

УДК 667.6

**КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА
ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

**COMBINED TECHNOLOGICAL SCHEME
OF WASTEWATER TREATMENT OF TEXTILE INDUSTRIES**

*А.А. УТЕБАЕВА, Ж.К. БАХОВ, А.А. АБДУОВА, С.Ж. АБДИКЕРИМОВ,
Г.Т. ДЖУСИПБЕКОВА, Ш.Г. БЕЙСЕНБАЕВА, А.Н. КУРАЛБАЕВА
A.A. UTEBAEVA, ZH.K. BAKHOV, A.A. ABDUOVA, S.ZH. ABDIKERIMOV,
G.T. DZHUSIPBEKOVA, SH.G. BEYSENBAEVA, A.N. KURALBAEVA*

**(Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан,
Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан)
(M. Auezov South-Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan,
Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, Republic of Kazakhstan)
E-mail: asmat.63@mail.ru**

В статье рассмотрена классификация деления воды в зависимости от фазового состояния вещества в растворе и приведены используемые методы очистки сточных вод.

В работе подробно рассматривается метод электрофлотации в сочетании с методом ультрафильтрации для очистки сточных вод текстильных предприятий. Установлено, что применение комбинированного метода приводит к улучшению показателя очистки, загрязнения уменьшаются на 93...95%, значительно сокращается образование осадка.

The article discusses the classification of the division of water depending on the phase state of the substance in the solution and gives the methods used for wastewater treatment.

In this paper, the method of electroflotation in combination with the ultrafiltration method for wastewater treatment of textile enterprises is considered in more

detail. It was established that the use of the combined method leads to an improvement in the purification rate, pollution decreases by 93...95% and the formation of sludge is significantly reduced.

Ключевые слова: промышленное предприятие, технологический процесс производства, сточные воды, система канализации, химическая очистка, биологическая очистка.

Keywords: pridpriyatie industrial , manufacturing process, waste water, sewage systems, chemical treatment , biological treatment.

Одной из актуальных проблем предприятий текстильной промышленности является очистка сточных вод. Текстильные предприятия так же, как и предприятия других отраслей, характеризуются потреблением большого количества воды. После использования на различные нужды эти воды становятся непригодными для дальнейшего применения и образуют так называемые производственные сточные воды. На формирование производственных сточных вод влияет вид перерабатываемого сырья, технологический процесс производства, применяемые реагенты, промежуточные изделия и продукты, состав исходной воды, местные условия и др. На качество воды большое влияние оказывают вещества, которые находятся в воде в различных концентрациях и фазовых состояниях. Избыточная концентрация не-

которых из них может оказывать негативное влияние как на человека, так и на биологическую обстановку в природном водоеме. Поэтому при сбросе воды после технологического процесса необходимо проводить извлечение из стоков многих загрязняющих веществ и добиваться установленной предельно допустимой концентрации (ПДК) в сточных водах.

Все химические соединения, присутствующие в воде, можно разделить на органические и неорганические, а также классифицировать по их фазовому состоянию в растворе. Наиболее удачной считается классификация загрязнителей, предложенная Л.А. Кульским [1] (табл. 1 – классификация и методы извлечения веществ при очистке сточных вод).

Т а б л и ц а 1

Тип загрязнителя	Примеры методов очистки сточных вод
Нерастворимые в воде грубодисперсные примеси – взвеси, суспензии и эмульсии (первая группа), образуют с водой гетерогенные кинетически неустойчивые соединения	Методы, основанные на использовании сил гравитации
Вещества коллоидной степени дисперсности ($R < 0,1$ мкм), образующие с водой гидрофильные и гидрофобные системы, близкие к коллоидным растворам (вторая группа)	Флотация, седиментация, коагуляция, фильтрация
Вещества молекулярной степени дисперсности ($R < 0,01$ мкм). Растворимые органические соединения (третья группа)	Сорбция с применением активированных углей
Ионные растворы ($R < 0,001$ мкм). Растворы солей, кислот, щелочей, ионы металлов – электролиты (четвертая группа)	Метод обессоливания, реагентный метод – перевод ионов в малорастворимые соединения

Для определенных типов загрязнителей применяется своя группа методов очистки сточных вод. Используя классификацию по фазовому состоянию веществ в растворе, можно комбинировать методы очистки промышленных сточных вод. На основании информации о загрязнителях, присутствующих в

сточных водах, можно подобрать очистное оборудование для того или иного процесса. Очевидно, что выбор установки для обработки сточных вод необходимо осуществлять путем сопоставления данных о качестве воды с характеристиками этих установок.

