

УДК 628.543.1

**ФЛОТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ  
ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД  
ПРЕДПРИЯТИЙ ТРИКОТАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**FLOTATION PROCESSES  
FOR WASTEWATER TREATMENT OF THE KNITTING INDUSTRY**

*Е.В. АЛЕКСЕЕВ*  
*E.V. ALEKSEEV*

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет)  
(Moscow State (National Research) University of Civil Engineering)  
E-mail: AlekseevE@mgsu.ru

*Рассмотрена возможность увеличения эффективности процессов очистки производственных сточных вод трикотажных предприятий на основе флотационных сооружений. Обобщены показатели сточных вод предприятий трикотажной промышленности. Экспериментально показано, что процессы очистки сточных вод, основанные на одноступенчатой флотации, не обеспечивают существующие условия сброса в коммунальные системы водоотведения. Установлено, что в результате применения технологического процесса с использованием двухступенчатой флотации, коагулирования и фильтрования достигается эффективность очистки сточных вод: по интенсивности окраски не менее 85%, по взвешенным веществам до 99%, по поверхностно-активным веществам не менее 90%. Предложен технологический процесс предварительной очистки сточных вод трикотажной промышленности.*

*Evaluated the possibility of increasing the efficiency of processes for treating industrial wastewater knitwear enterprises on the basis of the flotation structures. Generalized indicators of wastewater knitting industry. It is experimentally shown that the wastewater treatment processes based on single-stage flotation do not provide existing conditions discharge into the urban sewage system. It is established that the application of technological process using two-stage flotation, coagulation and filtration is achieved as efficiency of wastewater treatment: color intensity – not less 85%, suspended solids up to 99%, of surfactants – more than 90%. The proposed technological process of wastewater pre-treatment knitting industry.*

**Ключевые слова:** трикотажное производство, сточные воды, очистка сточных вод, флотация, электрохимическая флотация, электрохимическая деструкция.

**Keywords: knitted production, wastewater, wastewater treatment, flotation, electroflotation, electrodestruction.**

Особенность текстильной и трикотажной промышленности заключается во многообразии обрабатываемых волокон, способов крашения и отделки, а также используемых материалов. В трикотажной промышленности наиболее водоемкими являются процессы отварки, беления и крашения на аппаратах периодического действия, а основное количество сточных вод образуется при промывке изделий. Сточные воды предприятий трикотажной промышленности имеют сложный солевой состав и содержат стойкие органические соединения,

такие как красители, синтетические поверхностно-активные вещества (ПАВ) и технологические вспомогательные вещества. Концентрации красителей и ПАВ в сточных водах, как правило, превышают допустимые нормы поступления этих веществ на коммунальные очистные сооружения. Обобщенные показатели сточных вод предприятий, выпускающих разные виды трикотажной продукции приведены в табл. 1 (показатели общего потока сточных вод трикотажных производств по видам выпускаемой продукции).

Т а б л и ц а 1

Показатели	Трикотажное полотно	Бельевой трикотаж	Верхний трикотаж	Чулочно-носочные изделия	Искусственный мех на трикотажной основе
рН	7,0	7,7	6,1...8,8	7,5	9,2
Интенсивность окраски по разбавлению, 1:У	1:150	1:80	1:150	1:200	1:100
Взвешенные вещества, мг/л	100	45	200	210	250
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	250	384	360	280	240
ХПК, мгО <sub>2</sub> /л	600	800	650	550	640
ПАВ, мг/л	45	25	40	55	32
Хлориды, мг/л	70	300	270	50	88
Сульфаты, мг/л	170	220	260	260	117
Нефтепродукты, мг/л	14,2	25	16	10	11

В процессе биологической очистки такие сточные воды не могут быть полностью обесцвечены, так как применяемые красители являются в основном биологически "жесткими" веществами [1]. Снижение интенсивности окраски этих стоков в аэротанках происходит на 30...50%, главным образом, за счет сорбции красителей на активном иле. ПАВ также не могут быть полностью биохимически минерализованы до концентраций, допустимых для сброса очищенной воды в водоемы. Поэтому при сбросе таких вод в коммунальные системы водоотведения необходима их предварительная очистка на локальных очистных сооружениях, в первую очередь, от красителей и ПАВ.

Наиболее надежные процессы очистки сточных вод от стойких органических веществ – это разделительные процессы,

обеспечивающие изъятие загрязняющих примесей из воды. Среди разделительных процессов очистки воды наибольшее применение получили методы гравитационного осаждения и флотации [2].

