

Житенев Б.Н., Белов С.Г., Наумчик Г.О., Сторожук Н.Ю., Любчук Ю.Е.

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕСТРУКТИВНЫХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Введение. Одной из наиболее острых проблем охраны водного бассейна, возникающих при производстве тканей, является использование красителей. Проблема заключается в том, что не весь краситель из красильных растворов переходит на ткань в процессе крашения. Значительная его часть вместе с отработанными красильными растворами попадает в сточные воды предприятия и далее загрязняет водный бассейн. Сточные воды отдельных предприятий могут значительно отличаться друг от друга по химическому составу и по концентрациям входящих в них компонентов. Химический состав и концентрация загрязнений в сточных водах зависит от вида окрашиваемой ткани, марок используемых красителей и принятой технологической схемы окрашивания.

В текстильной промышленности различные типы красителей используют для придания тканям необходимой окраски. При этом красители в сточных водах могут присутствовать в грубодисперсной, коллоидной, молекулярной и ионной формах. Технологический процесс каждого текстильного предприятия имеет свои особенности, что связано с видами окрашиваемых тканей, применяемыми красителями, текстильно-вспомогательными веществами, а также используемым оборудованием [1].

Сточные воды текстильных предприятий, как правило, сильно окрашены. К примеру, цветность (по разбавлению) отработанных красильных растворов при крашении в черный цвет в зависимости от вида окрашиваемого полуфабриката колеблется от 1:10000 до 1:30000. Кроме того, наряду с красителями, отработанные красильные растворы содержат и другие сопутствующие органические и минеральные соединения. Это синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), ароматические углеводороды, спирты, органические и минеральные кислоты, неорганические соли, ионы тяжелых металлов, высокомолекулярные отделочные препараты. Все это объясняет то, что красильные стоки характеризуются высокими БПК и ХПК. Присутствие в красильной ванне разнообразных красителей и ионов металлов приводит к образованию продуктов их взаимодействия, зачастую имеющих большую опасность для окружающей среды, чем исходные вещества [2].

В целом, все известные методы очистки сточных вод красильно-отделочных производств можно разделить следующим образом:

- Методы реагентной коагуляции и флотации, основанные на извлечении загрязнений в осадок или флотошлаки. Преимуществами данных методов являются простота осуществления. Недостатками их являются невысокая степень очистки, особенно по обесцвечиванию, необходимость эмпирического подбора реагентов, трудность дозировки реагентов, образование значительных количеств осадков или флотошлама, необходимость их обезвреживания, захоронения или складирования.
- Методы сорбции на активных центрах с применением активированных углей и ионитов различного происхождения. Преимуществами данных методов являются простота осуществления и вы-

сокая эффективность. Недостатками их являются необходимость регулярной регенерации и периодичной замены поглощающей загрузки, необходимость тщательного контроля сорбирующей способности для предотвращения проскока загрязнений, проблемы, возникающие при утилизации регенерационных растворов.

- Электрохимические методы очистки — электрофлотация, электрокоагуляция с нерастворимыми анодами, электрокоагуляция с растворимыми анодами. Преимуществами данных методов являются довольно высокая эффективность при правильном их осуществлении, относительная простота конструкции установок, высокая надежность. Недостатками являются сравнительно высокое потребление электроэнергии, расход металла при осуществлении процесса электрокоагуляции с растворимыми анодами, образование большого количества осадков.
- Ультрафильтрация и обратный осмос. Эти методы обеспечивают высокую степень очистки. Недостатками данных методов являются сложное аппаратное оформление, необходимость предварительного удаления нерастворимых примесей, необходимость применения высоких давлений.
- Деструктивные методы, основанные на глубокой деструкции органических молекул: обработка с помощью сильных окислителей, ультрафиолетового и ультразвукового излучения, окисление по радикальному механизму. Эти методы технологичны, эффективны, не дают осадков, позволяя достичь высокой степени очистки, не вносят дополнительные загрязнения, воздействуют практически на все виды загрязнений. Недостатком является высокая себестоимость.
- Биологические методы очистки разлагают органические загрязнения в сточной воде посредством микроорганизмов, которые используют органические загрязнения как питание для своей жизнедеятельности. Преимуществами данных методов являются: дешевизна и экономическая эффективность. Недостатками данных методов являются чувствительность к токсичным веществам, неспособность удалять трудноокисляемые вещества, неприменимость при БПК_{полн} превышающих 1000 мг/л, невозможность достичь глубокой степени очистки.

