

4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ: МАЛООТХОДНЫЕ И БЕЗОТХОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОИЗВОДСТВА

УДК 628.316.12:663.43

Э. А. Тур, С. В. Басов

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СОЛОДА НА ОАО «БЕЛСОЛОД» В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Объектом исследования являлись сточные воды ОАО «Белсолод» (г. Иваново Брестской области), образующиеся на различных стадиях замачивания зерна для производства солода. Проведены лабораторные исследования, направленные на снижение содержания загрязняющих веществ в сточных водах до нормативных. Изучены возможные варианты использования реагентов для нейтрализации стоков, удаления фосфатов. Подобран реагент и диапазон оптимальных доз реагента. Разработаны технологические рекомендации, позволяющие проводить локальную очистку стоков на территории предприятия без строительства отдельных очистных сооружений

После реконструкции, корректировки технологического процесса и снижению объемов сбрасываемых сточных вод в городскую канализационную сеть, в сточных водах ОАО «Белсолод» периодически возникали превышения предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ. Нормативы по данным показателям следующие: водородный показатель (рН) - 6,5-8,5; взвешенные вещества - не более 450,0 мг/дм³; ХПК - не более 1500,0 мг/дм³; фосфаты, в пересчете на Р - не более 11,4 мг/дм³.

Целью исследований являлось: анализ стоков на всех этапах технологического процесса замачивания зерна с определением мест и выявлением причин появления загрязняющих веществ; разработка мероприятий по недопущению превышения ПДК загрязняющих веществ в составе производственных сточных вод на выпуске в сети коммунальной канализации без строительства локальных очистных сооружений. Решения не должны были отрицательно влиять на основной технологический процесс и состояние технологического оборудования.

Сброс сточных вод предприятия производится по наружным сетям канализации в резервуар-усреднитель вместимостью 1000 м³. Так как сбросы сточных вод является залповыми, в резервуаре происходит усреднение расходов стоков и концентрации их загрязнения. Для равномерного поступления сточных вод в городскую канализацию, стоки подаются собственной канализационной станцией производительностью 142 м³/ч, расположенной на промплощадке предприятия в городскую канализацию по одной из веток Ø200 мм на очистные сооружения. Работа насосов автоматизирована по уровню воды в приемном резервуаре. Установленный лимит сброса сточных вод составляет 250 м³/ч или 1400000 м³/год.

Процесс замачивания ячменя является периодическим и происходит в три стадии. В каждой стадии задействованы 8 чанов объемом 85 м³. Расход воды на заполнение чанов составляет 240,3 м³.

В ходе реализации проекта по реконструкции ОАО «Белсолод» предусматривалось увеличение мощности по производству солода с 65 000

тонн до 130 000 тонн в год. Реализация проекта предполагает переход на новую продолжительность замачивания зерна (с 3-х суточного на 2-суточное) на 24-х замочных чанах, что сокращает длительность производственного процесса.

В процессе работы были исследованы сточные воды на различных стадиях технологического процесса на величину рН, содержание фосфат-ионов, ХПК и взвешенных веществ, а также в лабораторных условиях продублирован технологический процесс замачивания зерна и исследован ячмень различных поставщиков (Беларусь, Украина, Дания). Исследования проводили стандартными методами [1, 2].

Согласно проведенным исследованиям, наиболее кислыми являются сточные воды, образующиеся после 1-й замочки ячменя. В выпускном колодце разбавление бытовыми сточными водами положительно влияет на рН стока.

В исследованных пробах не обнаружено превышения содержания взвешенных веществ. Ранними исследованиями было определено, что превышения по содержанию взвешенных частиц наблюдается при использовании ячменя, поставляемого из Украины. Превышение содержания фосфат-ионов имеют сточные воды, образующиеся после первой замочки (1–е сутки) ячменя. После 2-й замочки (3-е сутки) содержание фосфат-ионов находится в пределах допустимого значения. В усреднителе после смешения стоков имеется небольшое превышение, а в выпускном колодце после разбавления промышленных сточных вод бытовыми превышения практически нет ($0,2 \text{ мг/дм}^3$ – в пределах допустимой погрешности измерений). Ранее определено, что превышения по содержанию фосфат-ионов имеют сточные воды, образующиеся при использовании ячменя, поставляемого из Украины и Беларуси. При смеси стоков замочки различного сырья превышения по содержанию фосфат-ионов не наблюдалось. Датское зерно дало превышение по содержанию фосфат-ионов. Установлено, что наиболее критичными и дающими превышения по всем параметрам являются сточные воды слива 1-й замочки ячменя (через 1 сутки замачивания).

