

УДК 677.11+628.3

## Водоснабжение и водоотведение на льноперерабатывающих предприятиях

И. В. Машников

*ИГОРЬ ВАСИЛЬЕВИЧ МАШНИКОВ — кандидат химических наук, доцент, заведующий сектором очистки сточных вод ФГУП ЦНИИЛКА. Область научных интересов: физико-химические и биохимические методы очистки высококонцентрированных промышленных стоков.*

115162 Москва, ул. Шухова, д. 14, ФГУП ЦНИИЛКА

Переход от экстенсивного типа развития производства к интенсивному связан с переориентацией на материалосберегающие технологии, более полно использующие сырье и топливо и исключающие загрязнение окружающей среды. Это, безусловно, требует дополнительных затрат, и вследствие этого происходит удорожание выпускаемой продукции. Поэтому наряду с созданием принципиально новых технологий важно найти и пути преодоления экологически негативных последствий в рамках существующих технических решений, не требующих больших капитальных затрат.

Необходимо отметить, что количество отходов, большая часть из которых приходится на сточные воды, превышает количество получаемой продукции в сотни раз (величина удельного водоотведения). Большое количество и загрязненность производственных стоков служит прежде всего показателем несовершенства технологических процессов. Поэтому проблему очистки сточных вод следует рассматривать не самостоятельно, а совместно с технологией основного производства, как завершающую стадию каждой технологической операции.

Необходимо отметить, что количество отходов, большая часть из которых приходится на сточные воды, превышает количество получаемой продукции в сотни раз (величина удельного водоотведения). Большое количество и загрязненность производственных стоков служит прежде всего показателем несовершенства технологических процессов. Поэтому проблему очистки сточных вод следует рассматривать не самостоятельно, а совместно с технологией основного производства, как завершающую стадию каждой технологической операции.

Основным направлением в льноперерабатывающей промышленности по сокращению потребления свежей воды и уменьшению выбросов является создание технологических систем в масштабах отдельных цехов (и предприятий в целом), с многократным использованием воды, в идеале без сброса неочищенных стоков на общезаводские очистные сооружения, в городскую канализацию или на рельеф (в открытые водоемы). Свежая вода в подобные системы должна добавляться лишь для возмещения естественных потерь.

В основу создания указанных технологических систем заложены принципы значительного сокращения потребления свежей воды и (если возможно) полного исключения воды из технологических операций и локальной очистки сточных вод отдельных участков производств (с утилизацией ценных компонентов) и подготовки воды для повторного использования.

Разрабатывать подобные системы следует с учетом особенностей не только технологических процессов, но и источников воды, т. е. ее исходного качества и требуемого технологией, величин водопотребления и водо-

отведения, с изысканием способов локальной очистки сточных вод и поиском возможных потребителей извлеченных из отходов ценных веществ.

### Нормы водопотребления и водоотведения

По количеству потребляемой воды и образующихся промстоков текстильная промышленность уступает лишь таким водоемким производствам, как черная и цветная металлургия, химическая и целлюлозно-бумажная промышленность, топливно-энергетический комплекс. Водопотребление и водоотведение в текстильном производстве нормировано.

Нормой водопотребления считается научно и экономически обоснованное количество воды требуемого качества, необходимое для производства единицы продукции установленного качества в определенных технико-экономических условиях производства. В этом случае нормой водоотведения будет максимально допустимое количество сточных вод установленного качества, образующихся при производстве единицы продукции.

Нормы водопотребления, характеризующие удельный расход свежей воды на одну тонну готовой продукции, для льноперерабатывающих предприятий составляют 290–420 м<sup>3</sup>/т.

В производстве льняных бытовых тканей безвозвратные потери воды отсутствуют, поэтому водоотведение можно принять равным водопотреблению.

### Источники и системы производственного водоснабжения

Источником водоснабжения для производственных нужд текстильных предприятий может служить:

— если предприятие находится в черте города, то городской водопровод или собственные артезианские скважины, расположенные на территории промплощадки. При использовании артезианских вод для хозяйственно-питьевых нужд допускается содержание сухого остатка до 1 500 мг/л, содержание железа до 1,0 мг/л, а общей жесткости до 10 мг-экв/л. Однако для многих технологических процессов вода с такими показателями не годится, т. е. требуется предварительная обработка ее на станциях водоподготовки для умягчения;

— если предприятие значительно удалено от сетей городского водопровода, то артскважины и собственный водозаборный узел (оголовок, насосная станция, два водовода) для забора воды из открытого водоема.

При заборе речной воды на технологические нужды следует учитывать сезонные колебания качества воды в осенне-весенний период, когда повышается ее мутность и цветность; это может привести к ухудшению качества промываемой ткани. Поэтому речную воду практически всегда необходимо подвергать обработке на станциях водоподготовки.

