

ОТЗЫВ

официального оппонента
на диссертацию Заворотного Д.В.
на тему: «Совершенствование илоотделения в аэротенках-осветлителях с
затопленной эрлифтной системой аэрации»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.23.04 – водоснабжение, канализация, строительные
системы охраны водных ресурсов

Актуальность избранной темы.

На сегодняшний день основная роль в технологиях очистки большинства хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод принадлежит биологическому методу очистки стоков, что обусловлено его технологическими и экономическими преимуществами по отношению к другим известным методам. Микробиологическая очистка базируется на использовании биохимического окисления загрязнений микроорганизмами. Основными сооружениями в технологической схеме биологической очистки сточных вод можно считать аэротенки. Работа аэротенков неразрывно связана с сооружениями, отделяющими микроорганизмы активного ила от очищенной воды. Такие сооружения могут совмещаться с аэротенками в одном сооружении – аэротенке-отстойнике, аэротенке-осветлителе, фильтротенке и т.д. В результате совмещения аэротенка и илоотделителя снижается их общая материалоемкость и энергетические затраты на перекачивание жидкости между ними.

Наиболее распространенным способом отделения активного ила является отстаивание. Так как отстойники обладают большими габаритами и не могут обеспечить поддержание высоких концентраций активного ила в аэротенках, их сооружение требует больших капитальных затрат. Использование фильтрующих мембран для илоотделения обеспечивает малые габариты как аэротенков, так и самих илоотделителей, однако значительно повышает эксплуатационные затраты. Самым перспективным способом отделения активного ила от очищенной в аэротенке воды можно считать осветление иловой смеси во взвешенном слое ила.

Из-за склонности к изменению седиментационных свойств в результате протекания биологических процессов активный ил необходимо постоянно возвращать из взвешенного слоя в аэротенк. Перекачивание возвратного активного ила из взвешенного слоя осветлителя в аэротенк требует либо затрат на оборудование и эксплуатацию соответствующих гидравлических машин, либо строительства больших илоотделителей, сопоставимых по размерам с

отстойниками. Кроме того, в существующих аэротенках-осветлителях со взвешенным слоем наблюдается периодическое залегание ила в застойных зонах, что нарушает протекание процессов аэробной биологической очистки и илоотделения.

В диссертационной работе содержится конструктивное решение выше перечисленных недостатков, что обуславливает ее актуальность и практическую значимость. В аэротенке-осветлителе с затопленной эрлифтной аэрацией уменьшен объем зоны освещения и исключены энергозатраты на работу насосов, перекачивающих возвратный активный ил. Для возврата активного ила из осветлителя в аэротенк используется кинетическая энергия потоков, возникающих под действием затопленной эрлифтной пневматической аэрации.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность полученных выводов, основных положений и рекомендаций, содержащихся в диссертации, подтверждается результатами лабораторных и полупромышленных экспериментов, корректными ссылками на научные литературные источники, адекватным использованием методов статистического анализа, а также апробацией основных результатов диссертации на конференциях и в опубликованных работах. Представленные на защиту результаты диссертации являются физически обоснованными и численно проверенными.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность научных положений диссертации подтверждается достаточной сходимостью результатов экспериментов, теоретических изысканий и известных результатов исследований других авторов, а также результатами внедрения аэротенков-осветлителей с затопленной эрлифтной пневматической аэрацией в системе биологической очистки стоков рыбной фабрики (пгт Пантелеймоновка, ДНР) и в проектных решениях предприятия ЗАО «Гидроинжстрой» (г. Москва, РФ).

Научная новизна диссертационной работы состоит в разработке математической модели гидродинамики потоков аэротенка-осветлителя с затопленной эрлифтной системой аэрации и получении зависимостей между гидравлической нагрузкой и интенсивностью циркуляции. Автором разработана математическая модель, связывающая циркуляцию ила в аэротенке с затопленной пневматической аэрацией и гидродинамические параметры циркуляционных токов в осветлителе. Впервые разработан метод расчета аэротенков-осветлителей с затопленной эрлифтной аэрацией.

Во введении раскрывается цель, объект и предмет научных исследований, обосновывается актуальность выбранной темы, приводятся

научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, а также степень апробации работы.

В *первом разделе* осуществлен анализ вопросов повышения эффективности систем аэрирования иловой смеси в аэротенках и осветления иловой смеси в илоотделителях. Описаны преимущества затопленной эрлифтной пневматической аэрации и совмещения аэротенков и илоотделителей в одном сооружении. Обоснована перспективность осветлителей со взвешенным слоем активного ила по сравнению с отстаиванием, фильтрованием сквозь мембраны и флотацией. Проанализированы недостатки существующих конструкций биореакторов, в которых аэротенки совмещены с илоотделителями со взвешенным слоем активного ила. Рассмотрены известные положения о гидродинамике жидких и газожидкостных потоков в аэротенках и осветлителях со взвешенным слоем.