В исследованных пробах не обнаружено превышения по показателю «химическое потребление кислорода» (ХПК). Наиболее высокое значение ХПК имеют сточные воды после 1-х суток замочки.

Исследовали также пробы ячменя различных стран-поставщиков. В лаборатории были продублированы технологические процессы замачивания ячменя. Была произведена первая замочка, слив сточных вод через 1 сутки, затем – периодическое перемешивание влажного зерна в течение вторых суток и имитация продувки, далее – вторая замочка зерна и слив сточных вод через 1 сутки. При исследовании технологических процессов по замачиванию зерна установлено, что при замачивании ячменя, произведенного в Дании, процесс водопоглощения на 1-е сутки протекает интенсивнее, чем зерна, произведенного в Беларуси и в Украине. Через сутки замачивания, при одинаковом массовом соотношении ячменя и воды, объем воды поглощенной зерном из Дании составляет (в % на 100 % зерна) – 73 %, Беларуси – 57 % , Украины – 65 % [3].

Отсюда следует, что возникает необходимость регулировать время замачивания и, как следствие, период прорастания ячменя, произведенного в определенной стране-производителе сырья. Это подтверждается и низкими значениями рН в первые сутки замачивания (т.е. датское сырьё быстрее закисает). Сточные воды 1-х суток характеризуются высоким содержанием фосфатов - от 45 до 65 мг/л, т.е. от 14,7 до 21,21 мг/дм³ (в пересчете на Р).

Таблица 1

Исследование влияния качества сырья, в зависимости от страны-производителя, на свойства сточной производственной воды (ПСВ)

Наименование показателя	Страна-производитель		
	Дания	Беларусь	Украина
Показатели за 1 сутки замачивания			
рН	4,78	5,11	5,0
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³ (в пересчете на Р)	21,21	19,5	14,7
Показатели за 3 сутки замачивания			
рН	5,65	6,2	6,1
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³ (в пересчете на Р)	18,7	17,2	11,8

После промывки и продувки ячменя, а также, замачивания в следующие двое суток значение рН отработанной воды повышается до 5,65-6,1. Так как экспериментальные и фактические значения рН не соответствуют нормативным показателям, возникает необходимость нейтрализации кислых сточных вод.

Была также исследована степень эффективности различных реагентов для очистки представленных проб сточных вод от загрязнений. Использование солей, обуславливающих при гидролизе кислую среду раствора, в данном случае положительных результатов не дало. Поскольку основной объем ПСВ имеет кислую среду, для нейтрализации стока было принято использовать щелочные реагенты [3].

В качестве такого реагента использовался СаО. При исследовании в сточные воды добавляли различные количества реагента, начиная с минимальной дозы 0,1 г/л СаО и выше, до 5 г/л СаО. Рекомендуется использовать в качестве нейтрализующих реагентов именно соединения кальция, т.к. ПСВ имеют повышенное содержание фосфат-ионов и взвешенных веществ, которые при действии Са²⁺ способны образовывать осадки. В процессе проведенных исследований определено, что видимый процесс образования осадков ПСВ начинается при минимальных дозах СаО, а именно, от 0,1 кг СаО на 1 м³ сточной воды. Установлено, что при малых дозах СаО (0,1 и 0,5 кг на м³), процесс образования и осаждения осадков протекает медленно и требует интенсификации, а именно, использование гидроциклона. В лаборатории данный процесс интенсифицировали при помощи центрифуги. Кроме того, процесс образования осадков ПСВ первоначально приводит к увеличению содержания взвешенных веществ с 379 мг/дм³ до 828–1073 мг/дм³. Однако, даже при неполном осаждении осадков ПСВ, наблюдается снижение содержания фосфат ионов с 13,4 мг/л до 5 мг/л [3].

При использовании минимальной дозы СаО (0,1 г/л) для удаления взвешенных веществ (519 мг/л) рекомендуется устанавливать применять физико-химические методы удаления взвешенных веществ (центрифугирование, сепарирование, использование гидроциклона).

Для снижения затрат на реагенты и с целью экономичного режима работы устройств по очистке ПСВ предлагается использовать оборотную систему очистки сточных вод, позволяющую разбавлять наиболее загрязненный залповый сброс водой прошедшей реагентную и/или физико-механическую обработку, перед сбросом в сеть бытовой канализации. Максимальный залповый сброс составляет $215,3 \text{ м}^3$, следующий сброс осуществляется через 8 часов. Максимальный часовой расход производственных сточных вод составляет (при залповом сбросе $Q=215,3 \text{ м}^3$; среднечасовой расход $q_w=215,3:8=26,9 \text{ м}^3/\text{ч}$, т.е. округлённо $27 \text{ м}^3/\text{ч}$). Следовательно, часовой расход ПСВ, после первого (условно) сброса, составляет 27 м^3 в час. Исходя из среднечасового расхода сточных вод, осуществляется подбор и расчет оборудования. Объём отстойника должен составлять (с запасом 15 % по объёму): $(215,3 \times 100)/85=253 \text{ м}^3$. Принимаем отстойник объёмом 250 м^3 . Отстойник можно размещать на открытом воздухе также, как размещен в настоящее время резервуар-усреднитель.

