



охраны и формирования ландшафтов в Литовской ССР // Охрана природы в Латвийской ССР. – Рига: Зинатне, 1972. – С.5-13. 19. Фролова М.Ю. Оценка эстетических достоинств природных ландшафтов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, география. – 1994, №2. 20. Крогус В.Р. Город и рельеф. – М.: Стройиздат, 1979. – 124 с. 21. Fines K.D. Landscape evaluation: a research project in East Sussex. – Reg. Stud., 1968, 2, 1. – P.41-55. 22. Мухина Л.И. Принципы и методы технологической оценки природных комплексов. – М., Наука, 1973. – 96 с.

УДК 574

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ХЛОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ БИОЦИДНОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ

© 2007. Ажгиревич А.И., Гутенев В.В., Денисова И.А., Денисов В.В., Крючков Г.П.

Издательский дом «КАМЕРТОН»,
Российская академия государственной службы при Президенте РФ,
Новочеркасский военный институт связи МО РФ,
Новочеркасская государственная мелиоративная академия

В статье рассматривается технология биоцидной обработки воды путем введения раствора аммиачного комплекса меди (АКМ), что обеспечивает нейтрализацию остаточного хлора в воде и длительную бактерицидную устойчивость обработанной воды. Подчеркиваются преимущества АКМ перед другими абсорбентами по дозовому параметру и длительности бактерицидного последствия.

The article considers the technology of biocide treatment of water by introduction of a solution of ammoniac complex of copper (ACC), that provides the neutralization of residual chlorine in water and long bactericidal stability of the processed water. There are emphasized the advantages of ACC before other absorbents on dose parameter and duration of bactericidal aftereffect.

Бактерицидность и бактериостатичность аммиачного комплекса меди (АКМ) в сочетании с его способностью нейтрализовать содержащийся в воде и отходящих газах свободный хлор [1] легли в основу рекомендаций по усовершенствованию хлорной технологии биоцидной обработки воды, имеющего целью повышение технико-экономических и экологических показателей процесса. Это достигается улавливанием выбрасываемого с вентиляционными газами хлора, возвращением его в виде хлорамина в технологический процесс, а также заменой (полной или частичной) вторичного хлорирования на введение раствора АКМ, что обеспечивает нейтрализацию остаточного хлора в воде и длительную бактерицидную устойчивость обработанной воды.

Технологические схемы получения аммиачного комплекса меди. Поглотительный раствор АКМ в зависимости от требуемого объема может быть получен в непрерывном режиме (рис. 1, а) и периодическом режиме (рис. 1, б).

По варианту (а), когда используется порошок сульфата меди, последний загружается в ёмкость 1, откуда дозатором 3 поступает в растворный бак 5. Сюда же из ёмкости 2 через дозатор поступает требуемое для растворения количество воды, а из ёмкости 4 – аммиачная вода. В целях ускорения растворения порошка периодически включается мешалка – 6 (или сжатый воздух). Далее из расходного бака 7 при помощи дозатора готовый раствор бактерицидного препарата поступает в адсорбер для поглощения хлора, содержащегося в отходящих газах, а также на биоцидную обработку (вместо вторичного хлорирования).

Данная схема может быть значительно упрощена, если использовать заранее приготовленный (например, в лаборатории) концентрированный раствор АКМ. В этом случае АКМ заливается в ёмкость 8, куда (при необходимости) поступает вода для получения раствора бактерицидного препарата. Последующие операции аналогичны ранее описанным. Эта схема, очевидно, наиболее предпочтительна для установок малой производительности.

На рис. 2 показан вариант конструкции смесителя порошка дезинфектанта с водой, где перемешивание осуществляется сжатым воздухом.

