотвращать образование побочных продуктов хлорирования. Это обусловлено тем, что в растворе находится смесь оксидантов (хлор, хлорноватистая кислота, диоксид хлора, озон, гидропероксидные соединения), а не одно какое-либо моно вещество, как в известных традиционных химических технологиях обеззараживания.

Смесь свежеполученных разнородных оксидантов в растворе обладает синергизмом действия в процессах окислительной деструкции органических соединений. Подобные процессы одновременного образования разнородной смеси оксидантов имеют место во всех живых теплокровных организмах в процессе фагоцитоза, когда под влиянием электрического поля, создаваемого в структуре фагоцита, происходит электрохимический синтез хлорноватистой кислоты, перекиси водорода, озона, синглетного



\* - Размеры для справок

Рис. 1  
Общий вид установки АКВАХЛОР-500



Рис. 2  
Принципиальная схема технологического процесса работы установки АК-ВАХЛОР-500 производительностью 500 граммов оксидантов (в эквиваленте хлора) в час

кислорода из плазмы крови (раствор хлорида натрия с небольшим количеством органических и неорганических веществ) в микроскопически малом объеме, сравнимом с размерами чужеродного объекта (микроорганизм, фрагменты клетки и др.). Именно схожесть процессов обеспечивает безвредность смеси оксидантов для организма человека и животных и отсутствие способности микроорганизмов к адаптации по отношению к метастабильной смеси оксидантов.

Уникальные свойства раствора оксидантов, полученного в установках «Аквахлор» делают его незаменимым при обеззараживании питьевой воды, сточных вод и воды плавательных бассейнов.

## НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА В УСТАНОВКАХ «АКВАХЛОР»

Известны три технологических процесса получения хлора: электролиз ртутный, диафрагменный и мембранный. Известна также технология получения гипохлорита в бездиафрагменном электролизере.

Первые три технологических процесса используются в промышленности для получения хлора и гидроксида натрия (каустической соды) в больших количествах (десятки и сотни тысяч тонн в год). В качестве исходного сырья для этих процессов используют очень хорошо очищенный от ионов тяжелых металлов и органических соединений раствор хлорида натрия концентрацией около 300 г/л. Для получения одного килограмма хлора указанными тремя способами расходуется от 2,5 до 4,3 кВтч электроэнергии и около 1,8 кг хлорида натрия по сухому веществу в виде насыщенного водного

раствора. Коэффициент конверсии соли в этих процессах благодаря многократному упариванию, вымораживанию, регенерации и очистке циркулирующих растворов находится в пределах от 95 до 99 %.

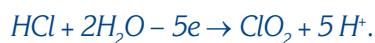
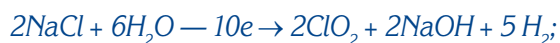
Гипохлоритные установки бездиафрагменного электролиза являются значительно менее эффективными, поскольку в процессе их работы происходит непрерывная нейтрализация анодных и катодных высокоактивных продуктов электролиза, а накапливающийся в растворе целевой продукт (гипохлорит натрия) превращается за счет анодного окисления в хлорат. Типичными показателями работы гипохлоритных установок при получении одного килограмма гипохлорита натрия являются следующие: затраты электроэнергии — в пределах от 5 до 15 кВтч, затраты соли — от 4 до 15 кг.

В установках «Аквахлор» реализован принципиально новый технологический процесс — ионселективный электролиз с диафрагмой (рис. 2), обеспечивающий полное разделение исходного солевого раствора с концентрацией от 180 до 250 г/л в модульных электрохимических реакторах за один цикл обработки (без возврата на регенерацию анолита, без вымораживания соли из католита и без возврата соли в процесс, без добавки кислоты в анодный контур, без высококачественной очистки солевого раствора и т. д.) на влажную смесь газообразных оксидантов (хлор, диоксид хлора, озон) и раствор гидроксида натрия концентрацией 150–170 г/л при степени конверсии соли от 98 до 99,5 % и затратах электроэнергии в пределах 2–3 кВтч на килограмм газообразной смеси оксидантов. Эти показатели являются весьма близкими к теоретически возможным, поэтому установки «Аквахлор» не имеют конкурентов среди известных электрохимических систем и технологий.

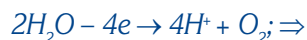
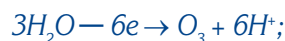
В электрохимическом реакторе установок «Аквахлор» основной является реакция выделения молекулярного хлора в анодной камере и образования гидроксида натрия в катодной камере:



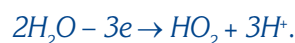
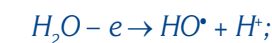
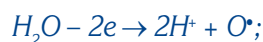
Одновременно с меньшим выходом по току протекают реакции синтеза диоксида хлора непосредственно из солевого раствора, а также из соляной кислоты, которая образуется при растворении молекулярного хлора в прианодной среде ( $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HClO} + \text{HCl}$ ):



Кроме того, в анодной камере происходит образование озона за счет прямого разложения воды и за счет окисления выделяющегося кислорода:



С малым выходом по току протекают реакции образования соединений активного кислорода:



### ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА УСТАНОВОК «АКВАХЛОР» В СРАВНЕНИИ С ЖИДКИМ ХЛОРОМ И ГИПОХЛОРИТОМ