Среди вышеперечисленных методов каждый метод имеет определенную область применения. Области применения некоторых методов перекрываются, в этом случае выбирают наиболее надежный и наиболее экономичный метод.

В настоящее время большой интерес в мире появляется к деструктивным методам, основанным на глубокой деструкции органических молекул. Это связано с трудностью удаления стойких органических загрязнений (СОЗ) из сточных вод. К данным загрязнениям относятся многие химические соединения, применяемые при отделке тканей: значительная часть органических красителей, неионогенные ПАВ, нефтепродукты, хлорорганические соединения, отделочные препараты.

Житенев Борис Николаевич, к.т.н., доцент, зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

Белов Сергей Григорьевич, к.т.н., ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

Наумчик Григорий Остапович, ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

Сторожук Наталья Юрьевна, магистр кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Любчук Юрий Евгеньевич, электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования ГП «Брестводоканал».

Особенно сильным деструктивным действием по отношению к вышеперечисленным СОЗ обладают гидроксильные радикалы HO^\cdot , HO_2^\cdot , HO_3^\cdot . Они образуются при взаимодействии озона с пероксидом водорода, при воздействии коротковолнового электромагнитного излучения на воду, озон и пероксид. Также гидроксильные радикалы образуются при использовании катализаторов (тяжелых поливалентных металлов) в процессах окисления озоном и пероксидом водорода. Большой интерес вызывает метод, сочетающий комплексное воздействие озона и пероксида водорода с одновременным действием ультрафиолетовых лучей и ультразвуковым воздействием. На практике такое сочетание факторов можно осуществить применением метода электрогидроэффекта (ультрафиолетовое и ультразвуковое воздействие) с одновременной обработкой озоном и добавлением небольшого количества перекиси водорода, что вызывает активацию процесса образования гидроксильных радикалов, обладающих гораздо большей окислительной способностью по сравнению с исходными окислителями [3].

Экспериментальная проверка метода продвинутого окисления для удаления органических веществ. На кафедре ВВиТ Брестского государственного технического университета было исследована эффективность совместного действия озона и перекиси водорода на ПАВ с целью их полного разрушения. Исследования выполнялись с использованием озонатора PLATON 10/2, генерирующего озон из обогащенной кислородом воздушной смеси (концентрация кислорода 94...95%). Озоно-кислородная смесь поступала в реактор, представляющей собой вертикальную стеклянную трубу диаметром 55 мм (рис. 1).



Рис. 1. Лабораторная установка на основе озонатора PLATON 10/2 для озонирования растворов

Объем обрабатываемого раствора ПАВ составлял 1 литр. Остаточная концентрация СПАВ в сточной воде определялась методом экстракции хлороформом в присутствии красителя акридинового желтого. Раствор ПАВ озонировали без добавления перекиси водорода и с добавлением перекиси водорода в концентрациях 5–8 мг/л. Доза озона варьировалась в пределах 4–20 мг/мг ПАВ. Результаты исследований представлены на рис. 2.

