

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Виктор Ковальчук

Национальный университет водного хозяйства и природопользования
Адрес: Украина, г. Ровно, ул. Соборная, 11
E-mail: kvant56@list.ru

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований технологии физико-химической и биологической очистки сточных вод мясоперерабатывающих предприятий.

Ключевые слова: мясоперерабатывающие предприятия, сточные воды, отстойник-флотатор, аэротенк-отстойник, технология очистки сточных вод.

ВЕДЕНИЕ

Годовое производство мяса различных категорий в Украине составляет около 2,4 млн. тонн и постоянно увеличивается [2]. Расход сточных вод, образующихся при этом, составляет около 40 млн. м³ в год, что по количеству загрязнений соответствует примерно 400 млн. м³ городских сточных вод.

Сточные воды мясоперерабатывающих предприятий (МПП) содержат кровь, остатки внутренностей, мышечных и жировых тканей, навоз, землю, песок, грязь, специи и дезинфицирующие вещества, используемые в производстве. Они высококонцентрированы по ХПК и БПК, содержанию взвешенных веществ и жиров, имеют повышенное содержание биогенных элементов [15].

Образование на МПП большого количества высококонцентрированных сточных вод и недостаточная эффективность применяемых методов и технологий их очистки создают значительную угрозу окружающей среде [9].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

В сточных водах МПП жиры находятся в основном в грубодисперсном и эмульсированном состоянии, содержание растворимых жиров составляет лишь несколько миллиграммов на кубический дециметр. Основная масса грубодисперсных жиров легко удаляется из сточных вод простым отстаиванием. Однако, эмульсированные жиры, содержащиеся в сточных водах: - образуют пленку на поверхности хлопьев активного ила, биопленки и загрузки биологических фильтров; - уменьшают массопередачу субстрата, кислорода и продуктов биохимических реакций, - вызывают вспухание активного ила; - способствуют развитию нитчатых микроорганизмов. Это приводит к выходу из строя биологических фильтров, а вследствие существенного уменьшения скорости окисления загрязнений активным илом - к

значительным осложнениям в работе аэротенков. Уменьшение скоростей биохимического окисления при этом происходит вследствие малой скорости ферментативного гидролиза жиров, продукты которого, однако, хорошо окисляются микроорганизмами [14, 15, 18, 19].

Наиболее эффективным методом удаления жиров и взвешенных веществ из сточных вод МПП является флотация. Применение импеллерной флотации обеспечивает наименьшую эффективность удаления взвешенных веществ и жиров среди всех методов флотационной очистки. Несколько эффективнее пенная сепарация, однако, она не применяется из-за большого количества (до 22%) образующегося флотошлама. Электрофлотация, электрокоагуляция и электрофлотокоагуляция не находят применения из-за значительных затрат электроэнергии, недолговечности электродов и их пассивации, загрязнения ионами металлов образующихся осадков и шламов, сложности эксплуатации электроустановок. Наилучшие результаты достигаются при напорной флотации с предварительной коагуляцией, однако она не обеспечивает степень очистки, достаточную для сброса очищенных сточных вод в городские канализации, требует значительного расхода реагентов, приводит к образованию большого объема осадков и шламов. Этот метод имеет ограниченное применение, что обуславливает целесообразность использования для очистки сточных вод МПП безреагентной напорной флотации [15, 16, 20].

Самостоятельная анаэробная биологическая очистка также не обеспечивает степень извлечения органических загрязнений из сточных вод МПП, достаточный для их сброса в городские канализации, и, одновременно, приводит к существенному увеличению концентраций аммонийного азота [21]. Это значительно затрудняет последующую аэробную биологическую очистку и возможность удаления аммонийного азота из сточных вод путем нитрификации-денитрификации, поскольку при низких концентрациях органических веществ аммонийный азот является ингибитором процесса аэробного

биологического окисления загрязнений [1]. Кроме этого, анаэробно сброженные сточные воды имеют неприятный запах, а сооружения требуют устройства значительных противопожарных разрывов, что является недостатком их строительства на пищевых предприятиях. Наиболее приемлемым методом извлечения растворенных и коллоидных веществ из сточных вод МПП является их биологическая очистка в аэротенках, однако в отечественной и зарубежной нормативной, справочной и научной литературе практически отсутствуют данные о скоростях биохимического окисления загрязнений активным илом.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Разрабатываемая технология должна обеспечивать необходимую степень очистки сточных вод всех типов МПП, быть энергосберегающей и простой в эксплуатации.