Установки «Аквахлор» позволяют на месте потребления получить из раствора хлорида натрия два продукта — хлор и каустическую соду в необходимом количестве в любое время. Поскольку свежеполученный хлор содержит небольшое количество других оксидантов (диоксид хлора, озон), то побочные продукты хлорирования в воде, такие, например, как хлороформ, не образуются. Также раствор оксидантов в отличие от традиционной хлорной воды эффективно удаляет биопленки с внутренней

Таблица 1

Параметры системы модулей АКВАХЛОР-500

Количество модулей А-500	Производительность по оксидантам (в пересчете на жидкий хлор), кг/ч (кг/сут)	Производительность по обеззараживаемой воде при дозе оксидантов 1 мг/л, куб.м/ч (тыс. куб.м.,сут)	Производительность по гидроксиду натрия (100 %), кг/ч (кг/сут)	Потребление хлорида натрия (100 %), кг/ч (кг/сут), не более	Потребляемая электрическая мощность, кВт/ч, не более	Площадь для размещения электрохимического оборудования (модулей А-500) с учетом проходов и пространства для обслуживания, кв. м.	Площадь для размещения оборудования для приготовления солевого раствора, кв. м.
1	0.5 (12)	500 (12,0)	0,6 (14,4)	1 (24)	1	3	4
2	1 (24)	1000 (24,0)	1,1 (26,4)	2 (48)	2	4	4
4	2 (48)	2000 (48,0)	2,2 (52,8)	4 (96)	4	6	6
6	3 (72)	3000 (72,0)	3,4 (81,6)	6 (144)	6	7	6
8	4 (96)	4000 (96,0)	4,5 (108)	8 (192)	8	8	8
10	5 (120)	5000 (120,0)	5,6 (134,4)	10 (240)	10	10	10
12	6 (144)	6000 (144,0)	6,7 (160,8)	12 (288)	12	12	12
14	7 (168)	7000 (168,0)	7,9 (189,6)	14 (336)	14	14	14
16	8 (192)	8000 (192,0)	9,0 (216)	16 (384)	16	16	14
18	9 (216)	9000 (216,0)	10,0 (240)	18 (432)	18	18	14
20	10 (240)	10 000 (240,0)	11,3 (271,2)	20 (480)	20	20	16
30	15 (360)	15 000 (360,0)	16,9 (405,6)	30 (720)	30	30	20
40	20 (480)	20 000 (480,0)	24 (576)	40 (960)	40	40	20
50	25 (600)	25 000 (600,0)	30 (720)	50 (1200)	50	50	20
60	30 (720)	30 000 (720,0)	36 (864)	60 (1440)	60	60	30
70	35 (840)	35 000 (840,0)	42 (1008)	70 (1680)	70	70	30
80	40 (960)	40 000 (960,0)	48 (1152)	80 (1920)	80	80	30
90	45 (1080)	45 000 (1080,0)	54 (1296)	90 (2160)	90	90	40
100	50 (1200)	50 000 (1200,0)	60 (1440)	100 (2400)	100	100	<b>40</b>