В настоящей статье рассматривается один из вариантов комбинированного подхода к очистке сточных вод текстильных предприятий.

Основным объектом исследований являются сточные воды текстильных предприятий. Количество производственных сточных вод определяется в зависимости от производительности предприятия по укрупненным нормам водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности.

Состав и концентрация сточной воды текстильного производства зависят от типа ткани, типа красителей и применяемых процессов окрашивания волокна. Все эти параметры неоднократно изменяются в течение рабочей смены. Кроме того, в процессах обработки текстиля используются множество химических добавок к растворам красителей (например, пероксиды), производится изменение рН в диапазоне 4...12 и температуры от 50 до 90°C. Отдел окраски текстильной продукции характеризуется использованием природных ресурсов, большим количеством способов очистки, когда в окружающую среду поступает очищенная вода. Несмотря на введение циркуляции различной воды, связанное с сохранением водных ресурсов, объем сброшенных сточных вод может достигать 500 м³/сут, а иногда и 800 м³/сут.

Основными загрязняющими веществами в сточных водах являются органические красители [2], [3]. Состав и физико-химические показатели сточных вод красильно-отделочного производства текстильного предприятия приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Наименование показателя	Содержание, мг/л
рН	9
плотный остаток	1200
взвешенные вещества	170
азот аммонийный	12
фосфаты	1
нефтепродукты	-
ПАВ	100
интенсивность окраски по разбавлению	1:150
БПК ₅	200
БПК _{полн}	250
ХПК	600

В условиях, когда состав производственных сточных вод текстильных предприятий колеблется в значительных пределах, возникает необходимость тщательного обоснования выбора надежного и эффективного метода очистки в каждом конкретном случае. Получение расчетных параметров и технологических регламентов обработки сточных вод и осадка требуют продолжительных научных исследований как в лабораторных, так и производственных условиях.

Широко распространенные методы очистки сточных вод и отработанных водных растворов преимущественно основаны на моделировании природных процессов – фильтрации, сорбции, ионного обмена. Однако установки, в которых реализованы указанные процессы, нуждаются в регенерации и периодической замене основного рабочего элемента: фильтров, сорбентов, ионообменных смол. При этом возникают проблемы с утилизацией отработанных материалов, а также сохраняется необходимость восполнения их потерь путем производства из невозобновляемых сырьевых запасов новых материалов взамен отработанных [4...6].

Одним из естественных процессов, имеющих широкое распространение в живой и неживой природе, является электрохимическое преобразование веществ, то есть окислительно-восстановительные реакции, связанные с удалением или присоединением электрона. Этот природный процесс значительно эффективен в сравнении с вышеназванными методами. Потенциальные возможности электрохимического кондиционирования воды (очистки, умягчения, опреснения, обеззараживания и т.д.) более чем в 100 раз превосходят фильтрационные, сорбционные и ионообменные методы по экономичности, скорости и качеству. Электрохимические реакции позволяют без дополнительных затрат и использования химических реагентов преобразовать пресную или слабосоленоватую природную воду в высокоактивный технологический раствор, обладающий практически необходимыми функциональными свойствами. Применительно к очистке сточных вод нашли широкое распространение такие электрохимические методы, как процессы анодного окисления и

катодного восстановления, методы электрокоагуляции, электрофлотации и электролиза. Все эти процессы протекают на электродах при пропускании через сточную воду постоянного электрического тока. Электрохимические методы позволяют извлекать из сточных вод ценные продукты при относительно простой автоматизированной технологической схеме очистки [7]. Основным недостатком этих методов является большой расход электроэнергии.