Существующие МПП Украины могут быть разделены на четыре группы: 1) старые мясокомбинаты, работающие по технологиям с полной переработкой субпродуктов и конфискатов; 2) старые мясокомбинаты, перешедшие на частичную переработку субпродуктов с переработкой конфискатов на ветсанзаводах, а также старые мясоперерабатывающие заводы, колбасные фабрики и птице-мясокомбинаты, 3) новые предприятия с частичной переработкой субпродуктов и переработкой конфискатов на ветсанзаводах 4) убойные цеха птицефабрик. Различные производственные программы и степень переработки мясного сырья обуславливают отличающиеся уровни загрязнения сточных вод рассмотренных групп МПП.

По допустимым концентрациям взвешенных веществ, БПК_{полн.}, БПК₅ и ХПК для сброса сточных вод МПП в канализации городов Украины приемлема неполная биологическая очистка. Однако ее эффективность должна устанавливаться, исходя из необходимости осуществления биологической нитрификации аммонийного азота (остаточные концентрации 2,5-35 мг/дм³) и окисления тонко эмульсированных жиров (остаточные концентрации 4,4-50 мг/дм³). Жесткие требования по содержанию в очищенных сточных водах нитритов (в некоторых случаях - до 0,01 мг/дм³) и нитратов (в некоторых случаях - до 5 мг/дм³) указывают на необходимость осуществления еще и процессов денитрификации. В случае сброса в открытые водоемы, по показателям ХПК, БПК_{полн.}, БПК₅ и концентрации взвешенных веществ необходимо обеспечивать степень полной биологической очистки с глубокой доочисткой. При этом должны соблюдаться требования к эффективности очистки по таким показателям, как содержание аммонийного азота (до 0,5-1 мг/дм³), нитритов (до 0,01-0,42 мг/дм³) и нитратов (до 1-40

мг/дм³), фосфатов (до 3,12-4 мг/дм³) и железа (до 0,18-0,3 мг/дм³), нефтепродуктов (до 0,01-0,5 мг/дм³) и СПАВ (до 0,2 мг/дм³). Жиры в очищенных сточных водах должны отсутствовать.

Для предварительной очистки сточных вод МПП предложена технология, предусматривающая удаление крупных отбросов на решетках, песка и других крупных минеральных примесей в песколовках, основной массы взвешенных веществ и жиров - в отстойниках-флотаторах, коллоидных и растворенных органических примесей - в аэротенках-отстойниках со струйной аэрацией [10, 11]. Для глубокой очистки сточных вод МПП за основу может быть взята технологическая схема очистки, рассчитанная на сброс сточных вод в городские канализации. Однако в ней должна быть применена двухступенчатая полная биологическая очистка и глубокая доочистка сточных вод на фильтрах с плавающей пенополистирольной загрузкой. Значительное содержание жиров в осадках сточных вод МПП обуславливает целесообразность применения для их обезвоживания центрифуг.

Задачу настоящих исследований составила экспериментальная проверка работы предложенных сооружений и технологических схем очистки сточных вод различных МПП в условиях действующего производства.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Производственные исследования выполняли на Черниговском, Белоцерковском, Новгород-Северском и Неженском мясокомбинатах, мясоперерабатывающем комплексе «Росана», убойных цехах птицефабрики «Ориль-Лидер» и Морозовской птицефабрики, для которых по предложенной технологии были разработаны проекты и построены очистные сооружения.

В ходе исследований было экспериментально подтверждено, что состав и свойства сточных вод МПП определяются применяемыми на предприятиях технологиями переработки мяса, субпродуктов и конфискатов (таблица 1). Режим водоотведения на предприятиях отличается значительной неравномерностью и определяется, главным образом, наличием сырья.

Интенсификация процесса безреагентной напорной флотационной очистки сточных вод достигалась применением разработанных вертикальных металлических отстойников-флотаторов диаметрами 2,4, 4,0, 6,0 и 7,2 м (рисунок 1) [5]. Это позволило: - увеличить общую эффективность извлечения взвеси за счет предварительного кратковременного осаждения наиболее крупных частиц, которые плохо флотируются; - обеспечить наиболее эффективный контакт твердой фазы с пузырьками воздуха за счет увеличения размера флотационной камеры в направлении силового (гравитационного) поля; -

Таблица 1. Характеристика сточных вод различных групп мясоперерабатывающих предприятий

Table 1. Wastewater characterization of different groups of meat-processing plants

Показатели загрязненности сточных вод	Концентрации загрязнений сточных вод предприятий, мг/дм ³ , относящихся к группам			
	1	2	3	4
Взвешенные вещества	1670-1820	190-1740	200-750	880-6230
ХПК	2660-3430	1140-4000	940-1800	2470-6690
БПК _{полн}	1790-2570	730-2200	73-105□	1510-4680
Жиры	400-500	90-60□	180-210	170-1340
Аммонийный азот	130-180	30-75	35-90	30-80
Фосфаты (PO ₄ ³⁻)	90-290	15-65	5-160	110-175
pH	6,5-6,9	6,1-7,9	6,6-7,0	6,7-7,0

упростить процесс удаления шламов и осадков путем устройства конического дна и относительно малой площади круглых в плане отстойников-флотаторов. При расчете флотационных камер учитывались дисперсные составы частиц загрязнений и пузырьков воздуха, играющие определяющую роль при осуществлении процесса флотации.