Цель исследований состояла в определении возможности увеличения эффективности процессов очистки производственных сточных вод трикотажных предприятий на основе флотационных сооружений, имеющих широкое распространение в отрасли. В задачи исследований входило обобщение показателей эффективности существующих одноступенчатых флотационных сооружений предварительной очистки сточных вод и оценка предлагаемых методов повышения качества очистки сточных вод по экспериментальным данным.

Наибольшее распространение для очистки сточных вод красильно-отделочных производств предприятий легкой промышленности получили флотаторы открытого типа с микродиспергированием и компрессионными способами получения газовой дисперсии воздуха. Флотаторы открытого типа позволяют снизить концентрацию ПАВ в среднем на 40%. Одновременно до 30% снижается интенсивность окраски и до 26% – ХПК. Чтобы повысить эффективность очистки, применяют многоступенчатые флотаторы. В этих аппаратах снижение концентрации ПАВ достигает 50...60%, интенсивности окраски – до 40%, а ХПК – до 33%. Использование методов реагентной флотации позволяет еще больше повысить эффективность удаления растворенных и коллоидных примесей, характерных для красильно-отделочных производств, вследствие их коагуляции и сорбции. Однако остаточное содержание загрязняющих веществ, как правило, не соответствует условиям приема в централизованные системы водоотведения.

Успехи в создании доступных и надежных электродных материалов способствуют более широкому применению в технологии очистки сточных вод электрохимической флотации [3], [4]. Причем в ряде случаев качество очистки воды электрофлотацией превышает показатели других методов. Основные отличия электрохимической флотации от других флотационных процессов заключаются в способе получения и химическом составе дисперсной газовой фазы. В данном случае это достигается электролизом воды. При электрофлотации извлечение загрязняющих веществ из воды в пенный слой происходит не только за счет слипания частиц с газовыми пузырьками, образующимися на электродах, но и вследствие зарождения на поверхности загрязняющих веществ пузырьков газа, растворенного в воде. Кроме этого в исследованиях отмечается, что диспергированная водородная фаза обладает большей адгезионной активностью, чем воздушная. Этим объясняется успешное разделение электрофлотацией даже таких фазовых систем, которые

считались не флотируемыми. Важная особенность этого метода и в том, что, изменяя величины тока и плотности тока, можно управлять количеством образующегося газа и его дисперсным составом.

Кроме основного процесса флотации удалению загрязняющих веществ способствуют окислительно-восстановительные реакции, происходящие на поверхностях электродов, образующиеся в растворе окисляющие ионы и коагуляция коллоидов под действием электрического поля в межэлектродном пространстве. Благодаря этому в процессе электрофлотации происходит также обеззараживание воды, которое является следствием как стерилизующего действия окислителей, так и нарушения внутриклеточного равновесия бактерий при изменении их поверхностного электрического потенциала [5]. Отмеченные достоинства методов электрохимической флотации создают предпосылки применения их для повышения эффективности технологических процессов очистки сточных вод красильно-отделочных производств.

Исследования проводили на экспериментальной установке, на которую поступали реальные сточные воды красильно-отделочного производства фабрики верхнего трикотажа (табл. 1). Температура поступающих сточных вод изменялась от 25 до 40°C. В качестве коагулянтов использовали растворы солей алюминия. Предполагалось, что переоборудование флотатора пневматического типа в электрохимический тип обеспечит достижение требуемых показателей очищенной воды в одну ступень флотации. Результаты этих исследований показали, что при дозах коагулянта не ниже 30 мг/л по иону металла достигается снижение показателей загрязненности воды: по интенсивности окраски до 65%, по взвешенным веществам до 80%, по ПАВ в среднем – 74%, по ХПК – 40%. Метод электрохимической флотации обладает высокой эффективностью. Однако качество очищенных вод не удовлетворяло условиям, приема их в коммунальную водоотводящую сеть. С целью повышения эффективности очистки сточных вод в области высоко-



ществляется в электрохимическом флотаторе. Там же происходит глубокое извлечение ПАВ. Вода после электрофлотации может быть принята в коммунальную систему водоотведения. Для использования в системе водного хозяйства предприятия вода поступает на доочистку в скорые зернистые фильтры с восходящим потоком.