В настоящей работе рассматривается один из методов очистки сточных вод текстильных предприятий – электрофлотация. При электрофлотации очистка сточных вод от взвешенных частиц протекает при помощи пузырьков газа, образующихся при электролизе воды. На аноде возникают пузырьки кислорода, а на катоде – водорода. Поднимаясь в сточной воде, пузырьки флотируют взвешенные частицы. При использовании растворимых электродов происходит образование хлопьев коагулянтов и пузырьков газа, что способствует более эффективной флотации. Основную роль при электрофлотации играют пузырьки, образующиеся на катоде. Размер пузырьков водорода значительно меньше, чем при других методах флотации [8]. Он зависит от краевого угла смачивания и кривизны поверхности электродов. Диаметр пузырьков меняется от 20 до 100 мкм. Мелкие пузырьки обладают большей растворимостью, чем крупные. Из перенасыщенных растворов мельчайшие пузырьки выделяются на поверхности частичек загрязнений и тем самым способствуют эффекту флотации. Для получения пузырьков требуемого размера необходим правильный подбор материала, диаметра проволоки катода и плотности тока. Оптимальное значение плотности тока 200...260 А/м², величина газосодержания – около 0,1%. При небольших объемах сточных вод (10...15 м³/ч) электрофлотационные установки могут быть однокамерные, при больших – обычно применяют двухкамерные установки, которые могут быть горизонтальными или вертикальными.

В сочетании с электрофлотацией был использован метод ультрафильтрации – процесс фильтрования сточных вод через полу-

проницаемые мембраны, избирательно пропускающие растворитель и полностью или частично задерживающие молекулы растворенных в них веществ, под давлением, превышающим осмотическое давление. При этом поры мембран достаточно велики, чтобы пропускать молекулы растворителя, но слишком малы, чтобы пропускать молекулы растворенных веществ.

Элементный микроанализ выполнялся на растровом низковакуумном электронном микроскопе JEOL JSM-6490 LV (Япония) с системой энергодисперсионного микроанализа INCA Energy-350 (Oxford Instruments, Великобритания), предназначенном для исследования элементного состава и микроструктуры твердых материалов, морфологии и дисперсии порошковых образцов, фрактографических исследований, микротекстуры поликристаллических образцов методом дифракции отраженных электронов с высокой скоростью и качеством картирования ориентации кристаллитов. Диапазон рентгеновского микроанализа химических элементов – от бора до урана.

Принимая во внимание низкую концентрацию волокнистой растворимости в текстильных изделиях (от 0,1 до 0,0025 мг/л), было принято решение для повышения эффективности очистки сточных вод использовать комбинированные и интегрированные методы. Однако в отличие от очистки от обычных химических веществ это создает дополнительные сложности [9].

Несмотря на препятствия в виде молекулярных и электростатических сил, загрязняющие вещества с пузырьками в процессе электрофлотации поднимаются на поверхность раствора и удаляются с помощью специальных механизмов [10].

Для более глубокой очистки сточных вод и возможного повторного их использования применяется ультрафильтрация. В ходе исследований было изучено влияние концентрации вольфрама и коагулянта, электрохлорирования и ультрафильтрации на объем плотности тока для удаления загрязняющих веществ из сточных вод.

По результатам исследования комбинированной очистки сточных вод текстильных предприятий, представленным в табл. 3 (по-

казатели очистки воды от красителей и химических добавок), можно заключить, что методы электрофлотации и ультрафильтрации при сравнительно небольших затратах

могут обеспечить удовлетворительный уровень очистки сточных вод от красителей и химических добавок.

Т а б л и ц а 3

Показания к применению	Температура °С	рН	ХПК О ₂ мг/л	Концентрация веществ, мг/л			
				хлориды	фосфаты	взвешенные вещества	красители
Первоначальная сточная вода	65...70	6,1	350...400	0,35...0,45	5...9	250...300	650...750
После электрофлотации	45...50	6,3	80...100	0,27...0,32	2...4	1...3	250...350
После ультрафильтрации	38...43	6,7	20...30	0,2...0,25	0,05...0,07	0,03...0,05	50...70

При этом выявлено, что после ультрафильтрации почти все основные показатели загрязнения уменьшаются на 93...95%. Кроме того, значительно сокращается образование осадка. В целом снижение концентрации основных загрязнителей в сточных водах красильно-отделочного отделения текстильного предприятия после очистки методами электрофлотации и ультрафильтрации объясняется следующими факторами.