В результате исследований было установлено, что для обеспечения минимальных остаточных концентраций в очищенных сточных

водах взвешенных веществ и жиров нагрузки на поверхность зоны флотации по сухому веществу не должны превышать 2,2-2,6 кг/(м²·час) [12]. Давление и продолжительность насыщения рабочей жидкости должны определяться на основе экспериментально полученной зависимости между удельным расходом воздуха q_e (дм³/кг) и начальной концентрацией в сточных водах взвешенных веществ $C_n^{вв}$ (г/дм³):

$$q_e = 30,57 C_n^{вв-0,992}, \text{ дм}^3 / \text{кг}.$$

При предварительной очистке в отстойниках-флотаторах сточных вод мясокомбинатов эффективность извлечения взвешенных веществ и жиров составляет соответственно 35,5-85,8 и 65,6-87,8 %, а при очистке сточных вод убойных цехов птицефабрик - 76,8-95,7 и 76,8-93,0 %. Средние остаточные концентрации взвешенных веществ и жиров при этом не превышают соответственно 246 и 74 мг/дм³. Одновременно флотационная очистка обеспечивает снижение ХПК сточных вод на 39,5-76,0 % (в среднем на 57,8 %), БПК₃ - на 43,7-63,8 % (52,8 %), БПК_{полн} - на 41,8-74,2 % (53,3 %). Получены эмпирические зависимости, позволяющие определять концентрации загрязнений в очищенных сточных водах по их значениям в исходных стоках.

При создании нового типа биохимического реактора для очистки высококонцентрированных сточных вод с повышенным содержанием аммонийного азота за основу брались главные средства интенсификации процессов биохимического окисления органических загрязнений, а именно увеличение массы активного ила, принимающего участие в процессе очистки, обеспечения оптимального кислородного и гидродинамического режимов в реакторе, создание аноксидных зон [3]. Исходя из этого были разработаны аэротенки-отстойники гидравлической

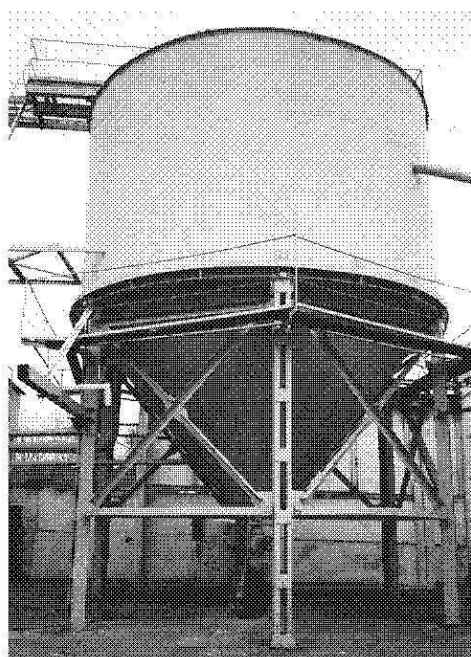


Рис. 1. Отстойник-флотатор диаметром 7,2 м
Fig.1. Settler-flotator diametr 7,2 m

высотой 6-10 м с поверхностной струйной аэрацией (рисунок 2), имеющие следующие преимущества: 1) в одном сооружении осуществляется биологическая очистка сточных вод при повышенных дозах активного ила и эффективное гравитационное разделение высококонцентрированной иловой смеси; 2) применение системы струйной аэрации обеспечивает высокую окислительную способность и эффективность аэрации при полном исключении возможности зажиривания и засорения аэраторов; 3) за счет постоянного отбора иловой смеси с нижней придонной части и ее подачи на поверхностные струйные аэраторы, обеспечивается рециркуляция активного ила и нисходящее движение иловой смеси в зоне аэрации; 4) поверхностная струйная аэрация обеспечивает аэробные условия в верхней части зоны аэрации, а в нижней ее части, в результате постепенного уменьшения концентраций растворенного кислорода за счет биохимических процессов, - возникают анаэробные условия, что обеспечивает осуществление процессов нитрификации-денитрификации; 5) биологическое окисление органических веществ, нитрификация и денитрификация осуществляются единым активным илом при использовании в качестве источника органического углерода для денитрификации собственно очищаемых сточных вод.