Режим водопотребления определяется графиком работы предприятия и установленным оборудованием — технологическими линиями и отдельными аппаратами; коэффициент часовой неравномерности расхода воды может достигать значений 1,6–1,8.

В настоящее время предприятия льноперерабатывающей промышленности, как правило, располагают двумя (или тремя) общецеховыми сетями водопровода с различным качеством воды, используемой для производственных нужд, а именно: сетью от городского водопровода или собственных артскважин; сетью умягченной воды и сетью речной воды после осветления на станции водоподготовки. Такие системы производственного водоснабжения являются прямоточными и часто рассчитаны на повторно-последовательное использование воды.

Доля оборотного водоснабжения для каждого предприятия является величиной постоянной и определяется количеством единиц оборудования и расходом воды на охлаждение, а доля систем повторного использования воды имеет тенденцию к росту.

В льноперерабатывающей промышленности на сегодняшний день реально существует некий предел повторного использования отработавшей технологической воды, составляющий 30–35 % от общего количества потребляемой воды. Рост этой величины возможен при совершенствовании технологии в направлении сокращения удельного расхода свежей воды на единицу продукции за счет внедрения последовательного использования воды, противоточной промывки или возврата в технологию очищенных сточных вод.

#### Качество воды для производственных нужд

Основными показателями технологической воды, отрицательно сказывающимися на качестве производимой продукции, являются наличие цветности и содержание ионов железа, марганца и солей жесткости (табл. 1).

На текстильных предприятиях технологическая вода используется в трех основных целях: для охлаждения оборудования, приготовления технологических растворов и промывки сырья, полуфабрикатов и продукции.

Вода для каждого из этих предназначений требуется разной по качеству: для охлаждения — необходимой температуры, для приготовления растворов — с низким содержанием солей жесткости, для промывки — без цветности, солей железа, с общей жесткостью, не превышающей 3,5 мг-экв/л.

Приводимые в нормах и регламентированных режимах показатели качества воды для многих технологических процессов требуют пересмотра, поскольку закладываемые показатели теоретически не обоснованы и подчас просто механически перенесены из одного технологического процесса в другой или основаны на качестве

воды местного водисточника. Если на производственные нужды забирается питьевая вода из сети городского водопровода, то ее показатель качества автоматически закладывается в нормативы, хотя технология может и не требовать столь высокого качества.

При пересмотре существующих нормативов качества воды для каждого конкретного процесса следует исходить из общего правила: вода на производственные нужды не должна нарушать технологический режим процесса и ухудшать качество технологического продукта (сырья, полуфабрикатов, конечной продукции).

Научно обоснованный подход к качеству воды и возможности его снижения для каждой технологической операции облегчает задачу по очистке отработавших вод и созданию для той же технологической операции замкнутых контуров водоснабжения с многократным использованием очищенных стоков и забором свежей воды в систему только на восполнение потерь, т. е. по созданию требуемого числа сетей технического водопровода с различным качеством воды.

Таким образом, в одном цехе можно организовать несколько автономных контуров с очисткой промстоков на своих локальных сооружениях до качества воды, удовлетворяющего режиму данной операции.

#### Характеристика сточных вод

В состав предприятий по выпуску льняных бытовых тканей входят следующие производства: льночесальное, прядильное (с мокрым способом прядения), цех химической обработки ровницы и крашения пряжи, ткацкое и отделочное. Некоторые льноперерабатывающие предприятия имеют и отделочное производство по выпуску технических тканей.

Сточные воды образуются после операций мокрого прядения, варки, отбеливания и крашения ровницы и пряжи; от процессов расшлихтовки и промывки шлихтовального оборудования; от отбелики тканей и промывок после всех процессов; от станций химводоподготовки, котельной и вспомогательных служб.

Состав общецехового (усредненного) стока льнопредприятий достаточно сложен и зависит от направленности предприятия и объема производства. Как правило, в промстоках присутствуют волокнистые отходы, костра, продукты неполного разрушения пектиновых веществ (пентозаны, лигнин, жиры, воск, белковые и пектиновые вещества, минеральные соли), продукты расщепления нецеллюлозных примесей, хлорпроизводные, органические составляющие, остаточные концентрации химических реагентов, красители, ПАВ, минеральные масла [1].

Наиболее загрязненным является сток от производства технических тканей, в котором содержатся токсические соединения (соли хрома и меди, красители, пропиточные вещества).

В большом количестве сильнозагрязненные промстоки образуются в прядильном производстве при мокром способе прядения (цех мокрого прядения), в цехе химической обработки ровницы и крашения пряжи и в отделочном производстве.

