

В. Д. Назаров¹, И. Ф. Гараев¹, М. В. Назаров¹, А. А. Русакович, В. Б. Соловьев²

Физико-химические методы очистки и обеззараживания сточных вод туберкулезных и инфекционных больниц

¹ Уфимский государственный нефтяной технический университет
450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; тел.: (347) 243-19-52

² ООО «Стройпроектсервис»
г. Уфа, ул. Красногвардейская, 2

Рассмотрены три варианта очистки и обеззараживания сточных вод физико-химическими методами, реализованные на практике в республиканских лечебных учреждениях

Ключевые слова: очистка сточных вод, туберкулезные больницы

Лечебные учреждения, как правило, не имеют собственных очистных сооружений, сбрасывают сточные воды (СВ) в систему городской канализации с биологическими очистными сооружениями, которые не предназначены для обеззараживания СВ, содержащих патогенные микроорганизмы. Туберкулезные санатории, расположенные в курортных зонах вдали от населенных пунктов, также не имеют собственных очистных сооружений.

Согласно приказу Минздрава №109 от 21.03.2003 «О совершенствовании противотуберкулезных мероприятий в Российской Федерации» рекомендуется для обеззараживания СВ туберкулезных больниц использовать 5%-й раствор хлорной извести или хлорамина из расчета два объема дезраствора на один объем фекалий с экспозицией 720 мин путем заливки дезраствора непосредственно в выгребную емкость.

Способ обеззараживания в выгребной емкости не исключает дальнейшую очистку СВ от загрязняющих веществ с последующим сбросом в водоем. На этой стадии возникают противоречия с нормативными актами. Так, в ГН 2.1.5.1315-03 «ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» указано, что в СВ, поступающих в водные объекты, активный хлор должен отсутствовать.

Ниже рассмотрены три варианта очистки и обеззараживания СВ физико-химическими методами, реализованные на практике:

- термический;
- электрокаталитический;
- плазмохимический.

Термический метод

Технологическая схема очистки и обеззараживания представлена на рис. 1.

Очистка СВ производится следующим образом. Исходную СВ предварительно нагревают в теплообменном аппарате 2 за счет тепла очищенных СВ, затем СВ дополнительно нагревают в трубном пространстве автоклава 3 за счет тепла обеззараженных СВ, после чего

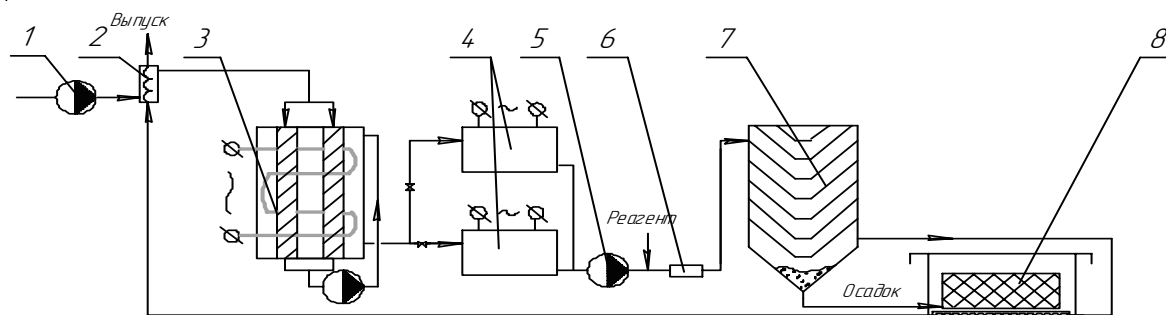


Рис. 1. Технологическая схема обеззараживания и очистки сточных вод с использованием термического метода: 1 – насосная станция; 2 – теплообменный аппарат; 3 – автоклав; 4 – электролизер; 5 – насосная станция; 6 – смеситель; 7 – отстойник с тонкослойными модулями; 8 – сгуститель осадка со встроенным теплообменным аппаратом

Дата поступления 06.09.07

ее обеззараживают в межтрубном пространстве автоклава 3 термоэлектрическим нагревом с помощью элемента типа ТЭН 110–120 °С и давления 0.3–0.5 мПа в течение 1 ч. Охлаждение СВ проводят в межтрубном пространстве автоклава за счет подачи свежей порции СВ в трубное пространство автоклава, после чего подвергают электрокаталитической обработке и реагентной обработке седиментацией. СВ охлаждают в сгустителе осадка теплопередачей через стенку в теплообменном аппарате за счет свежей порции воды. Очищенную СВ (температура 20–30 °С) направляют на сброс, а образующийся в отстойнике осадок отводят на сгуститель, где подогревают в режиме мезофильного или термофильного сбраживания теплом очищенных сточных вод для обезвоживания и компостирования. Рассмотренный метод позволяет получить гарантированный эффект обеззараживания сточных вод, однако из-за высоких энергозатрат может быть рекомендован на производительность до 50 м³/сут.