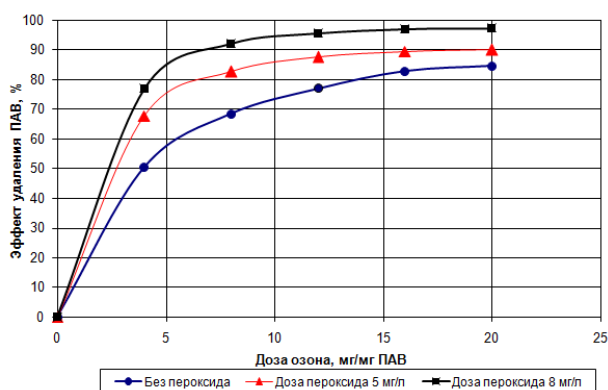


Рис. 2. Влияние концентрации перекиси водорода на эффективность деструкции ПАВ с помощью озона

Данные, представленные на рисунке 2, свидетельствуют, что совместно действие пероксида водорода и озона более эффективно, чем их раздельное действие. Так, при дозе озона 10 мг/мг ПАВ эффективность удаления составляла порядка 75%, при введении в раствор пероксида водорода в концентрации 5 мг/л при той же дозе озона эффективность удаления ПАВ увеличилась до 85%, а при увеличении концентрации пероксида водорода до 8 мг/л при той же дозе озона — до 95%. В связи с тем, что озон имеет значительно более высокую стоимость, чем пероксид водорода, такое сочетание факторов (озон плюс пероксид водорода), ведущее к образованию свободных радикалов, является рациональным как с экономической, так и с технологической точки зрения.

Однако в случаях, когда необходимо удалить из сточных вод соединения, стойкие к воздействию сильных окислителей и других воздействий по отдельности, создание условий при которых образуются свободные радикалы во время осуществления процесса очистки, просто необходимо, несмотря на затраты. Такая ситуация возникает при необходимости разрушения таких стойких органических загрязнений, как многоядерные органические соединения, стойких антибиотиков, фенолов, при необходимости обеззараживания сред, содержащих особенно стойкую патогенную микрофлору [4].

На практике выбор деструктивного метода должен зависеть от требований к очищенной воде. Цели очистки могут быть различными:

1. Очистка сточных вод до уровней ПДК, допустимых к сбросу в коммунальную канализацию или в водоем.
2. Очистка сточных вод до показателей, позволяющих ее повторно использовать в некоторых технологических процессах. Данный вариант очистки более рационален по сравнению с первым, т.к. позволяет уменьшить потребление свежей воды и сократить объем сбрасываемых сточных вод.
3. Очистка сточных вод до показателей, позволяющих её использовать во всех технологических процессах, т.е. практически до уровня исходной потребляемой чистой воды. Данный вариант позволяет перейти на замкнутую систему водоснабжения, что является наиболее рациональным с точки зрения использования водных ресурсов и охраны окружающей среды.

В соответствии с целями очистки должна разрабатываться соответствующая технологическая схема очистки, включающая в себя различные методы (сорбционные, деструктивные, коагуляционные и т.д.) на различных стадиях, причем интенсивность данных методов также будет определяться целями очистки. К примеру, при использовании озона для деструкции фенола в сточной воде его окисление протекает через стадию образования резорцина, дециклизации до глизиновой кислоты, глизинового альдегида, малеиновой и фумаровой кислоты. Для окисления фенола до данных веществ требуется 1...5 моль озона на один моль фенола. Для более глубокого окисления фенола до глиоксала, муравьиной кислоты, щавелевой кислоты и глиоксалиевой кислоты требуются более высокие дозы озона — 7...10 моль озона на один моль фенола. При использовании озона в соотношении 15...20 моль озона на один моль фенола возможно его окисление до конечных неорганических продуктов H_2O , CO_2 [3].