Эффективная предварительная очистка сточных вод в отстойниках-флотаторах позволяет осуществить полную биологическую очистку сточных вод в аэротенках-отстойниках. Установлено, что предельная нагрузка на активный

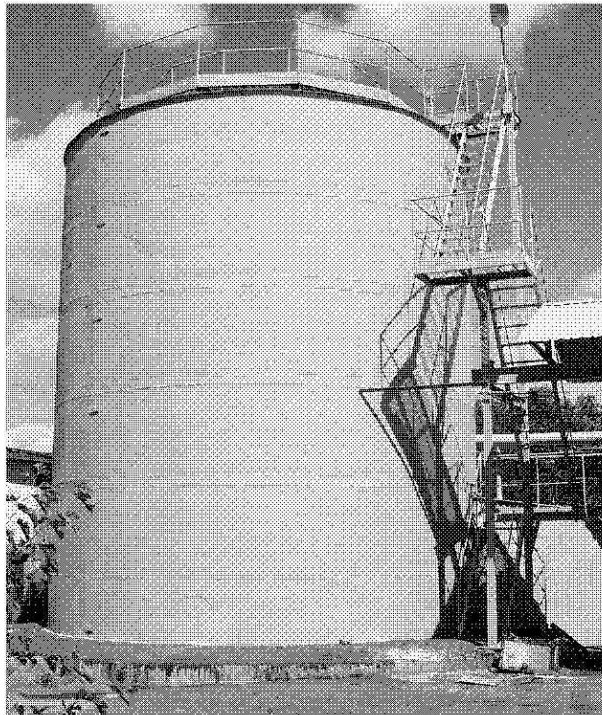


Рис. 2. Аэротенк-отстойник
Fig.2. Aeration tank-settler

ил по БПК_{полн} при которой достигаются показатели полной биологической очистки сточных вод, составляет 260 мг/(г.сутки). При нагрузках на активный ил по БПК_{полн} меньше 500 мг/(г.сутки), эффективность биологической очистки составляет 92-99 %, а при больших нагрузках - уменьшается до 80-98 % (рисунок 3) [4].

Зависимость илового индекса от нагрузки на активный ил по БПК_{полн} (рисунок 4) имеет четкий характер и напоминает известную аналогичную зависимость для городских сточных вод, однако при этом не наблюдается «вспухание» активного ила в диапазоне нагрузок 500-1300 мг/(г.сутки) [8]. При увеличении нагрузки по БПК_{полн} выше 400 и уменьшении ниже 150 мг/(г.сутки) иловый индекс растет, не превышая при этом значение 131 см³/г, что свидетельствует о его удовлетворительных седиментационных свойствах. Увеличение концентрации активного ила в зоне аэрации при этом не приводит к значительному увеличению его выноса из вторичных отстойников. Так, например, увеличение концентрации активного ила в зоне аэрации аэротенков-отстойников Неженского мясокомбината до 7,1 г/дм³ обеспечивало рост окислительной мощности по БПК_{полн} до 6850 г/

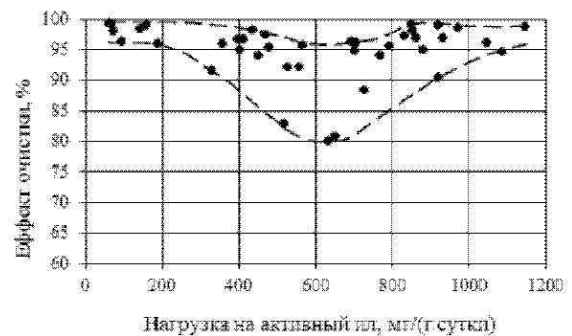


Рис. 3. Зависимость эффективности биологической очистки от нагрузки на ил
Fig. 3. Effect of sludge loading on BOD removal efficiency

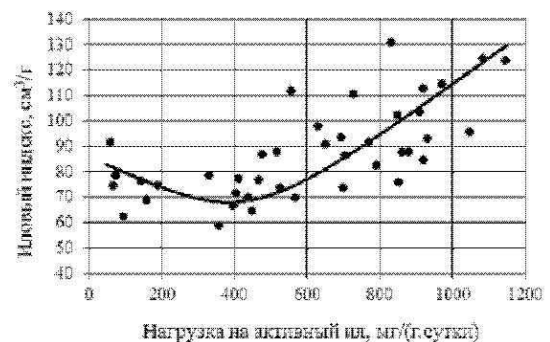


Рис. 4. Зависимость илового индекса от нагрузки на ил
Fig.4. Effect of sludge loading on sludge volume index

(м³.сутки), однако вынос активного ила из вторичных отстойников не превышал 229 мг/дм³, что соответствовало требованиям к сбросу очищенных сточных вод в городскую канализацию.