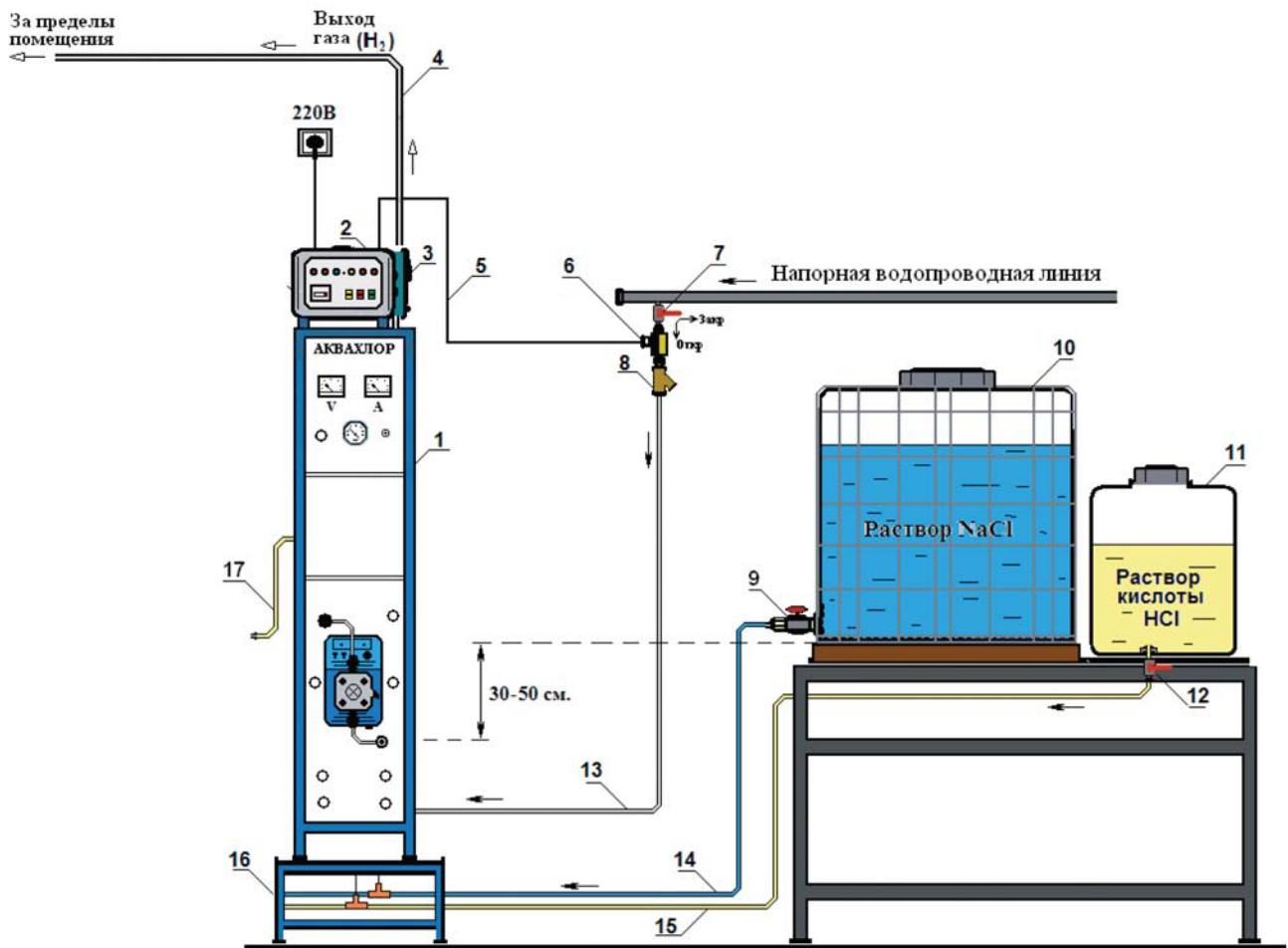


Рис. 3  
Подключение одной установки «АКВАХЛОР-500».

1 — электрохимический блок; 2 — блок управления; 3 — блок питания; 4 — магистраль вывода водорода за пределы помещения; 5 — электрический шнур от эл. магнитного клапана к блоку управления; 6 — электромагнитный клапан; 7 — шаровой кран; 8 — фильтр; 9 — шаровой пластмассовый запорный кран; 10 — емкость с раствором NaCl; шланг подачи воды в емкость с хлоридом натрия; 11 — емкость с раствором кислоты; 12 — кран подачи раствора кислоты; 13 — шланг подачи воды в установку; 14 — шланг подачи раствора соли в установку; 15 — шланг подачи раствора кислоты в установку; 16 — подставка с коллекторами; 17 — выход газовой смеси оксидантов в технологическую линию.

поверхности водоводов, что исключает необходимость аммонизации, уменьшает скорость коррозии водоводов (известно, что скорость биокоррозии в несколько раз выше скорости химической коррозии), придает воде отличные органолептические свойства. Установка «Аквахлор» — это малогабаритный генератор хлора и раствора каустической соды, соединенный с хлоратором. Поэтому размещать установки «Аквахлор» можно без выполнения проектно-монтажных работ в существующих помещениях хлораторных, используя имеющиеся гидравлические и электрические сети. Таким образом, применение установок «Аквахлор» позволяет отказаться от жидкого хлора, сократить количество операторов в хлораторной, достигнуть полной безопасности процесса обеззараживания воды, повысить эффективность обеззараживания воды, уменьшить до минимума потребление соли и электроэнергии, получить два продукта вместо одного (дополнительно к раствору оксидантов — раствор каустической

соды, который можно эффективно использовать в процессах коагуляции на начальной стадии подготовки воды или реализовывать различным потребителям, например, для очистки емкостей от остатков нефтепродуктов), исключить необходимость наличия зоны отчуждения вокруг хлораторной и склада хлора.

## РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОГО КОЛИЧЕСТВА МОДУЛЕЙ АКВАХЛОР-500

Расчет необходимого количества модулей установок «Аквахлор»-500 производится простым делением максимального потребного часового или суточного количества хлора на производительность одного модуля, соответственно 0,5 кг/час или 12 кг/сутки. Для упрощения расчета и определения остальных показателей проектируемого объекта целесообразно воспользоваться таблицей 1. Нужно помнить при этом, что совсем не обязательно раз-

мещать все установки «Аквахлор» в одном помещении. Возможно при помощи таблицы распределить установки по нескольким помещениям, а также определить необходимую площадь помещения для системы приготовления исходного солевого раствора.

## СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ И НАЛАДКА ОБОРУДОВАНИЯ

Установка А-500 представляет собой стойку с размерами основания 40 на 50 см и высотой около 180 см. Это полностью автономный модуль, в состав которого входит электрохимический реактор, гидравлическая система, мембранный насос для дозированной подачи солевого раствора в процессе работы, а также 10 % раствора соляной кислоты во время промывки реактора, смеситель для растворения смеси газообразных оксидантов в потоке воды, протекающей через установку с расходом 100–500 литров в час, источник тока, блок контроля и автоматики, отключающий установку при возникновении внештатных ситуаций (прекращение подачи воды, отсутствии солевого раствора). Необходимая площадь помещения для работы одной установки А-500 (рис. 3) должна быть не менее 3 м<sup>2</sup> (с учетом пространства для технического обслуживания), для размещения двух установок — не менее 4 м<sup>2</sup>, для размещения шести и более установок площадь помещения исчисляется из расчета 1 м<sup>2</sup> на одну установку А-500.

Например, для размещения 16 установок А-500 общей производительностью 8 кг хлора в час требуется проветриваемое помещение площадью не менее 16 м<sup>2</sup>, для размещения оборудования системы приготовления солевого раствора — 14 м<sup>2</sup>, склада соли — 12 м<sup>2</sup>. В таблице 1 приведены данные для определения необходимой площади при размещении различного количества установок «Аквахлор»-500.