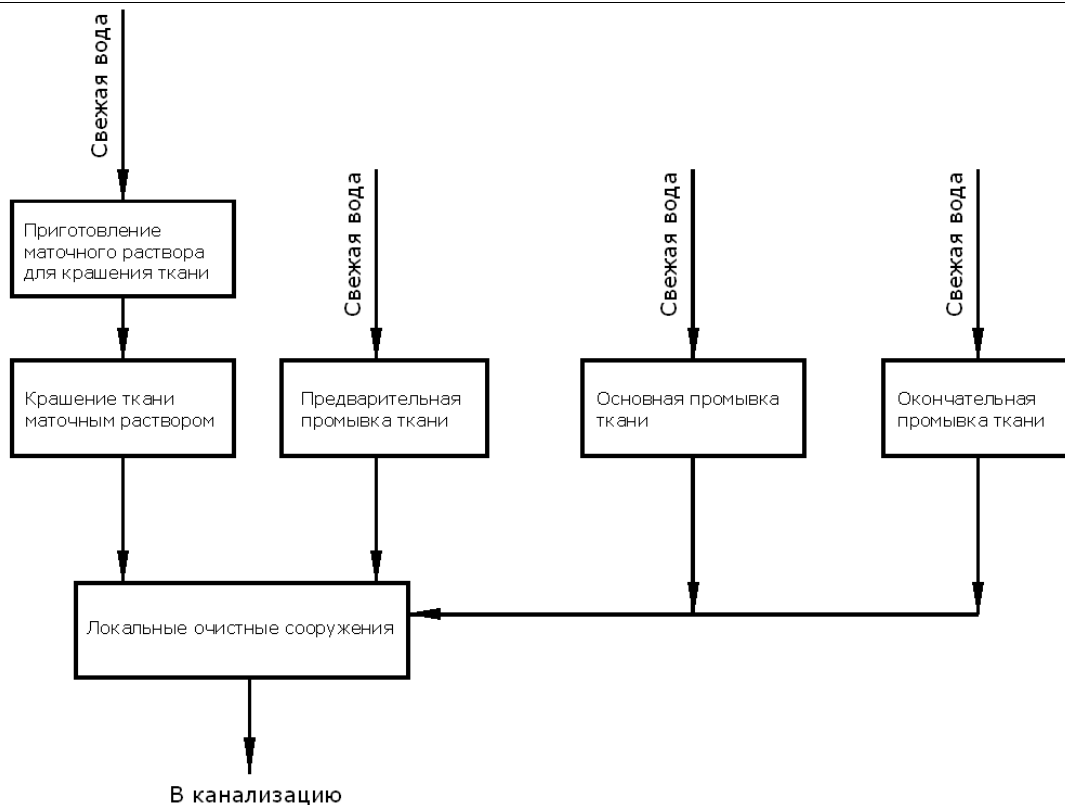


Рис. 3. Традиционная схема использования воды на текстильных предприятиях

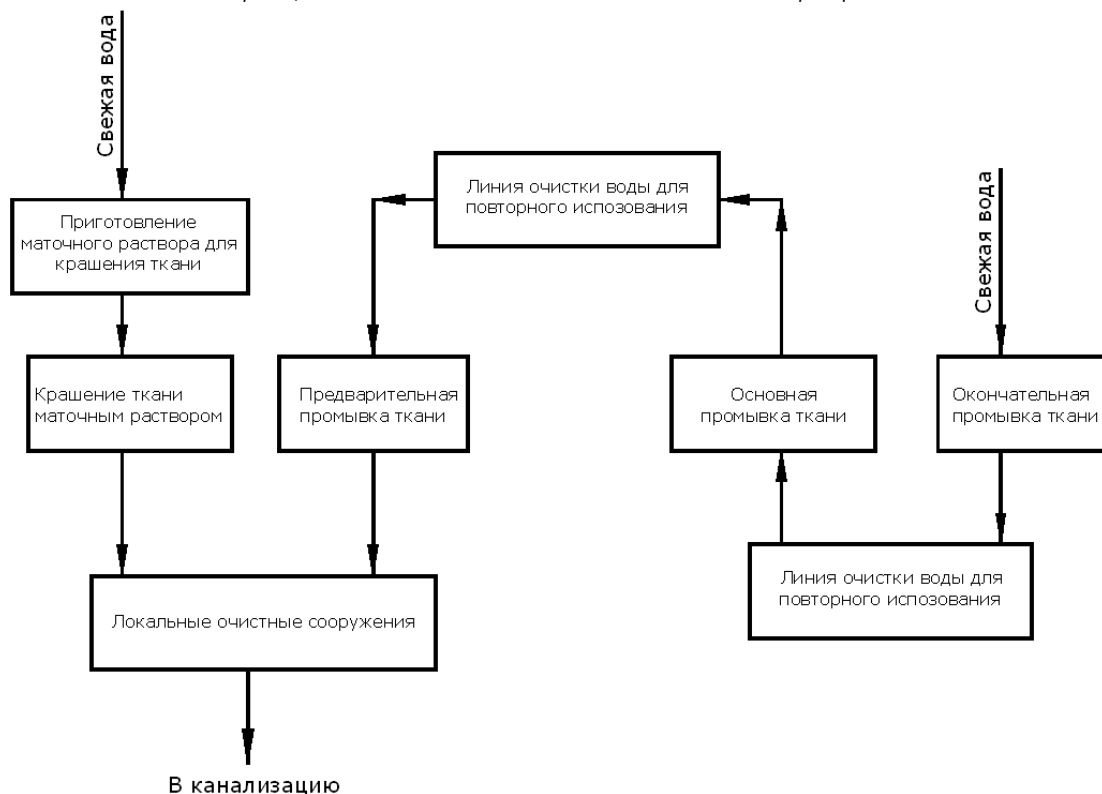


Рис. 4. Рациональная схема использования воды на текстильных предприятиях, предусматривающая повторное ее использование в технологических процессах

В настоящее время на предприятиях текстильной промышленности Беларуси использование водных ресурсов для осуществления технологических процессов в основном производится по схеме, приведенной на рисунке 3 (на примере процесса крашения текстильных материалов или изделий).

Данная схема требует максимального расхода свежей воды, приводит к значительному загрязнению окружающей среды. С точки зрения рационального использования водных ресурсов более совершенной является схема, предполагающая повторное использование воды в различных технологических процессах (рис. 4).

При сравнении схем, приведенных на рисунке 3 и на рисунке 4, видно, что рациональная схема позволяет значительно сократить объем потребляемой свежей воды и уменьшить объем образующихся сточных вод. В результате уменьшаются размеры очистных сооружений предприятия, упрощается процесс очистки сточных вод, и, что особенно важно, достигается большой экономический эффект, поскольку в настоящее время цена на воду для промышленных предприятий может достигать 5000 белорусских рублей (с учетом канализации).

К примеру, водопотребление ОАО «Брестский чулочный комбинат» составляет порядка 600 м³/сут. В перспективе планируется увеличить водопотребление до 1100 м³/сут. Из данного объема сточных вод хозяйственно-бытовой сток составляет всего лишь 40...50 м³/сут, остальное — технологический сток. По расчетам авторов статьи, в рамках данного предприятия при осуществлении