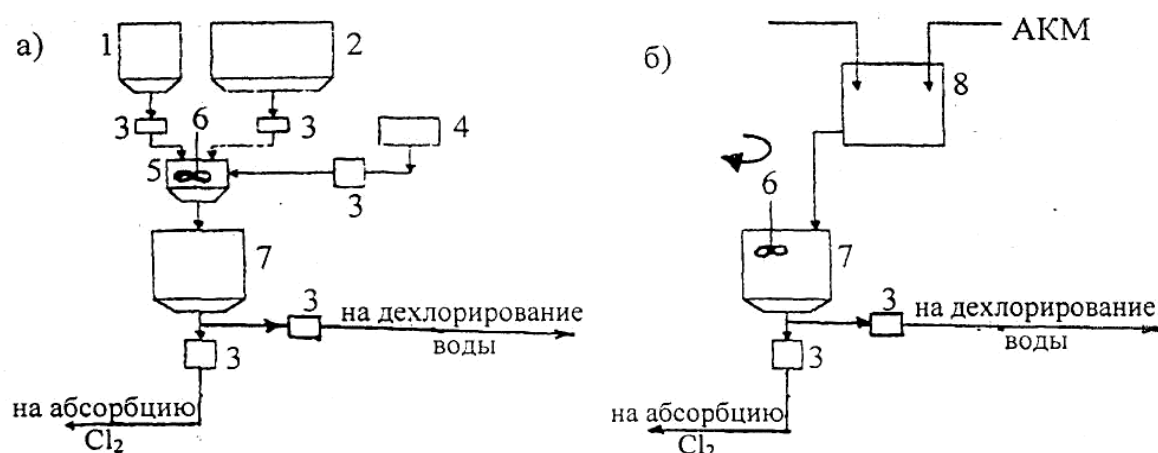


Рис. 1. Технологическая схема получения и применения раствора аммиачного комплекса меди (а – смешение порошка с водой; б – готовый препарат – аммиачный комплекс):

1 – ёмкость для CuSO_4 ; 2 – ёмкость для воды; 3 – дозатор; 4 – ёмкость для аммиачной воды;
5 – растворный бак; 6 – мешалка; 7 – расходный бак; 8 – ёмкость с готовым препаратом

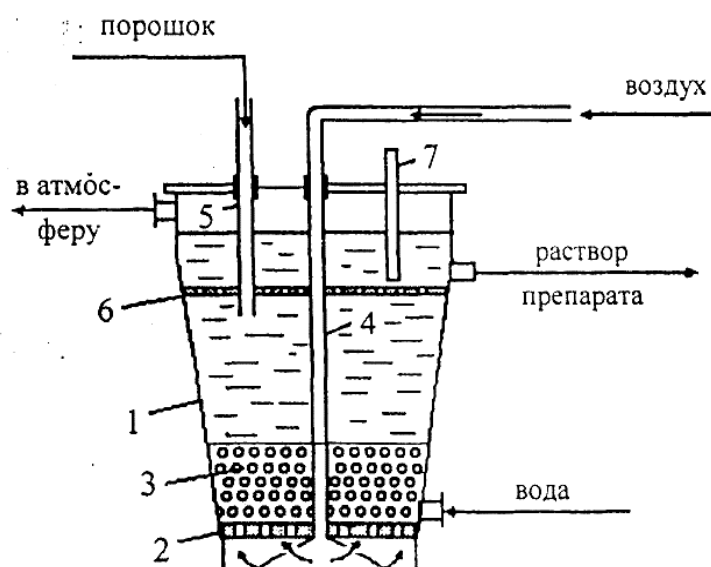


Рис. 2. Конструкция растворного бака (вариант):

1 – корпус; 2 – распределительная решетка; 3 – стеклянные шарики; 4 – газоподводящая трубка;
5 – трубка загрузки порошка; 6 – съемная защитная сетка; 7 – переливная трубка

В табл. 1 приведены расчеты количеств АКМ, требуемых для извлечения хлора из вентиляционных газов хлораторных, в сравнении с применяемыми ныне абсорбентами.

Как видно из табл. 1, раствор АКМ имеет преимущество перед другими абсорбентами (кроме NH_3) по дозовому параметру. Однако по сравнению с последним АКМ выгодно отличается значительно большей длительностью бактерицидного последействия.

Кроме того, нами, исходя из результатов экспериментов и расчетов, на основе теории и практики электролиза с растворимыми анодами, разработана технологическая схема синтеза аммиачного комплекса меди. Ее особенность состоит в том, что вначале производится синтез простых ионов меди (II) с последующим их связыванием аммиаком (рис. 3).