Расположение установок «Аквахлор» в помещении диктуется удобством подключения каждой установки к напорной линии подачи воды (от 2 до 6 кгс/см<sup>2</sup>), используемой для получения раствора оксидантов (из расчета 400–500 литров на один модуль А-500), отвода от установки потока раствора оксидантов по гибкому ПВХ шлангу или жесткой ПВХ трубе с внутренним диаметром 15–18 мм, подвода к каждой установке линии подачи солевого раствора (ПВХ трубопровод с внутренним диаметром 10–15 мм) и отвода от каждой установки католита (раствора каустической соды концентрацией 150–170 г/л в количестве от 4 до 5 литров в час от каждой установки) по ПВХ трубопроводу с внутренним диаметром не менее 5 мм.

Если в одном помещении размещены несколько установок, то линии подвода воды и солевого раствора, отвода раствора оксидантов и католита могут быть выполнены в виде коллекторов из ПВХ трубопроводов соответствующего внутреннего диаметра, проложенных под рядом или рядами установок по полу помещения в просвете шириной около 40 см и высотой около 15 см.

Таким же образом определяются рациональные (наиболее короткие) маршруты прокладки трубопроводов (коллекторов) для сбора водорода из установок «Аквахлор» и вывода этого коллектора (коллекторов) за пределы помещения. Трубопроводы (коллекторы) для сбора и отвода водорода должны быть расположены над установками «Аквахлор» в верхней части помещения. Они крепятся к потолку или стенам хомутами или кронштейнами. Оборудование для приготовления солевого раствора может быть размещено либо в том же, либо в соседнем помещении, либо в подвале, либо на вышележащем этаже. Готовый к использованию солевой раствор рекомендуется перекачивать или переливать в рабочую расходную емкость, дно которой находится на 30–50 сантиметров выше приемных патрубков насосов-дозаторов на установках «Аквахлор» так, чтобы обеспечивать их работу «под заливом». На такой же высоте следует размещать емкость для периодической подачи пятипроцентного раствора соляной кислоты в мембранные насосы установок «Аквахлор» во время удаления катодных отложений.

Работы по гидравлической и электрической обвязке оборудования выполняются в процессе монтажа оборудования с использованием специальных принадлежностей и приспособлений, которые входят в комплект поставки каждой установки. Установки «Аквахлор»-500 монтируются блоками по 4 модуля на коллекторных рамах, которые входят в комплект каждой установки (рис. 4)

Необходимое количество блоков из четырех модулей устанавливается в помещении склада хлора и обвязывается системой коллекторов для подвода воды, солевого раствора, кислотного раствора, отвода католита и раствора оксидантов (рис. 5). Также создается коллекторная сеть для удаления водорода за пределы помещения и рассеивания его в атмосфере.

Все работы по монтажу и наладке производятся бригадой специалистов предприятия — изготовителя или его представителя.

В установках «Аквахлор» производятся два продукта: кислый раствор оксидантов (улучшенный аналог хлорной воды) и раствор гидроксида натрия концентрацией 150–170 г/л, который можно использовать в процессах коагуляционной очистки воды, для промывки фильтров или для продажи на фабрики первичной мойки шерсти, на нефтеперерабатывающие предприятия, на транспортные предприятия, осуществляющие мойку емкостей от нефтепродуктов, масел, жира. В случае отсутствия возможности реализации раствора гидроксида натрия по указанным направлениям его можно вводить в воду сразу после насосной станции первого подъема или перед ней, непосредственно в водозаборное устройство, для улучшения процессов очистки воды на фильтрах. Раздельный ввод гидроксида натрия и хлорной воды обеспечивает возможность проявления свойств каждого из реагентов на всем объеме воды, что коренным образом по технологическому эффекту отличается от ввода гипохлоритного раствора, образованного в результате реакции взаимодействия указанных реагентов.