Во *втором разделе* автор приводит описание биологического реактора с затопленной эрлифтной системой аэрации и усовершенствованным илоотделением в осветлителе со взвешенным слоем активного ила. Дается теоретическое описание принципа работы разработанного сооружения и его преимуществ относительно существующих аэротенков-осветлителей, к которым отнесены: перекачивание ила из осветлителя в аэротенк без дополнительных энергетических затрат и увеличение полезного объема биореактора. Представлены зависимости для расчета восходящей скорости жидкости в осветлителе, и расхода возвратного активного ила из осветлителя в аэротенк. Осуществлен анализ теоретического и экспериментального определения максимальных и минимальных допустимых интенсивностей циркуляции иловой смеси в аэротенке-осветлителе.

В *третьем разделе* представлены результаты экспериментальной части диссертационных исследований. Получены зависимости для вычисления значимых параметров аэротенка-осветлителя с затопленной эрлифтной пневматической аэрацией: интенсивность циркуляции иловой смеси в аэротенке, допустимая гидравлическая нагрузка на взвешенный слой осветлителя, концентрация взвешенных веществ в очищенной жидкости. Максимальные значения допустимой гидравлической нагрузки достигают 4-8 м³/(м²·ч), что превышает гидравлическую нагрузку в существующих аналогах в 3-5 раз.

В *четвертом разделе* представлены практические рекомендации к расчету производственных аэротенков-осветлителей. При помощи полупромышленных испытаний обоснована возможность использования основных зависимостей, полученных в ходе лабораторных исследований, при практическом проектировании. Разработан метод расчета аэротенков-

осветлителей с затопленной эрлифтной аэрацией, позволяющий по расходу и основным показателям загрязнения стоков подобрать размеры сооружений, определить требуемый расход воздуха для насыщения иловой смеси кислородом, вычислить гидродинамические параметры аэротенка и осветлителя.

В пятом разделе выполнено экономическое обоснование целесообразности практического применения результатов диссертационного исследования. Годовой экономический эффект от внедрения аэротенков-осветлителей в замкнутом водоснабжении рыбной фабрики при расходе стоков $5 \text{ м}^3/\text{ч}$ составил 27,4 тыс. руб./год. Экономический эффект от применения аэротенков-осветлителей с затопленной эрлифтной аэрацией при повышении производительности сооружений биологической очистки на пропуск 12,5 тыс. $\text{м}^3/\text{сут.}$ (на 50% от текущей производительности), составит 152 млн. руб. по капитальным затратам.

Замечания.

К диссертационной работе имеется ряд замечаний, не снижающих общей положительной оценки проведенных исследований:

1. Кинематический метод определения скоростей частиц при нахождении подачи затопленного эрлифта (подраздел 3.2) осуществлен без дифференциации исследуемого сечения, также из текста непонятно, какие конкретно частицы применялись в ходе эксперимента.

2. Линии тока жидкости, показанные на рисунке 2.1 диссертации (рис. 1 автореферата), представлены некорректно: некоторые линии сливаются в одну, некоторые – разветвляются надвое, что нефизично.

3. В разделе 4.1 (стр. 96) указано, что скорость течения нисходящего потока возрастает при удалении от зазора, хотя в реалии она уменьшается.

4. Привлечение современных математических моделей турбулентных потоков могло бы позволить получить более точную и полную гидродинамическую картину течения в аэротенке-осветлителе с затопленной эрлифтной аэрацией.

5. В выполненных соискателем расчетах не учтены реологические свойства активного ила.

6. Расчеты экономического эффекта от применения предлагаемых автором аэротенков-осветлителей с затопленной эрлифтной системой аэрации не содержат документальных подтверждений.

7. Представленный на рисунке 3.10 график, отображающий результаты исследования концентрации взвешенных веществ в очищенной воде, вызывает сомнения, так как построен всего по трем точкам.

8. Рисунок 3.2 является малоинформативным из-за плохого качества фотографий и отсутствия обозначения изображенных элементов. Также, по причине низкого качества изображений, крайне сложно воспринимается рисунок 3.5 диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа «Совершенствование илоотделения в аэротенках-осветлителях с затопленной эрлифтной системой аэрации» содержит новые научно обоснованные технологические разработки, являющиеся решением задачи по снижению стоимости биологической очистки сточных вод, что имеет большое значение для развития водопроводно-канализационного хозяйства. Таким образом, диссертация Заворотного Д.В. соответствует критериям, которые установлены п. 2.2 Положения о присуждении ученых степеней и которым должны соответствовать кандидатские диссертации.

Принимая во внимание актуальность и важность проведенных исследований, можно сделать вывод, что приведенные выше замечания не снижают ценности работы, а ее автор, Заворотный Дмитрий Викторович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.04 – водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов.

д. т. н., профессор кафедры физики
неравновесных процессов, метрологии
и экологии им. И.Л. Повха Донецкого
национального университета, профессор

Ф.В. Недопекин

283001, г. Донецк, ул. Университетская, д. 24,
тел. +38(062)3020600
donnu.canc@mail.ru
<http://donnu.ru/>

Согласен на автоматизированную обработку персональных данных

Ф.В. Недопекин

Подпись д.т.н., профессора
Недопекина Ф.В. заверяю
Ученый секретарь Ученого совета
к.ф.н., доцент



М.Н. Михальченко