Таблица 1

Сопоставление различных абсорбентов хлора в зависимости от поступления его в атмосферу

Выбросы хлора, т	Количество требуемых абсорбентов, т				
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (эквивалент)	$\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	SO_2	NH_3	АКМ*
0,1	0,35	0,35	0,09	0,025	0,084
0,5	1,75	1,75	0,45	0,125	0,42
1,0	0,35	0,35	0,09	0,025	0,084
2,0	7,0	7,0	1,8	0,5	1,68
5,0	17,5	17,5	4,5	1,25	4,2
10,0	35,0	35,0	9,0	2,5	8,4
20,0	70,0	70,0	18,0	5,0	16,8
50,0	175,0	175,0	45,0	12,5	42,0

* – с учетом 10 %-ного избытка

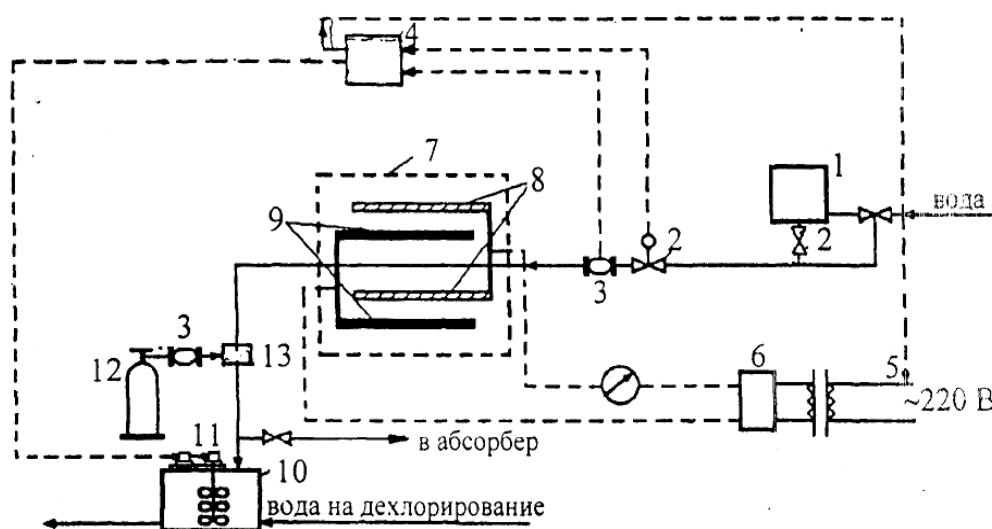


Рис. 3. Технологическая схема синтеза раствора АКМ и его последующего применения:

- 1 – резервуар постоянного уровня; 2 – регулирующая задвижка; 3 – расходомер; 4 – пульт управления;
5 – трансформатор; 6 – выпрямитель; 7 – корпус электролизера; 8 – растворимые аноды; 9 – катоды;
10 – механический смеситель с водой, поступающей на дехлорирование; 11 – мотор-редуктор; 12 – баллон с аммиаком;
13 – скруббер (смеситель) (Пунктиром показаны линии блокировки электропитания)

Требуемое количество воды (определяется исходя из варианта последующего применения АКМ) забирается из напорного магистрального водопровода после фильтров и подается в резервуар постоянного уровня 1. Из последнего вода поступает в выносной электролизер-ионатор 7. Работа ионатора регулируется силой тока так, чтобы обеспечить заданное содержание ионов меди в воде, выходящей из аппарата. Далее в воду вводят газообразный аммиак из баллона 12 при помощи расходомера 3, после чего раствор АКМ направляется либо в абсорбер для поглощения хлора или на смешение с основным потоком воды, подвергаемой дехлорированию; для этого используется смеситель 10.

Установка для получения АКМ химическим растворением ингредиентов в воде обладает по сравнению с основанной на электрохимическом растворении медного анода следующими преимуществами: меньшим энергопотреблением и простотой, так как сама установка (при условии работы с концентрированными растворами) представляет собой, по сути, дозирующее устройство,



которое может быть оснащено стандартными средствами автоматики. Однако в этом случае следует предусмотреть специальное помещение для хранения медного купороса.