При мокром способе прядения удельная норма расхода воды (и количества сточных вод) зависит от вида

Показатели качества воды, потребляемой для технологических целей

Показатель	Качество воды				
	осветленная	умягченная	для крашения пряжи	для приготовления растворов пероксидов водорода	для приготовления растворов и промывок при белении
Общая жесткость, мг-экв/л:					
холодной воды	4	0,5	1,5	не менее 3	3,0–3,5
горячей воды			0,5		
Взвешенные вещества, мг/л	5–8	5–8	5–8	5–8	5–8
Цветность по шкале, град.	25	25	25	25	25
pH	6,5–8,0	6,5–8,0	6,5–8,0	6,5–8,0	6,5–8,0
Содержание железа, мг/л	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
Содержание марганца, мг/л	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Содержание алюминия, мг/л	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6

Примечание. Вода не должна вызывать коррозии оборудования, стальных трубопроводов и отложения в них карбоната кальция.

обработки ровницы, поступающей в прядение, и составляет для суровой ровницы — 3,6 л/кг, а для химически обработанной — 2,5 л/кг.

Назначение цеха химической обработки — облагораживание (химическая обработка) ровницы, крашение и сушка пряжи. Отварка и отбелка ровницы хлоритным или щелочно-пероксидным способом и крашение пряжи осуществляется в аппаратах типа АКД.

Удельный расход воды по цеху химической обработки ровницы и крашения пряжи составляет 108 л/кг. Поскольку после отварки и отбелки ровницы и крашения пряжи сточные воды имеют высокую температуру, в нормативе предусматривается расход воды на охлаждение перед сбросом в канализацию. Воду после охлаждения, имеющую только термальное загрязнение, можно использовать последовательно или как оборотную.

В отделочном производстве суровая ткань из ткацкого производства поступает в цех, где осуществляется ее отбелка в жгуте или в расправленном полотне. Отбелка в жгуте проводится на линии ЛЖО-1Л, а «врасправку» — на линиях фирм «Вакаяма» или «Бенингер». Удельный расход воды при отбелке жгутом составляет 135 л/кг, а врасправку — 60 л/кг.

Ткани, предназначенные к выпуску гладкокрашенными, красят на красильно-роликовых машинах периодического действия, работающих без давления и под давлением. Удельный расход воды при крашении — 52–68 л/кг.

Удельное водопотребление при крашении и пропитке брезентов составляет 25,0 л/кг.

Количество образующихся промстоков равно количеству использованной на технологические операции воды (потери незначительны), а загрязненность стоков от основных технологических процессов по санитарно-химическим показателям приведены в табл. 2.

По составу загрязнений (качеству) промстоки от технологических операций могут быть подразделены на следующие виды:

- маслосодержащие — от цехов мокрого прядения;
- содержащие органические вещества растительного происхождения — от операций отварки и беления;

— содержащие красители различных классов — от операций крашения;

— содержащие соли тяжелых металлов ( $\text{Cu}^{2+}$  — до 80 мг/л,  $\text{Cr}^{6+}$  — до 45 мг/л) — от пропитки брезентов.

#### Существующие и перспективные сети производственной канализации

Ключевым моментом оптимизации водоотведения является проблема разделения сетей внутрицеховой производственной канализации, поскольку сброс стоков от разных операций в одну сеть внутриводоотводной канализации приводит к перемешиванию стоков и образованию многокомпонентной смеси, которую невозможно эффективно очистить ни одним из методов.

Создание нескольких внутрицеховых отдельных сетей промканализации со сбросом в каждую из них стоков от конкретной технологической операции является оптимальным решением при выборе высокоэффективных методов очистки и состава локальных сооружений.

Если необходимо повторно использовать очищенные стоки для той же технологической операции, то отдельных сетей канализации даже для одного технологического процесса может быть две или три, например, для отдельного отвода стоков после горячей и холодной промывок. В этом случае каждый сток, подаваемый по отдельной сети, должен и на локальных сооружениях обрабатываться в самостоятельных аппаратах.

#### Бессточные и малосточные системы

Разработка и внедрение технологических процессов, обеспечивающих уменьшение количества и максимальную утилизацию отходов, а также многократное использование воды по замкнутому циклу, в настоящее время стали принципом научно-технического прогресса.

Современный арсенал технологических методов и техники очистки воды обеспечивает получение воды высокой степени чистоты из любых стоков, поэтому созданию бессточных систем препятствуют преимущественно причины технико-экономического плана.