Снижение содержания хлоридов (рис. 1 – восстановление хлоридов при комбини-

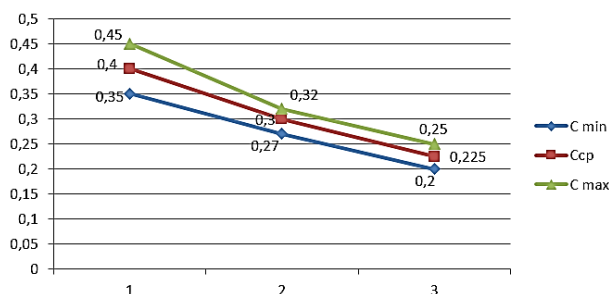


Рис. 1

В то же время значительное снижение концентрации взвешенных веществ наблюдается уже после очистки методами электрофлотации (рис. 3 – уменьшение количества взвешенных веществ: 1 – начальное содержание; 2 – после электрофлотации; 3 – после ультрафильтрации). После электрофлотации остаются небольшие количества взвешенных веществ, которые почти полностью извлекаются при ультрафильтрации.

Что касается органических красителей (рис. 4 – снижение концентрации органичес-

кованной очистке: 1 – начальное содержание; 2 – после электрофлотации; 3 – после ультрафильтрации), по всей видимости, связано с более интенсивным извлечением их при ультрафильтрации.

Снижение концентрации фосфатов (рис. 2: 1 – начальное содержание; 2 – после электрофлотации; 3 – после ультрафильтрации) намного выше при ультрафильтрации, чем при электрофлотации.

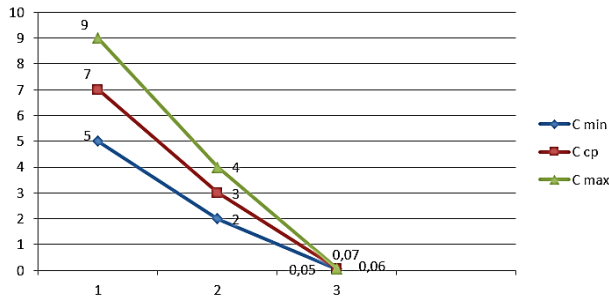


Рис. 2

ких красителей: 1 – начальное содержание; 2 – после электрофлотации; 3 – после ультрафильтрации), то их концентрация при электрофлотации снижается примерно до 250...350 мг/л, а при ультрафильтрации – до 50...70 мг/л.

Следует отметить, что ультрафильтрационная керамическая диафрагма, изготовленная из оксидов циркония, иттрия и алюминия, находится между анодом и катодом и не допускает смешивания воды в анодной и катодной камерах.