Электрокаталитический метод

Технологическая схема очистки и обеззараживания представлена на рис. 2.

Принцип работы сооружений заключается в следующем. Хозяйственно-бытовая СВ туберкулезной больницы накапливается в накопителе 1, оборудованном датчиками минимального и максимального уровня. По сигналу датчика максимального уровня включается насос 2, подающий воду через решетки 10 в от-

стойник 4, оборудованный полочными блоками, за счет которых увеличивается эффект очистки СВ от взвешенных веществ и уменьшается расчетное время обработки воды. С целью интенсификации процесса очистки и укрупнения высокодисперсных частиц перед отстойником в трубопровод дозируется коагулянт с помощью реагентного хозяйства 3. Одновременно в СВ подают раствор хлорида натрия, необходимого для интенсификации процесса электролиза в блоке 6.

Осадок, отделившийся в отстойнике 4, подается в накопитель осадка 5, выполненный из двух блоков. При заполнении осадком накопителя закрывается задвижка на подающем трубопроводе, включается термоэлектронагреватель. В накопителе поднимается давление до 0.2 мПа и температура до 110–120 °С. Время выдерживания осадка при указанных параметрах – 1 час. Обеззараженный осадок сливается на иловые площадки с дренажем для обезвоживания вымораживанием, либо выпускается в шамбо при условии вывоза обеззараженного осадка в места захоронения.

Предварительно очищенная в отстойнике вода подается на зернистый фильтр 9 для снижения концентрации взвешенных веществ до 10 мг/л, а затем на глубокую очистку в мембранный электролизер 6 и каталитический фильтр 7.

В анодной камере электролизера на электроде выделяются газообразный кислород

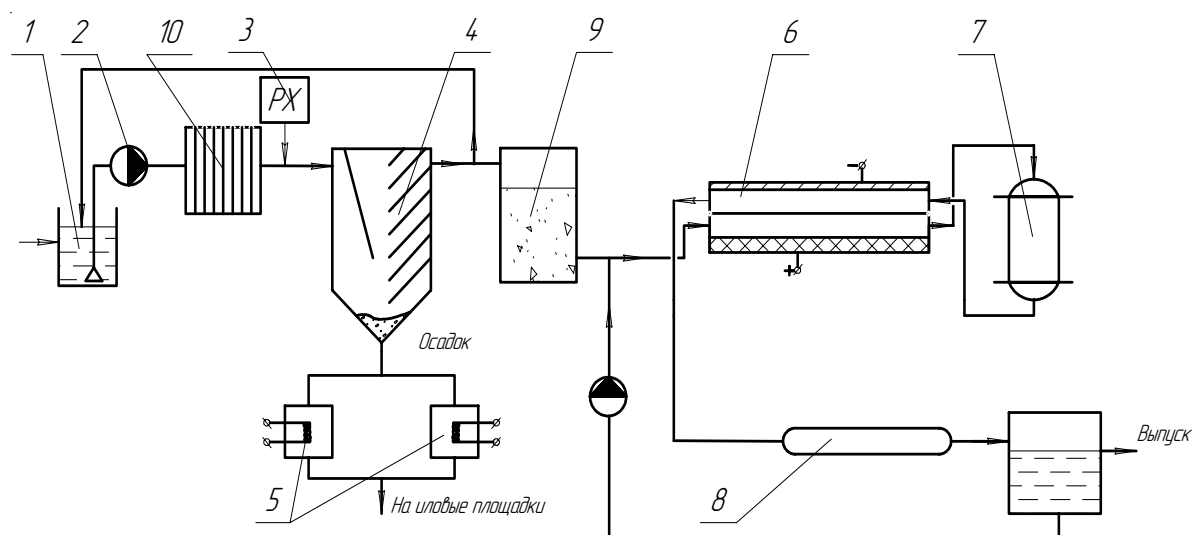
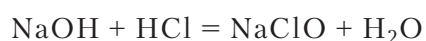
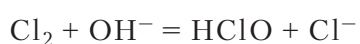
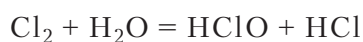


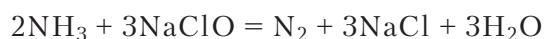
Рис. 2. Технологическая схема обеззараживания и очистки сточных вод с использованием физико-химических методов: 1 – накопитель сточных вод; 2 – насос; 3 – реагентное хозяйство; 4 – отстойник с полочными блоками; 5 – накопитель осадка с термоэлектронагревателями; 6 – мембранный электролизер; 7 – фильтр с каталитическим зернистым материалом; 8 – УФ-лампа; 9 – фильтр с зернистым материалом; 10 – решетки; 11 – РЧВ