Таблица 2

## Характеристика сточных вод от основных технологических процессов льноперерабатывающих предприятий

Показатель	Технологические процессы					
	мокрое прядение льна	отварка и отделка ровницы на аппаратах типа АКД	крашение пряжи на аппаратах типа АКД	беление в жгуте на линии ЛЖО-1Л	беление врасправку на оборудовании фирмы Бенингер	крашение на красильно-роликовой машине (без давления)
рН	6,5–7,0	8,8–9,6	9,4–10,0	8,0–10,0	8,5–8,9	4,0–4,5
Интенсивность окраски (по разбавлению до бесцветной)	1:50–1:60	1:200–1:350	1:150–1:350	—	—	1:100
Взвешенные вещества, мг/л	1 500–2 000	350–500	40–55	300–400	100–120	—
Сухой остаток, мг/л	450–600	2 800–4 500	600–700	860–1 220	380–420	1 990
БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /л	240–300	450–550	—	—	—	20–30
БПК <sub>полн</sub> , мг О <sub>2</sub> /л	320–400	770–1 100	—	400–450	100–110	—
ХПК, мг О <sub>2</sub> /л	380–450	1 300–1 700	1 200–1 600	750–800	230–250	1 600–1 700
Азот аммонийный, мг/л	1,2–3,0	2,0–3,0	—	—	—	—
Азот общий, мг/л	4,5–10,0	15–40	—	—	0,4	—
Фосфаты, мг/л	20–28,0	30–80	10–18	—	1,5	—
Сульфаты, мг/л	25–35	—	—	—	—	—
Хлориды, мг/л	38–45	—	—	150	50	35–45
Нефтепродукты, мг/л	700–1 000	—	—	—	—	—

Научно-техническая задача создания бессточных систем производственного водоснабжения может быть сформулирована как доведение воды из стоков до показателей, позволяющих сбрасывать ее в водные объекты. Необходимость и целесообразность создания замкнутой системы производственного водоснабжения обусловлено тремя факторами: дефицитом воды; исчерпанием разбавляющей и самоочищающей способности водного объекта, принимающего сточные воды; экономическими преимуществами перед очисткой сточных вод до нормативов, предъявляемых водоохранному контролю.

Первый из этих факторов означает, что если регенерация воды из сточных вод выгоднее дальнейшей транспортировки воды, то внедрение замкнутой системы водоснабжения обязательно.

При оценке второго фактора следует учитывать возможности использования накопителей сточных вод, частичного замыкания цикла водоснабжения и передачи сточных вод другим водопотребителям или на очистку.

Третий фактор обеспечивает наиболее рациональное использование воды, снижение потерь полуфабрикатов и продуктов со сточными водами, уменьшение затрат на отопление производственных помещений и др.

Поскольку в процессе работы замкнутых систем водоснабжения наблюдается рост солесодержания в воде, существенное значение приобретает кратность использования такой воды в технологии, и в ряде случаев последовательное использование воды становится выгоднее обратного. При оптимизации водопотребления и водоотведения на льнопредприятиях часто оказывается вы-

годным использовать не бессточные, а малосточные системы.

#### Методы очистки сточных вод на локальных сооружениях

Обзор мировой литературы по методам очистки промстоков с целью сокращения водопотребления и сброса сточных вод на предприятиях текстильной промышленности дает возможность объективной оценки достигнутых в этой области результатов.

Все известные методы физико-химической очистки сточных вод, содержащих красители, ПАВ и другие сопутствующие им загрязнения, можно разделить на три основных группы.

Первая группа методов обеспечивает извлечение загрязнений переводом их в осадок или флотошлам путем сорбции на хлопьях гидроксидов металлов, образующихся при реагентной обработке стоков. Методы этой группы включают коагуляцию, реагентную напорную флотацию, электрокоагуляцию. Им присущи следующие недостатки: невысокая степень очистки, особенно по обезжелезиванию; необходимость эмпирического подбора реагентов и материала электродов, что усложняет обработку стоков с изменяющимся составом и создает трудность при автоматизации дозировки реагентов; образование значительного количества влажных осадков или флотошлама и необходимость в дополнительных сооружениях для их складирования или захоронения.

Вторая группа включает сепаративные методы, такие как сорбция на активных углях и макропористых иони-

тах, обратный осмос, ультрафильтрация, пенная сепарация, электрофлотация. Эти методы, исключая два последних, обеспечивают высокую степень очистки, однако перед их применением необходима предварительная механохимическая обработка для удаления нерастворимых примесей, что влечет за собой все недостатки, присущие первой группе.

Третья группа объединяет деструктивные окислительно-восстановительные методы, вызывающие глубокие превращения органических соединений. Эти методы имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с рассмотренными выше. В первую очередь, это их высокая эффективность и технологичность, компактность, простота автоматизации и управления. В большинстве случаев при их реализации не образуются осадки, которые в виде хлоридных, сульфатных и прочих ионов получают при реагентной обработке. При деструктивной очистке органические красители расщепляются до более простых, легкоокисляемых органических продуктов или минеральных соединений, а ПАВ разрушаются с потерей поверхностно-активных свойств.