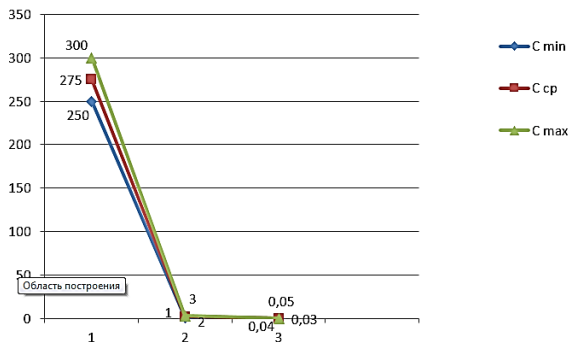


Рис. 3

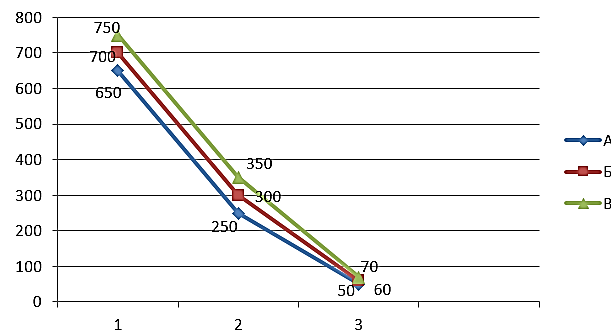


Рис. 4

В то же время диафрагма обеспечивает беспрепятственную миграцию ионов в электрическом поле между анодом и катодом. Каждый микрообъем воды, протекающей в камерах реактора РПЭ-1, соприкасается с поверхностью электрода и подвергается интенсивному воздействию электрического поля в двойном электрическом слое (ДЭС), образованном зарядами на электроде и противоионами в воде. Это гарантирует высокое качество очистки воды. Кроме того, под влиянием электрического поля ДЭС структурная сетка водородных связей разрушается,

молекулы воды обретают дополнительную степень свободы.

Далее был изучен состав осадков сточных вод методом энергодисперсионного микроанализа с помощью электронного микроскопа JEOL JSM-6490LV (Япония). Результат энергодисперсионного микроанализа осадка сточных вод (INCA Energy 350 Oxford Instr.) (уч. 1) представлен на рис. 5. Результат энергодисперсионного микроанализа осадка дренажной воды (INCA Energy 350 Oxford Instr.) (уч.2) – на рис. 6.

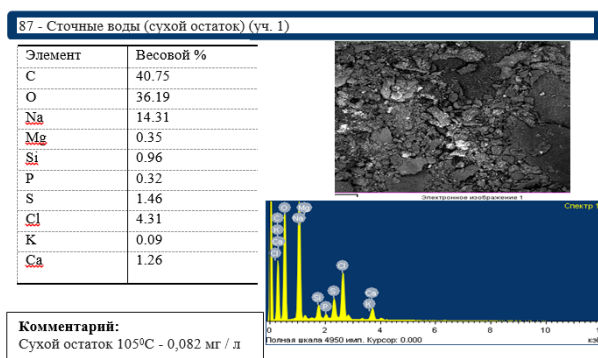


Рис. 5

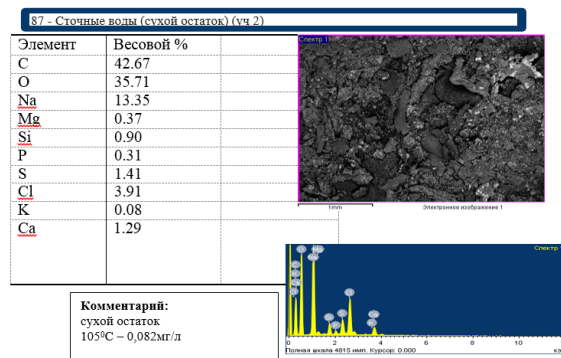


Рис. 6

Как видно из рис. 5 и 6, в составах осадков содержатся соли таких элементов, как магний, кальций, натрий и хлор. Также наблюдается большое содержание углерода (до 40...43%), что подтверждает наличие органических соединений.

Разработаны рекомендации для совершенствования технологической схемы очистки сточных вод от красителей с последующим повторным их использованием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кульский Л.А., Строчак П.П. Технология очистки природных вод. – Киев: Вища школа, 1986.
2. Мамитова А.Д., Атаханова Р.А. Очистка сточных вод красильно-отделочных производств // Водоочистка. –2013, №6. С.32...34.
3. Третьякова А.А., Черногорцев Е.А., Сафронов В.В. Исследование условий очистки сточных вод от

ВЫВОДЫ

В ходе исследований достигнута удовлетворительная степень очистки сточных вод от красителей и других химических загряз-

водорастворимых красителей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 2. С.127...132.

4. Ефимов А.Я., Таварткиладзе И.М., Ткаченко Л.И. Очистка сточных вод предприятий легкой промышленности. – Киев: Техника, 1985.

5. Овчинникова А.Е. Обесцвечивание сточных вод красильных производств // Междунар. науч.-техн. конф.: Актуальные проблемы техники и технологии переработки льна и производства льняных изделий. – Кострома, 1996. С.113...114.