Выполненные расчеты материальных балансов соединений азота подтвердили осуществление симультанной нитрификации-денитрификации в аэротенках-отстойниках повышенной гидравлической высоты [6]. Было установлено, что в исследуемых аэротенках-отстойниках путем биологической нитрификации-денитрификации удаляется 22,0-71,0 % от исходного содержания азота аммонийных солей при общем уменьшении его концентрации на 92,4 - 98,1 %. При этом средние остаточные концентрации аммонийного азота в биологически очищенных сточных водах предприятий находились в пределах 1-14,2 мг/дм³. В пересчете на 1 м³ объема, удаление азота аммонийных солей за счет нитрификации-денитрификации увеличивалось с возрастанием нагрузки на активный ил от 5,1 г/(м³.сутки) для низконагружаемых аэротенков-отстойников мясоперерабатывающего комплекса «Росана», до 90,8 г/(м³.сутки) - для высоконагружаемых аэротенков Неженского мясокомбината. Полученные значения средних скоростей нитрификации (0,16-3,94 мг NH₄-N/(г.час)) и денитрификации (0,65-3,28 мг NO₃-N/(г.час)) являются сопоставимыми с соответствующими скоростями, достигаемыми при применении в аэротенках переменной аэрации или устройстве в них отдельных аноксидных и аэробных зон.

Для математического моделирования процесса биологической очистки сточных вод в производственных условиях использовали модель Еккенфельдера, которая достаточно точно описывает экспериментальные данные:

$$\frac{L_{en} - L_{ex}}{a_s \cdot t_{atm}} = KL_{ex},$$

где L_{en} - концентрации загрязнений в сточных водах, поступающих на биологическую очистку, мг O₂/дм³; L_{ex} - концентрации загрязнений в биологически очищенных сточных водах, мг O₂/дм³; a_s - концентрация беззольного вещества активного ила, г/дм³; t_{atm} - продолжительность аэрации сточных вод в аэротенке, час; K - константа Еккенфельдера, дм³/(г.час).

Графическая интерпретация полученных результатов показала, что значения константы K увеличиваются при эффективности биологической очистки более 60-70 % и могут быть определены по формуле [17]

$$K = a(1-\eta)^b = a \left(\frac{L_{ex}}{L_{en}} \right)^b,$$

где η - эффективность биологической очистки, доли единицы; a и b - эмпирические коэффициенты (таблица 2).

Таблица 2. Значения коэффициентов a и b для различных групп мясоперерабатывающих предприятий в единицах БПК_{полн}, БПК₅ и ХПК

Table 1. a and b value in BOD, DOD₅ and COD units for different groups of meat-processing plants

Группа предприятий	Значения коэффициентов	
	a	b
Концентрации загрязнений сточных вод определены в единицах БПК _{полн}		
1	0,0378	-0,935
2	0,0134	-1,309
3	0,0221	-0,783
Концентрации загрязнений сточных вод определены в единицах БПК ₅		
1	0,286	-0,95
2	0,040	-0,969
3	0,0155	-0,889
Концентрации загрязнений сточных вод определены в единицах ХПК		
1	0,286	-0,951
2	0,0123	-1,481
3	0,025	-1,499

Доочистка биологически очищенных сточных вод на фильтрах с плавающей пенополистирольной загрузкой со скоростью фильтрации 4,1-7,0 м/час обеспечивает уменьшение ХПК сточных вод на 33 %, БПК_{полн} - на 44 %, концентраций взвешенных веществ - на 77 %, аммонийного азота - на 10 %, нитритного и нитратного азота - на 33 и 18 %. Предварительная, перед доочисткой, обработка сточных вод сульфатом алюминия увеличивает эффективность доочистки по ХПК - до 45 %, БПК_{полн} - до 58 %, а при начальной концентрации фосфатов не более 28 мг/дм³ позволяет полностью удалить их из сточных вод.

Количество осадка, образующегося в отстойниках-флотаторах, составляет 1-4 % расхода очищаемых сточных вод. Влажность осадка составляет 91,4-97,3 %, зольность - 20,2-35,5 %, удельное сопротивление фильтрации - 98-784.10¹⁰ см/г. Среднее суточное количество образующегося флотошлама составляет 1,7-2,5 % расхода очищаемых сточных вод для мясокомбинатов и 0,8-1 % - для птицефабрик. Влажность флотошлама находится в пределах 83,9-94,1 %, а зольность составляет 11,7-16,7 %. Содержание жировых веществ в флотошламе составляет 21,6-29,4 % массы сухого вещества, указывает на целесообразность его утилизации в цехах технических фабрик для получения мясокостной муки и технического жира [13].

Во время исследований процесса механического обезвоживания осадка на центрифугах ОГШ-501У-01, выполняемых на Черниговском мясокомбинате, установлено, что основные технологические параметры следует принимать следующими: скорость вращения ротора - 3000 об/мин., радиус слива фугата - 200 мм;

часовая производительность центрифуги - 7-10 м³/час. При этом влажность кека составляет в среднем 80%.