Из деструктивных методов наиболее широко применяют обработку сточных вод окислителями, электрохимическое или электрокаталитическое воздействия.

На практике обычно сочетают те или иные способы в зависимости от вида и характера загрязнений с учетом объема очищаемых стоков.

Следует отметить, что число разработок и публикаций, посвященных очистке сточных вод непосредственно льноперерабатывающих предприятий, весьма ограничено. Однако учитывая схожесть технологических процессов (особенно процесса крашения) для других отраслей текстильной промышленности, многие элементы схем по очистке стоков можно успешно заимствовать из опыта хлопчатобумажной, шелковой и шерстяной отраслей.

### Очистка маслосодержащих сточных вод

Основными загрязнителями стоков цехов мокрого прядения являются жвака (пух, волокна) и веретенное масло, концентрация которых по твердым взвесям (пух, волокна) составляет 80 мг/л, а по всплывающим взвесям (веретенное масло) — 800 мг/л.

Практика показывает, что очистка маслосодержащих стоков по схеме волокнуловитель-маслоловушка-безнапорный скорый фильтр оказывается достаточной для сброса стоков в общезаводские биохимические сооружения.

Одним из технических решений для увеличения эффективности работы сооружений механической очистки является введение в схему локальных сооружений флотатора. В этом случае очистка по схеме волокнуловитель-маслоловушка-напорный флотатор-безнапорный скорый фильтр обеспечивает качество стоков, позволяющее возврат очищенных стоков на повторное использование в технологическом процессе прядения. При этом количество задерживаемого веретенного масла, способного к регенерации, достигает 70–75 % его начального расхода.

### Очистка сточных вод после варки и беления ровницы и ткани

После операции щелочной отварки в стоках присутствует большое количество органических веществ. В процессе варки ровница теряет 15–18 % массы, т. е. из одной тонны обрабатываемого волокна в раствор переходит 150–180 кг органических соединений. Поэтому раствор после отварки и воду от первой промывки нецелесообразно очищать до нормативов, позволяющих их повторное использование, а следует после предварительной очистки на локальных сооружениях сбрасывать в общезаводские очистные сооружения или в городскую канализацию.

Все стоки от последующих промывок после обработки на локальных сооружениях можно использовать повторно.

В процессе беления ткани происходит и ее расшлихтовка (снятие шлихты — покрытия нити для прядения), в результате чего в канализацию поступает большое количество загрязнений. В связи с этим проводили специальные работы по выделению стоков после шлихтования и расшлихтовки в отдельный контур для создания замкнутого цикла шлихтование-расшлихтовка-шлихтование с многократным использованием регенерированных промывных вод в технологическом процессе.

В процессе исследований установили, что при промывке ткани большое значение имеет ее влагопоглощение, которое зависит от степени отжима, рецепта шлихты, структуры ткани (плотности и переплетения нитей), природы волокна. Водорастворимая шлихта (крахмал) сначала набухает, переходя в пастообразное состояние, и лишь потом растворяется.

Основными факторами, влияющими на процесс расшлихтовки, являются рН, жесткость воды, ее температура в промывной ванне, кратность водного обмена при промывке, конструкция применяемого технологического оборудования.

Если считать, что масса сухой шлихты (от общему массе ткани) составляет 2,5–3,0 %, то при совмещении операции расшлихтовки с процессом беления в технологический раствор, помимо вымываемых из волокна 15–18 % органических веществ, из тонны обрабатываемой ткани будет переходить еще и 25–30 кг шлихты.

Поэтому очистка белильных растворов и вод от первой промывки, как наиболее загрязненных, должна осуществляться только до норм, позволяющих сброс в городскую канализацию, более глубокая их очистка нерентабельна.

### Очистка сточных вод после крашения

Очистка промывных вод после крашения требует значительных усилий, поскольку в красильных растворах помимо красителей присутствуют в больших концентрациях ПАВ и другие вещества сложного состава, да и убрать «цветность» очень сложно.

В литературе предложено много эффективных методов очистки стоков, содержащих красители.

Так, фирма «Семисоллв» (США) разработала систему обесцвечивания и очистки сточных вод красильно-отделочных фабрик, основанную на применении смеси полимерных коагулянтов; после такой очистки воду можно повторно использовать [2].

Хорошие результаты дает применение мембранной технологии для рекуперации красителей и очистки отработавших красильных растворов с их повторным использованием в технологическом процессе [3–6]. При этом количество потребляемой свежей воды удается снизить на 70 %, а коэффициент возврата красителей достигает 80–90 %.