Низкие концентрации реагента способствуют увеличению содержания взвешенных веществ, которые могут быть удалены физико-механическими методами очистки, например в гидроциклонах ПВО–ГЦ 1100. Гидроциклон должен быть размещен в помещении во избежание замерзания воды в зимний период работы, так как предполагаемая загруженность будет составлять примерно 8 часов в сутки. Данной очищенной водой предполагается разбавлять последующие стоки [4].

Таким образом, рекомендуется несколько вариантов обработки ПСВ:

1) Сточная вода из усреднителя смешивается с реагентом, затем поступает на физико-механическую обработку в напорные гидроциклоны, после чего возвращается в усреднитель, разбавляя следующий сброс.

2) Реконструкция резервуара-усреднителя: оборудование его секцией для отстаивания стоков. Усреднитель после реконструкции предприятия не используется на полную мощность, имеется значительный резерв по объёму. При оборудовании в нём секции для отстаивания объёмом 250 м^3 не потребуются возведения отдельно стоящего резервуара-отстойника.

Кроме того, рядом с резервуаром-усреднителем имеется достаточно большая свободная площадка, на которой можно разместить и резервуар для осаждения осадков (горизонтальный отстойник) и/или гидроциклон. Образующиеся осадки не будут вызывать коррозию трубопроводов. Их можно высушивать и реализовывать как минеральное удобрение, содержащее кальций и фосфор. Количество высушенных осадков будет невелико. При проведении лабораторных исследований массы осадков при диапазоне введения СаО от 0,1 г/л до 1 г/л составили от 0,84 до 2,8 масс %.

Таким образом, предложенные инженерные решения обеспечат повышение экологичности производства солода без строительства отдельных очистных сооружений.

Литература

1. Алексеев, Л. С. Контроль качества воды / Л. С. Алексеев. — М.: ВШ, 2004. — 153 с.
2. СТБ ИСО 6878-2005 Качество воды. Определение фосфора спектрометрическим методом с молибдатом аммония № 1.2.1.79-0013.
3. Тур, Э.А. Проблемы очистки сточных вод, образующихся на стадии замачивания зерна при производстве солода, и пути их решения/ Э.А. Тур, Н.В. Левчук, С.В. Басов // Вестник Брестского государственного технического университета. — 2018. — № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. — С. 117-122.
4. Комарова, Л. Ф. Инженерные методы защиты окружающей среды / Л. Ф. Комарова, Л. А. Кормина. — Барнаул: ГИПП Алтай, 2000. — 391 с.

«Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь

E. A. Tur, S. V. Basov

THE SUSTAINABILITY OF MALT PRODUCTION AT JSC "BELSOLOD" IN THE REPUBLIC OF BELARUS

The object of the study was wastewater of JSC "Belsolod" (Ivanovo, Brest region), formed at various stages of soaking grain for the production of malt. Laboratory studies aimed at reducing the content of pollutants in wastewater to regulatory. Possible variants of using reagents for neutralization of effluents and removal of phosphates were studied. The reagent and the range of optimal reagent doses were selected. Technological recommendations have been developed that allow local wastewater treatment on the territory of the enterprise without the construction of separate treatment facilities

"Brest state technical University", Brest, Republic of Belarus

УДК 66.01/09

¹Т. В. Ашихмина, ²В. И. Горда, ²А. Г. Ильин, ²К. А. Сацюк, ²Ю. И. Тудорашку

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ С ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ПРОЦЕССА КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОТХОДОВ

В статье рассматривается технология высокотемпературной газификации материалов с электротермической стабилизацией процесса как экологически и экономически эффективный способ решения проблемы обезвреживания отходом производства и потребления

В настоящее время в России накоплено огромное количество промышленных и коммунальных отходов, складирование и захоронение которых приводит к значительному загрязнению окружающей среды и, соответственно, к ухудшению экологических условий жизнедеятельности населения. В связи с этим вопросы экологически безопасной переработки и утилизации отходов становятся особенно актуальными.

В целом, переработка отходов может осуществляться в трех направлениях: обработка, утилизация и обезвреживание [1]. Выбор технологии обезвреживания определяется приоритетными экологическими проблемами