и хлор, которые растворяются в воде при избыточном давлении 0.5 мПа. Ион гидроксила, который образуется в катодной камере, проходит полупроницаемую мембрану под действием электрического тока, поступает в анодную камеру. В анодной камере происходит электрохимический синтез гипохлорита натрия, обладающего высокой окислительной способностью, по следующей реакции:



Атомарный кислород и гипохлорит натрия окисляют органические вещества, находящиеся в СВ. Эффект окисления повышается за счет действия катализатора, помещенного в фильтрующий блок 7, что приводит к увеличению скорости и глубины минерализации органических веществ. В качестве катализатора использован железосодержащий катализатор, разработанный в УГНТУ на кафедре «Водоснабжение и водоотведение».

В анодной камере электролизера происходит разложение аммиака до молекулярного азота, минуя стадию нитрификации:



Вода, прошедшая каталитический блок, возвращается в катодную камеру электролизера, в которой происходит ее нейтрализация щелочной средой католита. Экспериментально установлено, что для полного обеззараживания концентрация NaCl должна быть не ниже 6 г/л.

Далее вода поступает в блок обеззаражи-

вания УФ-излучением 8 и резервуар чистой воды (РЧВ) 11.

Зернистый фильтр 9 регенерируют обратным током воды, забираемой насосом из РЧВ. Промывная вода возвращается в голову сооружений.

Качество СВ до очистки и по ступеням очистки приведено в табл. 1.

Отличительной особенностью рассмотренной схемы является простота аппаратного оформления, невысокие энергозатраты, дешевизна использованного реагента (хлористого натрия), возможность полной автоматизации процесса при достижении высоких показателей качества очищенных вод. Рекомендуемая производительность 10–200 м³/сут.

Плазмохимический метод

Технологическая схема очистки и обеззараживания СВ представлена на рис. 3.

Принцип работы установки заключается в следующем. СВ из колодца 1 забираются насосом 2. Отстойник 6 с тонкослойными модулями предназначен для извлечения взвешенных веществ. Для увеличения эффекта очистки воды применен коагулянт — оксихлорид алюминия, дозируемый в воду с помощью реагентного хозяйства 5. Осадок, извлекаемый в отстойнике 6, самотечно поступает в автоклав 3. После заполнения автоклава он закрывается герметично, включаются теплоэлектронагревательные элементы (ТЕН), за счет чего повышается температура и давление. Осадок выдерживается в течение 30 мин при температуре 110–120 °С, в результате чего происходит его полное обеззараживание.

Предварительно осветленная в отстойнике вода содержит до 30% высокодисперсных частиц, для извлечения которых в воду с помощью реагентного хозяйства 7 дозируют ферромагнитный сорбент и подают воду на очистку

Таблица 1

Эффект очистки сточных вод электрокаталитическим методом

Загрязняющее вещество	Исходное значение, мг/л	На выходе отстойника, мг/л	На выходе электролизера, мг/л	На выпуске, мг/л
Взвешенные вещества	460	47	42	8.5
БПК _н	244	58	6.0	6.0
Азот аммонийный	32	29	2.5	1.0
Цисты геогельминтов, биогельминтов, цисты кишечных простейших, ед.				Отс.
Энтерококки, КОЕ/100мл				45
Остаточный хлор			2.1	Отс.
Остаточный озон				Отс.

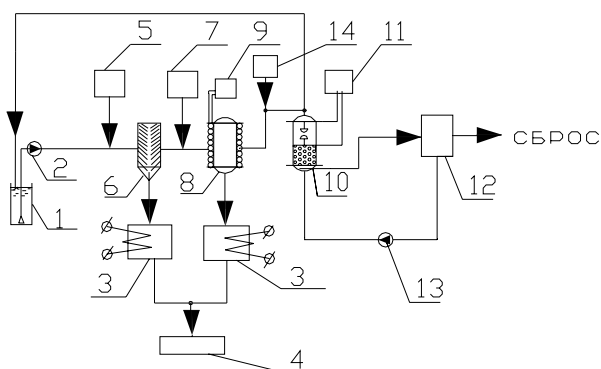


Рис. 3. Технологическая схема обеззараживания и очистки сточных вод плазмохимическим методом: 1 – колодец; 2 – насосная станция; 3 – автоклав; 4 – иловые площадки; 5 – реагентное хозяйство (коагулянт); 6 – отстойник; 7 – реагентное хозяйство (ферромагнитный сорбент); 8 – ферромагнитный фильтр; 9 – источник питания; 10 – плазмохимический фильтр; 11 – генератор импульсных напряжений; 12 – РЧВ; 13 – промывной насос; 14 – компрессор

в ферромагнитный фильтр 8. Ферромагнитный фильтр 8 относится к нетрадиционным водоочистным аппаратам, принцип которых основан на закреплении извлекаемых частиц на фильтрующей ферромагнитной загрузке под действием магнитных сил. Магнитные силы на 3–4 порядка больше молекулярных сил, действующих в классических скорых фильтрах, поэтому скорость фильтрования в ферромагнитных фильтрах может быть существенно увеличена.