Установка с электрохимическим растворением медного анода, расположенного в выносном электролизере, имеет преимущество при наличии относительно дешевой и избыточной электроэнергии, а также решении задачи извлечения относительно небольших количеств хлора, содержащегося в отходящих газах, при отсутствии дефицита металлической меди.

Технологическая схема извлечения хлора из вентиляционных газов. На рис. 4 приведена принципиальная схема очистки вентиляционных газов от содержащегося в них хлора.

Вентиляционные газы поступают в абсорбер 1, в котором происходит основной процесс абсорбции хлора раствором аммиачного комплекса меди (АКМ). Очищенные газы при помощи вентилятора 5 поступают в санитарный электрофильтр 6 для освобождения от взвешенных частиц раствора АКМ и далее отводятся в атмосферу. Уловленный раствор АКМ возвращается в циркуляционный бак. Соотношение между хлором и аммиаком, содержащимся в циркулирующем растворе АКМ, устанавливается, согласно [2], $(4 \div 5) : 1$. По мере достижения определенной концентрации хлорамина, часть циркулирующего раствора (готовый продукт – дезинфектант) выводится из системы и используется для биоцидной обработки воды (или создается запас на случай ЧС). Одновременно в бак 4 вводится свежий раствор абсорбента при помощи дозатора (не показан).

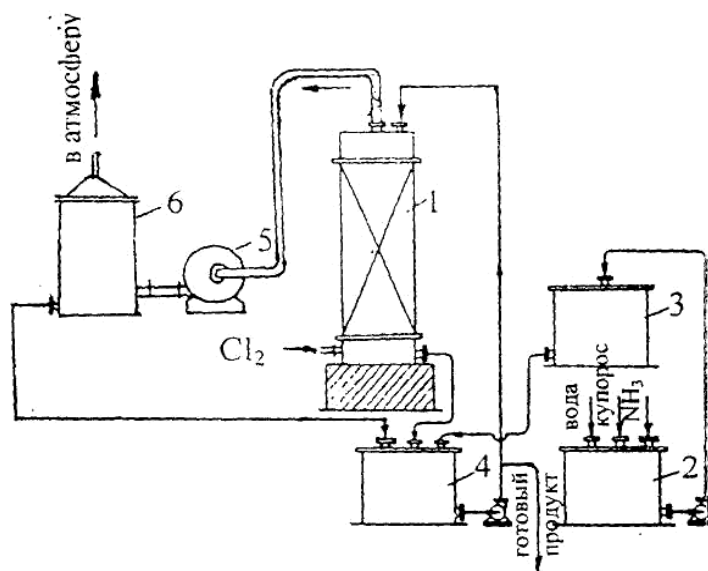


Рис. 4. Схема очистки вентиляционных газов от хлора:

- 1 – абсорбционная башня; 2 – узел производства раствора АКМ; 3 – расходный бак раствора АКМ;
4 – циркуляционный бак; 5 – вентилятор; 6 – санитарный электрофильтр

Применение аммиачного комплекса меди для устранения остаточного свободного хлора в воде. Ранее [1] была отмечена целесообразность применения разработанного нами дезинфектанта – аммиачного комплекса меди – для снижения концентрации экологически опасного хлора в воде, отводимой потребителям (население, предприятия пищевой индустрии и т.п.), с одновременным повышением времени ее антибактериальной устойчивости.

В табл. 2 представлены результаты расчета количества аммиачного комплекса меди для извлечения (нейтрализации) остаточного свободного хлора, содержащегося в воде после очистных сооружений водопровода различной производительности.

Исходя из данных табл. 2, можно предварительно оценить требуемое количество АКМ для устранения того иного количества свободного хлора в воде. Так, например, для очистных сооружений водопровода (ОСВ-1) г. Новочеркасска (40 тыс. м³/сут.) при остаточной концен-



трации хлора 1 мг/м^3 суточный расход АКМ составит $\sim 34 \text{ кг}$, в год – около 12400 кг . Очевидно, что для ОСВ большой производительности должно быть организовано складское помещение для хранения медного купороса и аммиака (аммиачной воды). Уместно отметить, что нормативными документами не предусматривается вообще наличие остаточного хлора в воде, отводимой в природные водоемы.