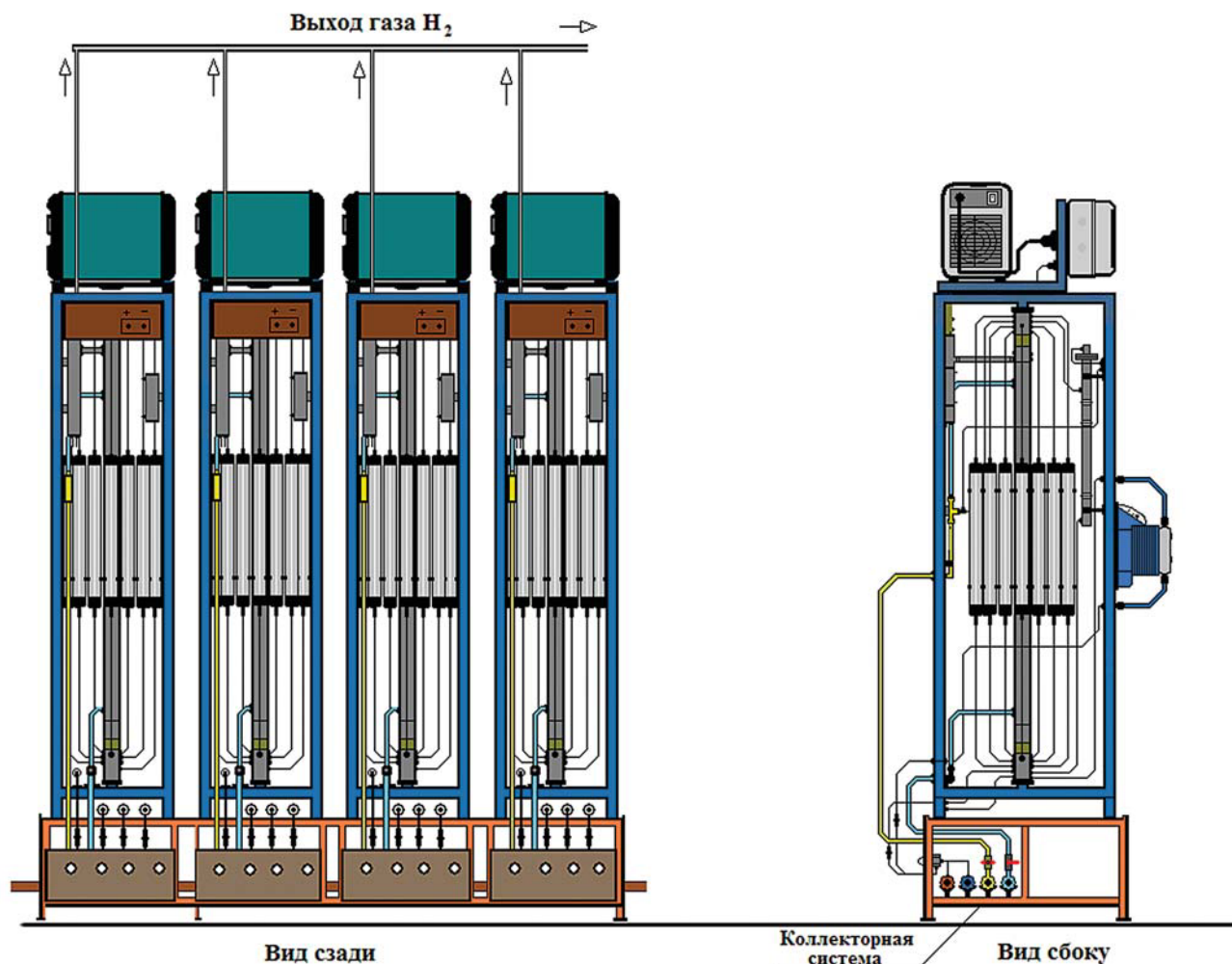


Рис. 4  
Блок из четырех модулей установок АКВАХЛОР-500 на коллекторных рамах в сборе

Чистый водород отводится по поливинилхлоридной трубке (не по трубопроводу) диаметром 5 мм от каждой установки А-500 за пределы помещения и рассеивается в атмосфере. Дозировочных насосов не требуется, не требуется также изменение помещения и коммуникаций хлораторной, так как раствор оксидантов подается к точкам ввода по тем же линиям и в том же количестве, что и хлорная вода. Регулирование количества вводимых оксидантов производится путем изменения количества работающих модулей А-500 или изменением силы тока на индивидуальных для каждого модуля блоках питания. Если через какой-либо модуль А-500 прекращается проток воды, установка автоматически отключается. Также установка автоматически отключается в случае повышения температуры реактора свыше 55 градусов.

Одна из главных технологических особенностей установки «Аквахлор» заключается в том, что расход соли на синтез оксидантов в анодной камере реактора полностью определяется силой тока, причем при любой величине тока эффективность использования соли сохраняется и равна 99,5%. Это позволяет осуществлять совершенно

точное дозирование оксидантов в обеззараживаемую воду путем изменения концентрации оксидантов в «хлорной воде» — растворе оксидантов регулированием силы тока.

Семилетний опыт эксплуатации установок «Аквахлор» с реакторами из элементов ПЭМ-7 в различных условиях (климатических, технических, технологических) в России и за рубежом показал их высокую эффективность, экономичность, практически полное отсутствие побочных продуктов хлорирования даже при обработке раствором оксидантов сточных вод с высоким содержанием органических соединений. Дальнейшее совершенствование технологии обеззараживания воды с применением установок «Аквахлор» происходит по пути оптимизации гидравлических схем и систем автоматизации при одновременном подключении большого количества модулей А-500 (от 100 до 1000). В настоящее время наибольшее количество одновременно используемых модулей А-500 составляет 41, однако в стадии завершения проекты использования 100 и более установок в одном месте.

Таблица 2

**Сводные технико-экономические показатели производства смеси оксидантов (хлор, диоксид хлора, озон) электролизом раствора хлорида натрия в одной модульной установке АКВАХЛОР-500**