6. Александров В.И., Захарова А.А., Кручинина Н.Е., Бахшиева Л.Т., Салтыкова В.С. Локальная очистка сточных вод от красителей // Дизайн и технологии. – 2014, №40(82). С. 42...46.

7. Ласков Ю.М., Кузнецова Т.В., Пальчунов Н.Н. Очистка сточных вод от красителей // ВСТ: Водоснабжение и санитарная техника. – Haustechn.3, 1997. С. 11...15.

8. Ельников Д.А., Сапронова Ж.А. Комплексное влияние различных технологических факторов на эффективность очистки окрашенных растворов // Сб. докл. конф.: Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. С.294...296.

9. Серпокрьлов Н.С., Вильсон Е.В., Царёва М.Н. и др. Применение оксихлоридов алюминия в очистке и доочистке сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2003, №2. С.32...35.

10. Экология очистки сточных вод физико-химическими методами / Под ред. Н.С.Серпокрьлова. – М.: Изд. Ассоциации строительных вузов, 2009.

11. Satayev M., Azimov A., Saipov A., Altynbekov R., Samonin V., Ainabekov N. Development of a mathematical model of chemical activation // Industrial Technology and Engineering. – №03 (28), 2018. P. 89...104.

REFERENCES

1. Kul'skiy L.A., Strokach P.P. Tekhnologiya ochistki prirodnykh vod. – Kiev: Vishcha shkola, 1986.

2. Mamitova A.D., Atakhanova R.A. Ochistka stochnykh vod krasil'no-otdelochnykh proizvodstv // Vodoochistka. – 2013, №6. S.32...34.

3. Tretyakova A.A., Chernogortsev E.A., Safronov V.V. Issledovanie usloviy ochistki stochnykh vod ot vodorastvorimykh krasiteley // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, № 2. S.127...132.

4. Efimov A.Ya., Tavartkiladtse I.M., Tkachenko L.I. Ochistka stochnykh vod predpriyatii legkoy promyshlennosti. – Kiev: Tekhnika, 1985.

5. Ovchinnikova A.E. Obestsvechivanie stochnykh vod krasil'nykh proizvodstv // Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.: Aktual'nye problemy tekhniki i tekhnologii pererabotki l'na i proizvodstva l'nyanykh izdeliy. – Kostroma, 1996. S.113...114.

6. Aleksandrov V.I., Zakharova A.A., Kruchina N.E., Bakhshieva L.T., Saltykova V.S. Lokal'naya ochistka stochnykh vod ot krasiteley // Dizayn i tekhnologii. – 2014, №40(82). С. 42...46.

7. Laskov Yu.M., Kuznetsova T.V., Pal'chunov N.N. Ochistka stochnykh vod ot krasiteley // VST: Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika. – Haustechn.3, 1997. S.11...15.

8. El'nikov D.A., Saproнова Zh.A. Kompleksnoe vliyaniye razlichnykh tekhnologicheskikh faktorov na effektivnost' ochistki okrashennykh rastvorov // Sb. dokl. konf.: Energoberezhniye i ekologiya v zhilishchno-kommunal'nom khozyaystve i stroitel'stve gorodov. – Belgorod: BGTU im. V.G. Shukhova, 2012. S. 294...296.

9. Serpokrylov N.S., Vil'son E.V., Tsareva M.N. i dr. Primeneniye oksikhloridov alyuminiya v ochistke i doochistke stochnykh vod // Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika. – 2003, №2. S.32...35.

10. Ekologiya ochistki stochnykh vod fiziko-khimicheskimi metodami / Pod red. N.S.Serpokrylova. – M.: Izd. Assotsiatsii stroitel'nykh vuzov, 2009.

11. Satayev M., Azimov A., Saipov A., Altynbekov R., Samonin V., Ainabekov N. Development of a mathematical model of chemical activation // Industrial Technology and Engineering. – №03 (28), 2018. P. 89...104.

Рекомендована кафедрой экологии ЮКГУ им. М. Ауэзова. Поступила 20.10.18.