Таблица 2

Расход аммиачного комплекса меди (АКМ) на устранение остаточного свободного хлора в воде при различной производительности ОСВ

Производительность ОСВ в сутки, м^3	Количество требуемого АКМ (кг) при содержании свободного хлора в воде, г/м^3						
	0,1	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0
1000	$8,4 \cdot 10^{-2}$	$2,56 \cdot 10^{-1}$	$4,2 \cdot 10^{-1}$	$5,9 \cdot 10^{-1}$	$8,4 \cdot 10^{-1}$	1,26	1,68
10000	$8,4 \cdot 10^{-1}$	2,56	4,2	5,9	8,4	12,6	16,8
25000	2,1	6,3	10,2	14,7	21,0	30,6	42,0
40000	3,4	10,2	17,0	23,8	34,0	51,0	68,0
75000	6,3	18,9	31,5	44,1	63,0	94,5	126,0
100000	8,4	25,2	42,0	58,8	84,0	126,0	168,0
200000	16,8	50,4	84,0	117,6	168,0	252,0	336,0
500000	42,0	144,0	210,0	294,0	420,0	630,0	840,0

Экозащитная технология хлор-ионной обработки воды. Обнаруженные в результате наших исследований свойства аммиачного комплекса меди: 1) способность эффективно поглощать хлор, содержащийся в отходящих в атмосферу газах; 2) относительно высокая, бицидная активность; 3) бактериостатичность, обеспечивающая длительную устойчивость обработанной воды к внешнему загрязнению; 4) нейтрализация остаточного свободного хлора в воде, отводимой потребителю позволили разработать природоохранную технологию подготовки воды (рис. 5). Это достигается отказом от вторичного хлорирования путем замены последнего обработкой воды перед РЧВ (поз. 9б) раствором АКМ, в который предварительно введен дезинфицирующий раствор, образовавшийся в результате поглощения хлора из вентиляционных газов (поз. 13). Тем самым не только достигается природоохранный эффект, но и повышается степень использования хлора ($\sim$ на 4 %).

Если принять дозы хлора на первичное хлорирование воды – 3 г/м^3 , а на вторичное – $1,5 \text{ г/м}^3$ [3], то отказ от последнего снижает расход экологически опасного хлора на 30 %. Применительно к реальному предприятию (ОСВ-1 МУП г. Новочеркасска) экономия составит $21,9 \text{ т}$ хлора в год. Тем самым потребитель получит воду, свободную от хлора, а само предприятие существенно повысит уровень экологической безопасности. Что касается альтернативного неорганического дезинфектанта, то учитывая рекомендуемую дозу $0,5 \text{ г/м}^3$, ($0,5 \text{ ПДК}$) потребуется $7,3 \text{ т}$ меди в расчете на Cu^{2+} или $18,2 \text{ т}$ в расчете на CuSO_4 .

Оценим также поступление в воду с раствором АКМ аммиака и сульфат-иона, содержащихся в последнем.

При использовании АКМ с последующим достижением в воде концентрации Cu^{2+} в пределах $0,2 - 0,5 \text{ г/м}^3$ в ней появится аммиак с концентрацией $0,23 - 0,57 \text{ г/м}^3$, а концентрация сульфат-ионов увеличивается на $0,3 - 0,75 \text{ г/м}^3$. Укажем при этом, что согласно СанПин 2.1.4.1074-01 [4], гигиеническим нормативом для аммиака (по азоту) является величина 2 мг/л , для SO_4^{2-} – 500 мг/л .

Рассмотрим также другие положительные стороны замены вторичного хлорирования на введение Cu^{2+} с санитарно-экологических позиций.

1. В питьевой воде появляются ионы меди (намного ниже ПДК), являющейся, как известно, физиологически полезным микроэлементом.

2. Практически прекращается поступление газообразного хлора в окружающую среду, соответственно резко уменьшается и экологическая опасность очистных сооружений водопровода.