Показатели	Единица измерения	Значение
<b>1. Удельные и обобщенные показатели производства оксидантов</b>		
Производительность по оксидантам в пересчете на хлор		
Часовая	кг/ч	0,5
Суточная	кг/сут	12,0
Годовая	кг/год	4380
Производительность по обеззараженной воде (1,5 г Cl <sub>2</sub> /куб. м)	куб.м/сут	8000
<b>Суммарный запас реагентов для производства оксидантов в течение 30 суток (при номинальном расходе оксидантов).</b>		
Соль пищевая по ГОСТ Р 51574-2000	кг	720
Кислота соляная синтетическая техническая по ГОСТ 857-95 (30 % раствор)	л	20
<b>Удельный расход реагентов для производства оксидантов</b>		
Соль пищевая по ГОСТ Р 51574-2000	кг/кг Cl <sub>2</sub>	2,0
Кислота соляная синтетическая техническая по ГОСТ 857-95 (30 % раствор)	л/кг Cl <sub>2</sub>	0,05
<b>2. Капитальные затраты на создание производства оксидантов</b>		
Оборудование	тыс. руб	778,0
Монтаж, наладка оборудования, гарантийное обслуживание в течение 1 года	тыс. руб.	117,0
Всего капитальных вложений (K <sub>3</sub> )	тыс. руб.	895,8
<b>3. Эксплуатационные затраты</b>		
Амортизационные отчисления (6 % от K <sub>3</sub> )	тыс. руб.	53,748
<b>Годовой расход реагентов</b>		
соль пищевая	кг/год	8800
кислота соляная (30 % раствор)	л/год	52,6
Годовой расход электроэнергии	кВт-ч/год	8 760
<b>Стоимость реагентов и электроэнергии</b>		
соль пищевая по цене 2000 руб./т + транспорт 400 руб./т	руб/год	21 120
кислота соляная (30 % раствор) по цене 12 000 руб./1000 л + транспорт 2000 руб./1000 л	руб/год	3360
Затраты электроэнергии	руб/год	8 760
Итого эксплуатационные расходы (Э <sub>3</sub> )	руб/год	33 240
Годовые приведенные затраты: $P_3 = 0,12K_3 + Э_3$	руб/год	140736
Себестоимость смеси оксидантов	руб/кг	32,13
<b>Удельные показатели</b>		
Стоимость обработки воды (1,5 г Cl <sub>2</sub> /куб. м)	руб/куб. м.	0,048
Удельные капвложения по воде	руб/(куб.м/сут)	74,25
Площадь для размещения производства	кв. м.	6
<p><b>Примечание:</b> поскольку смесь оксидантов, вырабатываемая установками АКВАХЛОР, является функционально более эффективной, чем хлор, ее использование позволяет не только уменьшить дозу вводимого активного хлора как минимум в 2 раза, но также обеспечить удаление биопленок с внутренней поверхности водопроводных сетей на всей их протяженности. Это позволяет отказаться от аммонизации воды и увеличивает время сохранения активного хлора в воде не менее, чем в 5–8 раз. В связи с этим, эффективность данной технологии и ее экономичность выше, чем определенная в соответствии с данным расчетом.</p>		



## ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ

1. Электрохимические модули А-500 производительностью по 500 граммов оксидантов в час каждый в количестве, определяемом расчетом для конкретной водопроводной станции.
2. Емкости для приготовления исходного солевого раствора, гидравлические линии, система автоматики и контроля работы каждого модуля и всей системы в целом.

На водопроводной станции устанавливается необходимое (из расчета максимальной дозы хлорирования) количество электрохимических модулей А-500, объединенных гидравлическими линиями с существующими системами распределения и подачи хлорной воды.

Исходный солевой раствор приготавливается на растворе оксидантов (очистка окислением) с использованием образующегося в установках «Аквахлор» раствора гидроксида натрия (очистка осаждением). Технико-экономическая характеристика одного модуля «Аквахлор»-500 приведена в таблице 2.

## ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Использование установок «Аквахлор» **не регулируется** правилами безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора (ПБ-09-594-03), правилами безопасности при производстве водорода методом электролиза воды (ПБ-03-598-03), общими правилами взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств (ПБ-09-540-03), а также строительными нормами и правилами СНиП 2.04.02-84 (Водоснабжение. Наружные сети и сооружения). В отличие от гипохлоритных установки «Аквахлор» не нуждаются в использовании накопительных емкостей и системы дозирования насосов, с помощью которых раствор гипохлорита вводятся в обрабатываемую воду.

Правила безопасности при производстве, хранении и применении хлора ПБ 09-594-03 не распространяются на установки «Аквахлор», поскольку относятся к промышленным техническим системам производства хлора электролизом диафрагменным, мембранным или ртутным методами, снабженных технологическим оборудованием, трубопроводами и арматурой для транспортирования и кондиционирования газообразного и жидкого хлора.

Процесс получения влажной смеси газообразных оксидантов (хлора, диоксида хлора, озона) в установках «Аквахлор» является новым, принципиально отличается от известных процессов и осуществляется ионселективным электролизом раствора хлорида натрия в малогабаритных электрохимических реакторах — проточных электрохимических модульных элементах, анодные камеры которых соединены в единую гидравлическую систему трубками с диаметром проходного сечения не более 5 мм, изготовленными из титана и фторопласта Ф4 — МБ. В единичных установках «Аквахлор» и их

блоках, соединенных в единую систему для транспортировки влажной газообразной смеси оксидантов, отсутствуют трубопроводы (протяженные полые конструкции с внутренним диаметром более 12 мм), арматура и специальное оборудование, используемое в промышленных системах производства и кондиционирования газообразного и жидкого хлора.

Правила безопасности при производстве водорода методом электролиза воды ПБ 03-598-03 не распространяются на установки «Аквахлор», поскольку относятся к промышленным техническим системам производства водорода и кислорода электролизом воды, имеющих системы очистки, осушки, компримирования, наполнения газами баллонов и контейнеров, склады для хранения наполненных газами баллонов и контейнеров, а также различное технологическое оборудование, трубопроводы и арматуру.