Для обесцвечивания и детоксикации красителей, а также удаления опасных для водоемов вспомогательных веществ (бутилбензоат, диметилфталат, ди- и трихлорбензолы и др.) на очистных сооружениях Венгрии применяют восстановление, хлорирование, озонирование [7].

В Германии очистку сточных вод отделочных производств текстильных предприятий осуществляют осаждением неорганическими реагентами, флокуляцией полиэлектролитами и воздухом, адсорбцией на коксе из бурого угля. Эффективность очистки по показателю ХПК достигает 95 %, и очищенные воды повторно используют для технических нужд [8].

Используемые в Индии методы коагуляции, адсорбции на активном угле и др.) для очистки стоков текстильной промышленности позволяют [9] снизить загрязненность на 60–80 %.

Для интенсификации физико-химической очистки методами коагуляции, фильтрования и адсорбции используют кислород воздуха. В результате его подачи в усреднитель происходит снижение ХПК на 20 %, что, в свою очередь, позволяет увеличить длительность фильтроцикла угольных адсорберов и снизить расход коагулянтов [10].

Обработка сточных вод озоном перед коагуляцией позволяет значительно увеличить эффект очистки. В Германии фирма «Scholl AG» разработала пилотную установку для очистки высокоцветных стоков красильных и отбельных цехов, состоящую из усреднителя, реактора предварительного окисления, отстойника, озонатора, генератора озона, осветлителя, резервуаров для коагулянтов и флокулянтов, илоуплотнителя, фильтр-пресса и системы коммуникаций. Осветленные стоки обрабатывали флокулянтами и озono-воздушной смесью и направляли в осветлитель. После нейтрализации и умягчения на ионообменных фильтрах очищенную сточную воду возвращали в технологический процесс. Эффект очистки по ХПК и БПК составляет соответственно 80–90 и 75–90 % [11].

Присутствие взвешенных веществ в воде вызывает повышенный расход озона. В связи с этим эффективно сочетать озонирование с другими методами: ультрафиолетовым или инфракрасным облучениями, предварительным отстаиванием и коагулированием.

Высокая степень очистки от красителей и органических примесей достигается при фильтрации через активный уголь. Красители, присутствующие в ионной форме, удаляются полностью, а дисперсные — частично. Однако этот метод неэффективен для низкомолекулярных соединений и пигментов. Для эффективного использования активных углей необходимо предварительное снижение ХПК стоков до 200 мг/л. Широкое применение этого метода сдерживается высокой стоимостью регенерации углей.

Удовлетворительные результаты получили сотрудники Ленинградского инженерно-строительного института

при использовании электрохимического метода для обесцвечивания сточных вод текстильной промышленности, содержащих кислотные и кислотнo-протравные красители. С графитовыми анодами и катодами из нержавеющей стали степень обесцвечивания достигала 87–98 %. Одновременно ХПК снижался на 72–87 %, а СПАВ на 75–80 %.

Для детоксикации медь- и хромсодержащих сточных вод применяют электрохимический способ. При использовании нерастворимых электродов в диафрагменном электролизере содержание шестивалентного хрома снижается до 40 % за счет катодного восстановления, а обесцвечивание — до 60 %. Эффективное удаление хрома наблюдается при использовании стальных растворимых анодов марки «сталь 3» [12].

Наиболее распространенным способом обезвреживания сточных вод текстильной промышленности является биохимический. Он требует меньших капитальных затрат на 1 м<sup>3</sup> создаваемых сооружений и обеспечивает более высокую степень очистки. Сравнительный анализ различных способов показывает, что

1) физико-химическая обработка сточных вод от отделочных производств нецелесообразна из-за большого количества образующихся осадков;

2) применение методов сорбции и каталитического окисления требует больших капитальных и эксплуатационных затрат;

3) наиболее эффективна при условии предварительного извлечения из сточных вод веществ, ингибирующих биохимические процессы (сульфидов и ионов тяжелых металлов), непосредственная обработка стоков активным илом с последующей коагуляцией взвешенных веществ и отстаиванием, а также доочисткой (для обесцвечивания) на активных углях или озоном [13, 14].