Производственные исследования технологии очистки сточных вод подтвердили возможность достижения показателей качества очистки сточных вод МПП, отвечающие требованиям к их сбросу в городские канализации или в природные водоемы

(табл. 3, 4).

При расходах очищаемых сточных вод до 500 м³/сутки для сокращения длины коммуникаций между сооружениями, использования тепла сточных вод для поддержания оптимального температурного режима, а также обеспечения компактности целесообразно пространственно-функциональное комбинирование сооружений между собой.

Таблица 3. Результаты очистки сточных вод мясокombината (сброс в городскую канализацию)

Table 3. Results of meat processing plant wastewater treatment (discharge to municipal sewers)

Показатели загрязненности сточных вод	Значения показателей загрязненности сточных вод			Общий эффект очистки, %
	неочищенных	после очистки		
		в отстойнике-флотаторе	в аэротенках	
pH	6,80	6,81	7,37	-
Взвешенные вещества, мг/дм ³	<u>119-12067</u> 1793	<u>122-590</u> 326	<u>5,2-44</u> 23	98,7
XПК, мг O ₂ /дм ³	<u>551-14719</u> 3430	<u>637-2828</u> 1463	<u>85-445</u> 248	92,8
БПК _{полн} , мг O ₂ /дм ³	<u>266-2759</u> 1788	<u>406-1795</u> 1040	<u>10-104</u> 39,8	97,8
Жиры, мг/дм ³	<u>78-3147</u> 483	<u>50-108</u> 67	<u>5,3-34,3</u> 18,4	96,2
Азот аммонийный, мг/дм ³	<u>54-302</u> 178	<u>72-310</u> 188	<u>0-30,3</u> 14,2	92,0
Нитриты (N), мг/дм ³	0-0,21	0-0,15	0-3,89	-
Нитраты (N), мг/дм ³	отс.	отс.	0-39,5	-
Фосфаты (PO ₄ ³⁻), мг/дм ³	<u>45-220</u> 128	<u>36-203</u> 118,8	<u>0-18</u> 3,75	97,1

Таблица 3. Результаты очистки сточных вод мясоперерабатывающего комплекса «Росана»

Table 3. Results of small meat processor wastewater treatment (discharge to river)

Показники забруднення стічних вод	Значения показателей загрязненности сточных вод				Общий эффект очистки, %
	неочищенных	после очистки		после доочистки	
		в отстойнике-флотаторе	в аэротенках		
pH	6,8	6,6	7,1	7,4	-
Взвешенные вещества, мг/дм ³	<u>205-731</u> 361	<u>135-406</u> 233	<u>2,5-24,9</u> 8,7	<u>0,4-4,0</u> 2,0	99,4
XПК, мг O ₂ /дм ³	<u>941-1802</u> 1303	<u>431-1121</u> 788	<u>81-90</u> 83,2	<u>38,8-84</u> 55,6	95,7
БПК _{полн} , мг O ₂ /дм ³	<u>731-1061</u> 885	<u>397-831</u> 523	<u>8,2-24,0</u> 14,6	<u>4,2-12,5</u> 8,1	99,2
Жиры, мг/дм ³	<u>178-210</u> 194	<u>62,6-71,4</u> 66,7	следы	отс.	100
Азот аммонийный, мг/дм ³	<u>34,3-90,2</u> 58,4	<u>31,7-64</u> 41,4	<u>0,9-1,3</u> 1,0	<u>0,3-1,2</u> 0,9	98,5
Нитриты (N), мг/дм ³	отс.	отс.	0,03-0,2	0,03-0,1	-
Нитраты (N), мг/дм ³	0-0,79	0-0,76	13,3-27	11,2-25	-
Фосфаты (PO ₄ ³⁻), мг/дм ³	<u>23-59</u> 35	<u>15-45</u> 30,4	<u>2,0-6,3</u> 3,1	<u>1,3-5,5</u> 2,9	91,7

Разработаны конструкции компактных сооружений для очистки сточных вод МПП, в которых отстойник-флотатор сочетается с аэротенком-отстойником первой степени, а аэротенк-отстойник второй ступени - с фильтром с загрузкой из вспененного полистирола (рисунок 5) [7]. Самотечное поступление доочищаемых сточных вод в виде аэрируемых струй на фильтры с загрузкой из вспененного полистирола обеспечивает улучшение кислородных условий в толще фильтрующей загрузки (рисунок 6). Промывная вода фильтров сбрасывается в «голову» очистных сооружений.