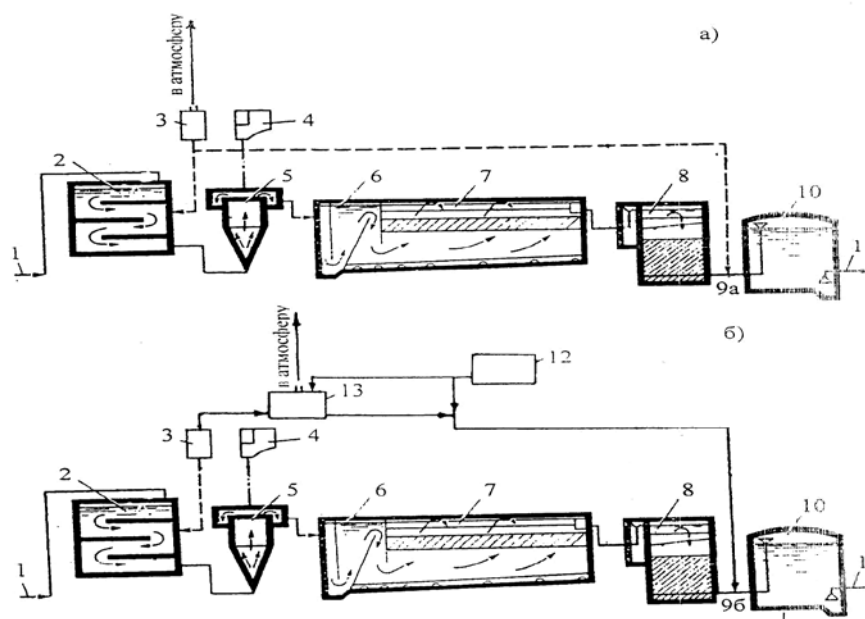


Рис. 5. Существующая технологическая схема очистки воды с двойным хлорированием (а) и рекомендуемая с утилизацией хлора:

- 1 – вода на очистку; 2 – контактный резервуар (первичное хлорирование);
3 – хлораторная; 4 – баки с коагулянтном; 5 – вертикальный смеситель; 6 – камера хлопьеобразования;
7 – горизонтальный отстойник; 8 – скорый фильтр; 9а – место ввода хлора (вторичное хлорирование);
9б – место ввода АКМ; 10 – резервуар чистой воды; 11 – отвод очищенной воды;
12 – установка синтеза АКМ; 13 – абсорбер хлора

3. Не будет загрязнено до уровня (1,5 мг/л) по хлору около 14,6 млн. м³ воды, а в районе производства хлора не будет загрязнено (по [5]):

$$21,9 \times 1050 \approx 23000 \text{ м}^3 \text{ воды}$$

Добавим к этому, что рекомендуемая хлор-ионная технология биоцидной обработки предпочтительна в тех случаях, когда требуются быстрое обеззараживание воды и длительное ее сохранение, что особенно актуально в теплое время года или при угрозе распространения инфекционных заболеваний, передающихся водным путем. Так как бактерицидное действие меди резко возрастает при нагревании (а хлора – несколько снижается), эффективность хлор-ионного метода повышается именно в теплые месяцы года.

Библиографический список

1. Гутенев В.В. Бактерицидные технологии повышения безопасности систем питьевого водоснабжения. Дис... д-ра техн. наук. – Н. Новгород, 2004. – 447 с.
2. Основы химии и технологии воды / Кульский Л.А.; Отв. ред. Строкач П.П.; АН УССР. Ин-т колл. химии воды им. А.В. Думанского. – Киев: Наук. думка, 1991. – 586 с.
3. Экологический паспорт МПУ “Водоканал” / Расчет тома ПДВ. – 1991. Новочеркасск: НПИ. – 125 с.
4. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Федеральный центр Госкомсанэпиднадзора России (СанПиН 2.1.4.1074-01), 2002. – 103 с.
5. Яковлев С.В., Стрелков А.К., Мазо А.А. Охрана окружающей среды. – М.: Изд-во АСВ, 1998. – 180 с.