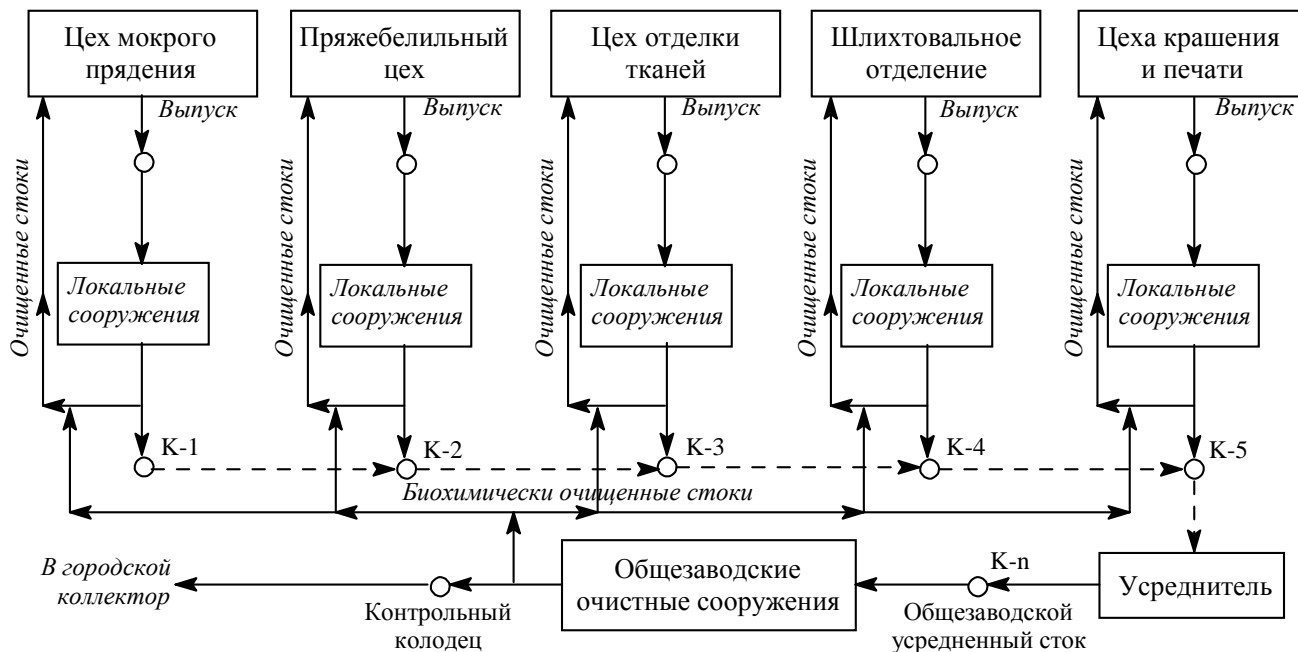
Рекомендуется объединять все текстильные промышленные стоки, прошедшие предочистку на локальных сооружениях, в одну сеть с хозяйственно-бытовыми стоками, совместно очищать их на общезаводских биохимических сооружениях или сбрасывать на городские очистные сооружения.

Опыт работы биосооружений показывает, что при соответствующих условиях (достаточном разбавлении бытовыми стоками, адаптацией активного ила к данной категории сточных вод от беления и крашения, выбора оптимального режима работы очистных сооружений) достигается эффективность очистки по показателям ХПК, БПК и ГДП на 82, 92 и 93 % соответственно [15]. При достаточном разбавлении бытовыми стоками очищенные биохимическим способом текстильные стоки становятся бесцветными и прозрачными. При недостаточном разбавлении они имеют остаточную цветность вследствие неполного разрушения красителей [16] и приходится дополнять схему узлами физико-химической доочистки стоков.

Для снижения цветности и загрязненности стоков от процессов отбеливания, крашения и отделки на 95 % изучено [17] два варианта очистки:

1) коагуляция — отстаивание — сорбция на активном угле;

2) биохимическая очистка — сорбция на активном угле — озонирование.



**Принципиальная схема разделения потоков сбрасываемых в канализацию промстоков с целью их раздельной обработки на локальных сооружениях**

Установлено, что при обработке высокоцветных вод неорганическими коагулянтами (соли  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ) с добавкой полиэлектролитов эффект очистки по показателям ХПК и БПК составлял соответственно 50–60 и 20–60, при этом очищенные стоки имели остаточную цветность. После доочистки на активном угле вода становилась практически бесцветной.

Степень очистки тех же вод при использовании биохимического метода намного выше (ХПК — 80 %, БПК — 90–95 %). Очищенные стоки обладают остаточной цветностью, вследствие чего необходима их доочистка сорбцией на активном угле и/или озонированием.

Эффективного обесцвечивания можно достигнуть при пропускании стоков через биофильтр с активным углем или гранулированным материалом из полиэфирных смол [18]. В этом случае благодаря продолжительности биологического воздействия на трудноокисляемые компоненты (время контакта достигает 7 ч) эффект обесцвечивания в зависимости от вида и концентрации красителя доходит до 95 %.

В ряде работ [19, 20] указывается на перспективность использования для очистки сточных вод текстильных предприятий биологических реакторов с прикрепленной микрофлорой. Использование биодисков из поливинилхлорида позволяет получить степень очистки по БПК5 до 92,7 %.