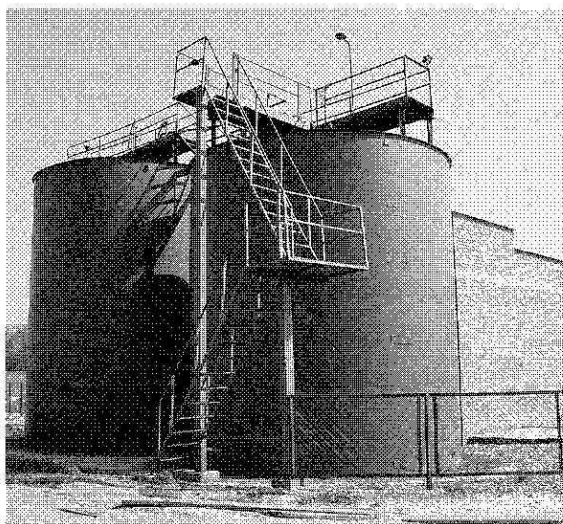


Рис. 5. Очистные сооружения небольшого мясоперерабатывающего предприятия
Fig. 5. Wastewater treatment plants for small meat processor

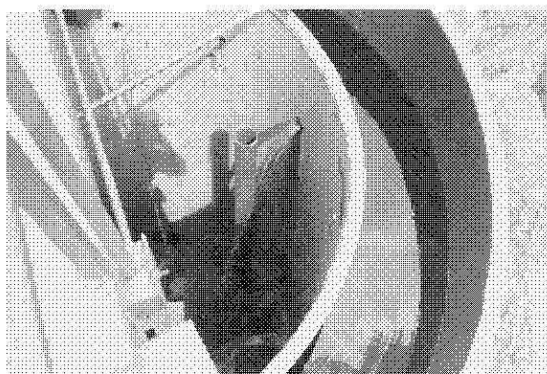


Рис. 6. Поступление сточных вод на фильтр доочистки
Fig. 5. Receipt of wastewater into polishing filter

ВЫВОДЫ

1. Экспериментально подтверждено определяющее влияние технологических процессов переработки мяса на состав и свойства образуемых сточных вод. В связи с этим предприятия МПП

могут быть разделены на четыре группы с отличающимися уровнями загрязнения сточных вод.

2. В производственных условиях исследована эффективность работы отстойников-флотаторов вертикального типа. Получены зависимости между начальной концентрацией взвешенных веществ и удельным расходом воздуха при флотации, нагрузкой на поверхность зоны флотации по сухому веществу и остаточными концентрациями взвешенных веществ и жиров, между начальными и конечными концентрациями загрязнений.

3. Исследована работа комбинированных аэротенков-отстойников гидравлической высотой 6-10 м с поверхностной струйной аэрацией. Их использование позволяет увеличить дозу ила и тем самым повысить окислительную мощность, а также обеспечивает эффективное удаление аммонийного азота путем симультанной нитрификации-денитрификации.

4. Исследован характер влияния нагрузки на активный ил на эффективность биологической очистки и значение илового индекса, установлена предельная нагрузка на активный ил, при которой достигаются показатели полной биологической очистки. Установлена зависимость константы скорости биохимического окисления загрязнений от эффективности очистки, получены аналитические формулы для ее определения.

5. Установлено, что фильтрование биологически очищенных сточных вод через плавающую пенополистирольную загрузку позволяет обеспечить необходимую степень глубокой доочистки сточных вод. В результате выполнения производственных исследований установлено, что осадки, образующиеся при очистке сточных вод мясоперерабатывающих предприятий, могут эффективно обезвоживаться на центрифугах типа ОГП.

6. На основе предложенной концепции пространственно-функционального комбинирования сооружений для флотационной, двухступенчатой биологической очистки и доочистки сточных вод разработаны компактные металлические очистные сооружения заводского изготовления, что позволило до минимума сократить длину коммуникаций между отдельными сооружениями и занимаемую ими площадь, а также значительно сократить сроки строительства очистных сооружений.

7. Производственные испытания разработанной технологии подтвердили возможность очистки сточных вод МПП до норм сброса в городские канализации и в естественные водоемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биологическая очистка производственных сточных вод: Процессы, аппараты и сооружения / [Яковлев С.В., Скирдов И.В., Швецов В.Н. и др.]; под ред. С.В. Яковлева. – М. : Стройиздат, 1985. – 208.