В установках «Аквахлор» водород образуется в качестве побочного продукта при электролитическом ионселективном разложении раствора хлорида натрия. Количество образующегося водорода пропорционально количеству образующейся в анодных камерах этих же элементов газообразной смеси оксидантов: при синтезе 100 г оксидантов выделяется 2,8 г водорода. Отвод водорода из катодных камер элементов в установках «Аквахлор» осуществляется с помощью трубок из поливинилхлорида с внутренним диаметром не более 5 мм. Отвод водорода за пределы помещения для последующего его рассеивания в атмосфере осуществляется при помощи трубок из полимерного материала диаметром не более 12 мм.

Единичные установки «Аквахлор», а также системы из любого количества модулей установок «Аквахлор» не являются опасными производственными объектами.

Помещения, в которых монтируются установки «Аквахлор», оборудуются вытяжной вентиляцией в объеме не менее однократного в час. Приток воздуха в необходимом количестве должен осуществляться через оконные проемы, оборудованные пылезадерживающими устройствами или через неплотности дверных проемов.

## ТРЕБУЕМОЕ СЫРЬЕ

Вода природная пресная или питьевая (возможны варианты), соль пищевая по ГОСТ Р 51574 или хлорид натрия по ГОСТ 4233 (возможны варианты), кислота соляная синтетическая техническая по ГОСТ 857-95 (30 % раствор) для очистки электродов (может производиться на месте в специальной установке «Аквахлор»-500).

## НАЛИЧИЕ СЕРТИФИКАТОВ НА ОБОРУДОВАНИЕ

1. Сертификат соответствия № РОСС RU.Н003.В0027-63, (№ 7732834), срок действия с 15.04.2008 г. по 20.05.2011 г.
2. Сертификат безопасности установки «Аквахлор»-500, выданный 03.05.2003 TÜV (Германия) № 21106404-003.

## НАЛИЧИЕ ГИГИЕНИЧЕСКОГО ЗАКЛЮЧЕНИЯ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТА В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ХОЗПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

1. Санитарно-эпидемиологическое заключение на установки для электрохимического синтеза раствора оксидантов «Аквахлор»-50, «Аквахлор»-100 и «Аквахлор»-500, № 77.99.21.361.Д.001789.03.08 от 05.03.2008 г. Действительно до 05.03.2011 г.
2. Инструкция по применению раствора оксидантов, вырабатываемого установками «Аквахлор»-100 и «Аквахлор»-500 (ТУ 3614-702-05834388-02), для дезинфекции воды хозяйственно-питьевого водоснабжения, бытовых и промышленных сточных вод, воды плавательных бассейнов, утвержденная Федеральным Центром Госсанэпиднадзора РФ, № 29Ф1Д/4630, 25 октября 2002 г.

## НЕОБХОДИМОСТЬ ИСПЫТАНИЙ ТОВАРНОГО ПРОДУКТА

Не требуется, поскольку каждый из компонентов смеси — хлор, диоксид хлора, озон — разрешены к применению для обеззараживания питьевой воды, при этом хлор составляет 95 % газообразной смеси оксидантов.

## СРОКИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ

Срок эксплуатации установок «Аквахлор»-500 составляет не менее 18 лет при условии периодической замены изношенного анодного покрытия (1 раз в 6-7 лет).

В установках «Аквахлор» благодаря особой стойкости покрытий и особым образом организованному технологическому процессу обеспечены условия для длительной работы электрохимических ячеек в течение 6 лет при круглосуточной эксплуатации без остановки для замены покрытий. При необходимости замены покрытия, производится замена всех 16 элементов в реакторе модуля установки «Аквахлор»-500, что занимает время около 2 часов. Отработавшие элементы отправляются на предприятие-изготовитель для перепокрывания анодов, после чего их рабочие характеристики восстанавливаются полностью и они вновь становятся пригодными для эксплуатации в течение 6-7 лет. Следует отметить, что работы по замене элементов в реакторе одного модуля не влияют на работоспособность всей системы. Таким образом, замена всех электрохимических элементов в системе из 4 работающих установок «Аквахлор»-500 может быть произведена за 1-2 рабочих дня в плановом порядке без остановки всей системы.

**Единовременные затраты ( $E_2$ ) и эксплуатационные затраты ( $E_3$ ) на 1 тонну товарного продукта по активному хлору.**  $E_2 = 11398$  руб./т;  $E_3 = 7900$  руб./т. Для производства одной тонны оксидантов требуется не более 2 тонн хлорида натрия (стоимость 1 кг хлорида натрия принимается 2 руб./кг), около 2 000 кВтч электроэнергии (1 руб./кВтч). Транспортные расходы на перевозку соли приняты из

расчета 400 руб./т. Оплата труда операторов — 1500 руб./т, эксплуатационные затраты на содержание зданий и сооружений, отопление и вентиляцию — 2000 руб./т. Таким образом, эксплуатационные затраты на 1 тонну оксидантов составляют 7 900 рублей.

Значительный резерв по единовременным и эксплуатационным затратам заложен в возможности отказа от использования приблизительно трети всех запланированных в проекте модульных установок «Аквахлор» в связи с более высокими функциональными свойствами вырабатываемой ими смеси оксидантов. Например, по результатам двух лет эксплуатации установок «Аквахлор» в г. Чимкент (республика Казахстан) местными органами санэпиднадзора было принято решение уменьшить норматив содержания соединений активного хлора в воде у конечных потребителей с 0,3 до 0,1 мг/л, что привело к существенному уменьшению нормативного количества оксидантов, которые необходимо добавлять в воду для ее эффективного обеззараживания.

## ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ (ПРЕДМОНТАЖНЫЕ) РАБОТЫ

Проектные работы при использовании установок «Аквахлор» сводятся к определению наиболее рациональной схемы размещения электрохимических блоков установок на имеющихся площадях станций водоподготовки, определению мест размещения вспомогательного оборудования. Инжиниринговые работы (прикладные разработки и оптимизация гидравлических схем, схем контроля и автоматизации процессов, системы автоматизации процессов приготовления исходного раствора и т. д.) производятся специалистами предприятия-изготовителя или его представителями.

### Вариант сметы затрат по ПРОЕКТУ

Цены указаны по состоянию на 1 июля 2008 г. с учетом НДС

№	Наименование статей затрат	Ед. изм.	Кол-во	Цена (тыс.руб)	Сумма (тыс.руб)
1	Установки «Аквахлор»-500	Шт.	4	778,800	3 115,200
2	Ёмкости для приготовления солевого р-ра, раствора соляной кислоты, 1 м <sup>3</sup>	Шт.	4	11,500	46,000
3	Доставка оборудования, монтажные и пусконаладочные работы. Комплектующие и материалы для обвязки оборудования.	Шт.	1	467 280	467,280
				Итого:	3 628,480

Итого на сумму: 3 628,480 (Три миллиона шестьсот двадцать восемь тысяч четыреста восемьдесят) рублей 00 коп.

**ОТЗЫВ ДИРЕКТОРА МУП «ВОДОКАНАЛ-СЕРВИС» Г. САЯНСКА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ О РАБОТЕ УСТАНОВОК «АКВАХЛОР-500»**

Установки «Аквахлор-500» находятся в эксплуатации на производственных площадках МУП «Водоканал-Сервис» с марта 2006 года. В настоящее время (2009 год — прим. автора) единственной установкой «Аквахлор-500» осуществляется обеззараживание хозпитьевой воды, подаваемой на город Саянск с населением 45 тыс.чел., а также ряд предприятий регионального масштаба с непрерывной круглосуточной технологией производства (ОАО «Саянскхимпласт», СПК «Окинский», Ново-Зиминская ТЭЦ). Среднесуточный объем воды, который обрабатывает одна установка, составляет 33-38 тыс. м<sup>3</sup>, вторая установка обеспечивает исключительно резерв, наработка установок составляет 18 466 часов и 2775 часов соответственно. Данный факт говорит о высокой степени эффективности и надежности системы электрохимического синтеза оксидантов, который был выявлен уже в первые месяцы эксплуатации «Аквахлор-500» и признан нашим предприятием.

Безусловным достоинством установок является их безопасная эксплуатация, а именно — отсутствие риска отравления обслуживающего персонала и окружающей среды неконтролируемым выбросом хлора. Данное обстоятельство

позволило вывести из производства и исключить из государственного реестра опасных производственных объектов хлораторную станцию, что в свою очередь обеспечило предприятию ощутимый экономический эффект. Немаловажным фактором явилось значительное сокращение площади для организации производства. Обе установки были размещены в помещении насосной станции, при этом здание хлораторной было ликвидировано за ненадобностью. В результате упростилась технологическая схема процесса хлорирования, было максимально рационализировано рабочее пространство насосной станции.

После внедрения в технологический процесс установок «Аквахлор-500» исключены затраты на содержание здания хлораторной и внутриплощадочных трубопроводов подачи жидкого хлора, сокращены затраты на электроэнергию, обслуживающий персонал и эксплуатационные затраты. Для примера, экономия только прямых затрат при использовании хлорида натрия вместо контейнеров жидкого хлора составляет 1850 руб. в сутки или порядка 680 000 руб. в год.

Те недостатки и вопросы, которые возникали в процессе эксплуатации в течение трех лет, успешно решались с представителями организации — производителя, поэтому и в будущем рассчитываем на дальнейшее успешное сотрудничество и развитие долговременных контактов.

**ТРАВЕРС**  
научно-производственная фирма**29-30 сентября 2009 г Экспоцентр на Красной Пресне (Москва)****III научно - практическая конференция****«Современные технологии водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования»**Организаторы конференции: ООО «НПФ Траверс» (Москва), ЗАО «Экспоцентр»(Москва)

Конференция будет проводиться в рамках 15-й Международной выставки химической индустрии «ХИМИЯ-2009» в Экспоцентре на Красной Пресне (Павильон 1, зал А)

Целью проведения конференции является ознакомление российских специалистов в области водоподготовки с современными технологиями и реагентами, обмен опытом по их внедрению и использованию.

Приглашаем принять участие в конференции главных инженеров и энергетиков, инженеров-теплоэнергетиков, специалистов служб водоподготовки и начальников котельных предприятий различных отраслей промышленности: металлургической, химической, нефтеперерабатывающей; системы ЖКХ и т.д.

Программа конференции рассчитана также на специалистов служб водоподготовки предприятий пищевой промышленности: кондитерской, ликеро-водочной, пиво-безалкогольной, молочной, мясopерерабатывающей и т.п.

Подробную информацию о конференции (информационное сообщение, программу, бланк заявки на участие) Вы можете получить на сайте ООО «НПФ Траверс» ([www.travers.msk.ru](http://www.travers.msk.ru)) в разделе «Выставки и конференции»

По вопросам участия в конференции обращаться: ООО «НПФ Траверс», рабочая группа конференции  
т/ф +7(495) 223-61-89; 223-61-08 E-mail: [market@travers.msk.ru](mailto:market@travers.msk.ru) <http://www.travers.msk.ru>