Таким образом, на основании краткого анализа данных по оптимизации водопотребления и водоотведения с целью снижения потребления свежей воды и сокращения сброса сточных вод можно сформулировать следующее.

1) Наиболее прогрессивно создание отдельных сетей канализации со сбросом в них стоков от конкретных операций; создание локальных сооружений для каждой раздельной сети канализации для повторного использования стоков, очищенных до требуемого технологией качества; разработка и принятие обоснованных

норм качества воды для каждой технологической операции по минимально допустимым показателям, требуемым технологией. Данные мероприятия позволяют создать малосточные системы для конкретных операций с автономным качеством воды и потребляющим свежую воду только для подпитки системы; повторное использование очищенных стоков позволяет сократить потребление свежей воды на технологические нужды на 60–65 % (см. рисунок).

2) Высококонцентрированные стоки необходимо отводить и очищать самостоятельно до нормативов, позволяющих их сброс на биохимические сооружения. Очищать подобные стоки до нормативов, разрешающих их повторное использование, нецелесообразно.

3) Наиболее экономичным и эффективным способом очистки сточных вод красильно-отделочных производств является биохимический, однако он высокоэффективен лишь при условии предварительного извлечения или разрушения на локальных сооружениях соединений, токсичных для активного ила.

4) При условии возврата в технологию сточных вод от операции крашения, очищенных биохимическим методом, необходимо предусматривать узел доочистки от остаточного количества неразрушенных красителей.

5) Внедрение всех перечисленных мероприятий в практику работы предприятий льноперерабатывающей отрасли способно снизить количество выбрасываемых в окружающую среду отходов лишь частично. Более радикальным решением является пересмотр и улучшение основных технологических процессов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов А. Я., Таварткиладзе И. М., Ткаченко Л. И. Очистка сточных вод предприятий легкой промышленности. Киев: Техника, 1985. 230 с. 2.
2. // J. Soc. Dyers and Colour. 1998. V. 114. № 1. P. 2.

3. Герасимов М. Н., Козлов В. В., Зуёкова Н. С. Тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. «Теория и практ. разработки опт. технол. процессов и конструкций в текстил. пр-ве» (ПРОГРЕСС-97), Иваново. 28–30 окт. 1997. Иваново. 1997, с. 344.
4. Van J Hul J. P., Rácz J. G., Reith T. // J. Soc. Dyers and Colour. 1997. V. 113. № 10. P. 287–291.
5. Watter J. C., Biagtan E., Senler O. // Separ. Sci. and Technol. 1991. V. 26. № 10–11. P. 1295–1313.
6. Vikram S. // Text. Chem. and Color., 1998. V. 30. № 1. P. 17–19.
7. Gow J. S. // Magy textiltechn. 1981. V. 24. № 10. P. 517–524.
8. Streibelt H. P. // Chemiefas-Textilind. 1983. V. 33/85. № 7–8. P. 500.
9. Ehattacharya A. K., Das R. R. // Proc. Nat. Symp. Appl. Nucl. and Allied Techn. Publ. Health and Pollut. Contr. Bombay. 12–13 Febr. 1981, p. 165.
10. Мамонтова А. А., Кондрашова Т. Б., Слободян В. В. // Химия и технология воды. 1984. Т. 6. № 2. С. 182–183. 11.
11. Fiala B., Villiger K. // Textilveredlung. 1979. Bd. 14. № 1. S. 5–12.
12. Светашиова Е. С., Краснобородько И. Г., Цапахина Р. Б. Исследование возможности электрохимического обесцвечивания сточных вод от крашения шерстяных и полушерстяных изделий. Сан. техника // Сб. трудов Ленинградского инж.-стр. института. 1973, с. 94–97.
13. Diemunsch J. // Teintex. 1979. V. 44. № 11. P. 9–16.
14. Diemunsch J. // Melliand Textilber. 1979. V. 60. № 7. P. 606–609.
15. Rovel J. M. // J Water Pollut. Contr. Develop. Bangkok: Countries Proc. Int. Conf. 1978. Bangkok: 1978. P. 493–502.
16. Höke B. // Textilbetrieb. 1978. V. 96. № 7–8. P. 60–62.
17. Cambron B., Dieterlen S. // Eaw et ind. 1982. № 65. P. 47–53.
18. Ackermann K., Franke D. // Melliand Textilber. 1982. V. 63. № 1. P. 66–69.
19. Kremer F., Broomfield B., Fradkin J. Proc. 37-th Ind. Waste Conf., West Lafayette, Ind., 11–13 May, 1982, Ann Arbor. Mich. 1982. P. 157–161.
20. Hlavicova M., Danišova B., Wanner J. // Textil (ČSSR). 1985. V. 40. № 4. P. 140–144.