2. Виробництво найважливіших видів промислової продукції по місяцях за 2003-2009 роки / Держ. ком. статистики України (дата останньої модифікації 12.07.2010 р.). – Режим доступу : www.ukrstat.gov.ua//operativ/operativ2006/pr/prm_ric/prm_ric_u/vov2005_u.html – Назва з екрана.
3. Ковальчук В.А. 2010 Біологічна очистка стічних вод в аеротенках-відстійниках зі струминною аерацією / В.А. Ковальчук, О.В. Ковальчук // Ринок інсталяцій. – № 5. – 11-13.
4. Ковальчук В.А. 2008 Біологічна очистка стічних вод м'ясопереробних підприємств / В.А. Ковальчук // Гідромеліорація і гідротехнічне будівництво: Збірник наукових праць. – Випуск 33. – Рівне. – 143-149.
5. Ковальчук В.А. 2009 Відстійник-флотатор для попередньої очистки стічних вод м'ясопереробних підприємств / В.А. Ковальчук // Ринок інсталяцій. – № 9. – 20-21.
6. Ковальчук В.А. 2009 Дослідження процесів нітрифікації-денітрифікації в аеротенках-відстійниках підвищеної гідралічної висоти / В.А. Ковальчук // Гідромеліорація і гідротехнічне будівництво: Збірник наукових праць. – Випуск 34. – Рівне. – 199-206.
7. Ковальчук В.А. Компактные сооружения для глубокой очистки сточных вод мясоперерабатывающих предприятий / В.А. Ковальчук // Сотрудничество для решения проблемы отходов: Матер. VI Междунар. конф. (8-9 апреля 2009 г., г. Харьков, Украина). – 203-205.
8. Ковальчук В.А. 2002 Очистка стічних вод: Навчальний посібник для студентів вузів / В.А. Ковальчук. – Рівне: Рівненська друкарня. – 622.
9. Ковальчук В.А. 2011 Розвиток наукових і практичних засад інтенсифікації роботи споруд для флотаційної та біологічної очистки стічних вод м'ясопереробних підприємств: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.23.04 / В.А. Ковальчук. – Рівне. – 36.
10. Ковальчук В.А. 2004 Споруди для очищення стічних вод м'ясопереробних підприємств / В.А. Ковальчук // Ринок інсталяцій. – № 1. – 17-18.
11. Ковальчук В.А. 1999 Технологія очистки стічних вод м'ясокомбінатів / В.А. Ковальчук // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво : Зб. наук. праць. – Спецвипуск. – Рівне. – 262-266.
12. Ковальчук В.А. 2000 Дослідження ефективності флотаційної очистки стічних вод Чернігівського м'ясокомбінату «Ритм» / В.А. Ковальчук // Вісник РДТУ: Зб. наук. праць. – Вып. 2. – Рівне – 112-116.
13. Нездойминов В. Новая экологически безопасная технология утилизации осадков / В. Нездойминов, В. Чернышев // MOTROL. – Commission of motorization and energetics in agriculture : Polish Academy of sciences. — Lublin. – Vol. 13C. – 17-23.
14. Никитин Г.А. 1981 Биохимические основы микробиологических производств: Учеб. Пособие / Г.А. Никитин. – К. : Вища школа. – 312.
15. Очистка сточных вод предприятий мясной и молочной промышленности / С.М.Шифрин, Г.В.Иванов, Б.Г.Мишуков, Ю.А.Феофанов. – М.: Лег. и пищ. промышленность, 1981. – 272.
16. Bohdziewicz J. 2002 Application of the system which combines coagulation, activated sludge and reverse osmosis to the treatment of the wastewater produced by the meat industry / J. Bohdziewicz, E. Sroka, E. Lobos // Desalination. – Vol. 144. – 393-398.
17. Buraczewski J. 1981 Studia nad modelem matematycznym procesu oczyszczania sciekow za pomoca osadu czynnego i analiza jego stosowalnosci / J. Buraczewski // Prace naukowe politechniki Warszawskiej: Budownictwo. – Z 74. – Warszawa, - 115.
18. Cammarota M. 2006 A review on hydrolytic enzymes in a treatment of wastewater with high oil and grease content / M. Cammarota, D. Freire // Bioresource Technology. – Vol. 97. – 2195-2210.
19. Masse L. 2001 The effect of an enzymatic pretreatment on the hydrolysis and size reduction of fat particles in slaughterhouse wastewater / L. Masse, K.J. Kennedy, S.P. Chou // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. – №76. – 629-635.
20. Masse, D.I. 2000 Characterization of wastewater from hog slaughterhouses in Eastern Canada and evaluation of their in-plant wastewater treatment systems / D.I. Masse, L. Masse // Canadian Agricultural Engineering. – Vol. 42, No. 3 July/August/September. – 139-146.
21. Nunez L.A. 2001 Evaluation of an anaerobic/aerobic system for carbon and nitrogen removal in slaughterhouse wastewater / L.A. Nunez, B. Martinez // Water Science & Technology. – Vol. 44, No 4. – 271-277.

WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGIES OF MEAT PROCESSING PLANTS

Summary. The results of experimental research of physical and chemical technologies and biological treatment of wastewater meat processing plants.

Key words: meat processing plants, wastewater, settler-flotator, aeration tank-settler, technology of wastewater treatment.