Флотошлам, образующийся в электрохимическом флотаторе, подается во впускную камеру флотатора с пневматическим диспергированием воздуха. Этим существенно уменьшается общее количество флотошлама, и интенсифицируется процесс флотации на первой ступени. Флотошлам, отводимый от флотатора с пневматическим диспергированием воздуха, поступает в сгуститель. Уплотненный осадок из сгустителя подвергается механическому обезвоживанию с использованием фильтр-пресса, и далее вывозится в специально отведенные места. Осветленная часть воды из сгустителя поступает в электродеструктор, куда для интенсификации процесса дозируется раствор  $FeSO_4$  и  $NaCl$ . В электрохимическом деструкторе растворенные органические загрязняющие вещества подвергаются окислению, вследствие насыщения воды гипохлоритом [6]. Из электрохимического деструктора вода с остаточным содержанием гипохлорита отводится в усреднитель. Электрохимической деструкцией предотвращается накопление растворенных органических веществ в системе очистки производственных сточных вод.

Применение технологии очистки сточных вод трикотажных производств с использованием двухступенчатой флотации и фильтрования позволяет уменьшить содержание в них взвешенных веществ на 99%, красителей по интенсивности окраски – не менее чем на 85% и ПАВ – более 90%. Очищенные по этой технологии сточные воды, с учетом разбавления непромышленными водами, удовлетворяют условиям приема в коммунальную систему водоотведения или могут быть использованы в системе водного хозяйства предприятия.

1. Применяемые требования к приему производственных сточных вод в коммунальные системы водоотведения имеют тенденцию к ужесточению, что обуславливает необходимость повышения эффективности очистки сточных вод на существующих очистных сооружениях предприятий.

2. Перспективное решение проблемы состоит в применении технологического процесса очистки сточных вод, основанного на двухступенчатой реагентной флотации и электрохимической деструкции органических загрязняющих веществ в обратных потоках очистных сооружений.

3. Применение фильтрования на заключительной стадии очистки сточных вод создает условия для использования очищенных сточных вод в системе водного хозяйства предприятия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Schroder H.Fr.* Characterization and Monitoring of Persistent Toxic Organics in the aquatic Environment // *Water Research*. – №38, 1998. P. 151...158.
2. *Алексеев Е.В.* Очистка сточных вод флотацией. Основы технологии и применение. – М.: Издательство АСВ, 2015.
3. *Usha N.M., Rekha H.B., Mahaveer D.* Contribution of Electrochemical Treatment in Treating Textile Dye Wastewater // *World Academy of Science, Engineering and Technology // International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering*. – V. 8, №2, 2014. P.130...132.
4. *Butler E.B.* Electrochemical/electroflotation process for dye wastewater treatment // *Cleveland State University*. – 2013.
5. *Алексеев Е.В.* Исследование влияния сточных вод текстильного предприятия на микроорганизмы биологических очистных сооружений // *Вестник ТвГУ. Сер.: Биология и экология*. – 2016, № 4. С.267...278.
6. *Stergiopoulos D., Dermentzis K., Giannakoudakis P., Sotiropoulos S.* Electrochemical Degradation and removal of indigo carmine textile dye from wastewater // *Global NEST Journal*. – №16, 2014. P.499...506.

#### REFERENCES

1. *Schroder H.Fr.* Characterization and Monitoring of Persistent Toxic Organics in the aquatic Environment // *Water Research*. – №38, 1998. P. 151...158.

2. Alekseev E.V. Ochistka stochnyh vod flotaciej. Osnovy tehnologii i primenenie. – M.: Izdatelstvo ASV, 2015.

3. Usha N.M., Rekha H.B., Mahaveer D. Contribution of Electrochemical Treatment in Treating Textile Dye Wastewater /World Academy of Science, Engineering and Technology // International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering. – V. 8, №2, 2014. P.130...132.

4. Butler E.B. Electrochemical/electroflotation process for dye wastewater treatment // Cleveland State University. – 2013.

5. Alekseev E.V. Issledovanie vliyaniya stochnyh vod tekstilnogo predpriyatiya na mikroorganizmy biologicheskikh oчитnyh sooruzhenij // Vestnik TvGU. Ser.: Biologiya i ekologiya. – 2016, № 4. S.267...278.

6. Stergiopoulos D., Dermentzis K., Giannakoudakis P., Sotiropoulos S. Electrochemical Degradation and removal of indigo carmine textile dye from wastewater // Global NEST Journal. – №16, 2014. P.499...506.

Рекомендована кафедрой водоснабжения и водоотведения. Поступила 04.12.17.

---