схемы, представленной на рисунке 3, возможно сэкономить 300...500 м³/сут. В стоимостном выражении это может составить 1...3 миллиона белорусских рублей в сутки. Очевидно, что такой экономический эффект способен окупить даже значительные капитальные вложения в организацию рациональной схемы использования воды, включающей в себя такие относительно дорогостоящие методы очистки воды, как озонирование, УФ-обработка, методы окисления по радикальному механизму.

Заключение

1. В настоящее время в связи с удорожанием водных ресурсов появляется необходимость в их более рациональном использо-

вании, особенно в такой водоемкой отрасли промышленности, как текстильная.

2. Для осуществления схемы повторного использования воды наряду с другими методами очистки очень эффективными являются методы продвинутого окисления по радикальному механизму, позволяющие разрушать даже самые стойкие органические загрязнения, трудно удаляемые другими методами.
3. Единственный путь снижения водопотребления текстильных предприятий — переход на схемы повторного использования воды в технологических процессах.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кричевский, Г.Е. Химическая технология текстильных материалов / Г.Е. Кричевский, М.В.Корчагин, А.В.Сенахов. — М.: Легпромбытиздат, 1985. — 640 с.
2. Ефимов, А.Я. Очистка сточных вод предприятий легкой промышленности / А.Я. Ефимов, И.М.Таварткиладзе, Л.И. Ткаченко. — Киев: Техника, 1985. — 230 с.
3. Мунтер, Райн. Очистка промышленных стоков / Райн Мунтер // Использование и менеджмент водных ресурсов. Программа Балтийского университета — Уппсальский университет, 2003. — С. 219–236.
4. Разумовский, С.Д. Озон и его реакции с органическими соединениями / С.Д. Разумовский, Г.Е. Заиков. — М.: Наука, 1974. — 172 с.