Отличительной особенностью ферромагнитных фильтров является простота регенерации. В режиме регенерации достаточно слить воду из фильтра при выключенном источнике питания. Обводненный осадок сливают в автоклав 3, где его термически обеззараживают.

Основное требование, предъявляемое к проектируемым очистным сооружениям, заключается в обеззараживании СВ, содержащих патогенную микрофлору. Из всех известных реагентов, применяемых для обеззараживания природных и СВ, наибольшим эффектом обладает озон. Обеззараживающая доза озона составляет 5 мг/л при продолжительности контакта 5–10 мин и величине остаточного озона 0.3–0.4 мг/л.

Эффект обеззараживания по патогенным бактериям и вирусам, включая наиболее устойчивые вирусы гепатита и полиомиелита 99.99–100 %.

Однако следует отметить ряд недостатков в применяемых на практике систем озонирования и генераторов озона:

- высокая стоимость генераторов озона;
- наличие системы подготовки воздуха (очистка, осушка);
- отсутствие эффективных устройств диспергирования озона – воздушной смеси в воде;
- необходимость нейтрализации озона, непрореагировавшего с загрязняющими веществами;
- низкий КПД системы озонирования.

Все эти недостатки приводят к мысли о целесообразности совершенствования метода озонирования.

Альтернативным методом обеззараживания является обработка воды в плазмохимическом фильтре 10, который полностью заменяет многоступенчатую традиционную систему озонирования. В плазмохимических фильтрах непосредственно в потоке обрабатываемой воды с определенной периодичностью порядка 1 Гц создаются высоковольтные импульсные искровые разряды между электродами. За весьма длительный промежуток времени между импульсами от маломощного источника питания заряжается конденсаторная батарея, которая практически мгновенно разряжается через плазменный шнур искрового разряда. Время разрядного импульса составляет доли микросекунды, вследствие чего мощность разрядного импульса составляет сотни киловатт.

В процессе развития искрового разряда и его схлопывания в фильтре происходят следующие процессы, приводящие к деструкции трудноокисляемых веществ и обеззараживанию воды:

- гидравлические удары;
- ультрафиолетовое свечение;
- образование озона, атомарного кислорода, пероксида водорода, надпероксида водорода и др. сильных окислителей;
- электрополевое и электрофоретическое воздействие на высокодисперсные частицы;
- термическое воздействие на загрязняющие вещества.

Количество вырабатываемого озона регулируется подачей кислорода воздуха с помощью компрессора 14. Давление воздуха в компрессоре 0.25 мПа. Расход воздуха – 500 г/ч. При этом концентрация озона в плазмохимическом фильтре составляет 20 мг/л. Мощность источника питания не превышает 100 Вт.

Для увеличения окислительной мощности вырабатываемых окислителей в фильтре используется гранулированный алюмомарганцевый катализатор типа АОК-7541.

Обеззараженный осадок из автоклавов 3 подают на иловые площадки 4.

Все указанное оборудование очистных сооружений производительностью 200 м³/сут размещено в помещении площадью 50 м² и высотой 3 м.

В воде, прошедшей обработку в плазмохимическом фильтре, содержатся остаточная концентрация озона, окислительная мощность которого эквивалентна концентрации активного хлора 2 мг/л.

Качество очищенных вод соответствует требованиям ПДК_{рх}. Очищенная вода и извлеченный осадок обеззаражен по всем показателям до полного отсутствия микроорганизмов.

Отличительной особенностью рассмотренной схемы являются низкие энергозатраты, возможность полной автоматизации процесса, сложность плазмохимического фильтра и генератора импульсных напряжений. Рекомендуе-

мая производительность очистных сооружений 100 м³/сут и более.

Органами эпиднадзора установлен высокий эффект очистки и обеззараживания СВ, изготовление сооружений очистки и обеззараживания бытовых СВ термическим, электрокаталитическим и плазмохимическим методами.

Термический метод целесообразно применять до производительности 50 м³/сут, электрокаталитический – до 200 м³/сут, плазмохимический – от 100 м³/сут и выше.

Эффект очистки и обеззараживания СВ не зависит от исходного значения БПК, от отношения биогенных элементов, температуры воды. Сооружения быстро выходят на режим, могут быть полностью автоматизированы.

Сооружения высококонкурентны традиционным биологическим сооружениям очистки хозяйственных СВ малых населенных пунктов, в особенности, находящихся в сложных климатических условиях. При необходимости осадок может быть подвергнут ускоренному компостированию с получением товарного продукта.