Материал поступил в редакцию 18.05.09

ZHITENEV B.N., BELOV S.G., NAUMCHIK G.O., STOROZHUK N.J., LJUBCHUK J.E. Application of destructive methods of sewage treatment of the enterprises of the textile industry for creation of technologies of their reuse

The article deals with the problems of the purification of sewage of the factories of textile industry. The methods of purification used in the given branch have been reviewed in the article. Special emphasis has been laid on the usage of the method of advanced oxidation according to the radical mechanism. The article gives data of experimental research proving the effectiveness of the method of oxidation according to the radical mechanism. The comparison of the traditional scheme of using water at textile factories with the more rational scheme of providing the reuse of water has been done. The economic efficiency of a rational scheme of waterusage has been estimated in the article.

УДК 628.523

Житенёв Б.Н., Белов С.Г., Радюк А.В.

УДАЛЕНИЕ КРАСИТЕЛЕЙ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ

Введение. Текстильная промышленность характеризуется высоким потреблением энергоресурсов, воды, химических материалов, и является сильным источником загрязнения окружающей среды, в частности — водного бассейна. При производстве 1 т готовой ткани образуется: на льнокомбинатах бытовых тканей — 260–350 м³ сточных вод, на хлопчатобумажных комбинатах бельевых и одежных тканей 270 м³, на камвольно-суконных комбинатах с цехом крашения волокна — 478 м³, на тонкосуконных фабриках с цехом крашения волокна — 545 м³ [1].

Производственные сточные воды текстильных предприятий содержат широкий спектр трудноудаляемых загрязнений: примеси суровых тканей, остатки волокон, шлихтующие препараты, красители, ТВВ, щелочи, кислоты, синтетические поверхностно активные вещества (СПАВ), тяжелые металлы, органические растворители, формальдегид и др. Для очистки сточных вод текстильных предприятий используются различные методы очистки: нейтрализация, коагуляция, флотация, экстракция, сорбция, гиперфильтрация, электрохимическая, биологическая очистка [2]. Одним из наиболее эффективных методов является электрокоагуляция.

Для применения метода электрокоагуляции требуется относительно высокие затраты электроэнергии и металла (алюминия или железа) в качестве расходного материала для растворимых анодов.

Но, несмотря на эти недостатки, данный метод отличается высокой эффективностью при удалении органических растворимых загрязнений и взвешенных веществ, простой конструкцией установки для его осуществления, высокой надёжностью. Поэтому в условиях реального производства применение метода электрокоагуляции во многих случаях более предпочтительно по сравнению с другими методами [3].

К примеру, на ОАО «Брестский чулочный комбинат» для снижения цветности сточных вод используются дорогостоящие препараты: «РЕДУТЕКС - БОР», «РЕДУТЕКС - РАП» швейцарского производства. Однако эффект от их применения является неустойчивым, поскольку данные вещества обладают восстановительными свойствами, а восстановленные, обесцвеченные формы красителей при дальнейшем окислении кислородом воздуха, попадающим в сточные воды при технологических операциях могут опять превращаться в исходные окрашенные формы. Более эффективным методом обесцвечивания сточных вод является применение сильных окислителей, полностью разрушающих хромофорные группы молекул красителей. Но как применение восстановителей, так и применение окислителей не решает важной проблемы очистки сточных вод текстильных предприятий - снижения ХПК. Решение данной проблемы возможно только при использовании методов обратного осмоса, адсорбционных методов, реагентной коагуляции и электрокоагуляции.

Радюк Александр Викторович, студент группы 0-9-4, специальность водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов Брестского государственного технического университета.
Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.