

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора **Тарасьянца Сергея Андреевича** на диссертационную работу Рожкова Виталия Сергеевича на тему: «Очистка сточных вод населенных пунктов в системах с эрлифтными биореакторами», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.4 - Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов.

Актуальность темы диссертационной работы

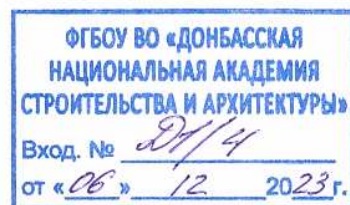
Широкая распространенность биологических методов очистки сточных вод населенных пунктов объясняет наличие множества технологических схем по удалению органических загрязнений и биогенных элементов активным илом. Однако, для малых и средних населенных пунктов (суточной производительностью очистной станции до 10.000 м³/сут.), с учетом технико-экономических аспектов работы предприятий ЖКХ, **актуальной** является разработка новых технологических решений и схем удаления загрязнений из сточных вод. Данному вопросу посвящена диссертационная работа Рожкова Виталия Сергеевича.

В рассматриваемой диссертации представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по оптимизации комплекса биологических (одновременная нитри-денитрификация) и гидравлических (устройство затопленной эрлифтной аэрации и самообновляющегося взвешенного слоя) процессов очистки сточных вод. Выполнено обоснование нового типа сооружения – эрлифтного биореактора и предложен метод описания биологических процессов – модель активного ила ASM3P-2SND.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа Рожкова В.С. содержит 298 страниц, в том числе 221 страница основного текста, 27 страниц списка использованной литературы и 50 страниц приложений, 46 таблиц, 94 рисунка и 5 приложений. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключительных выводов, списка литературы и приложений. Диссертация написана последовательно, логично, с развитием основного материала от базовых положений к раскрытию гипотез, составляющих концепцию очистки сточных вод с эрлифтными биореакторами.

Во **введении** приведено обоснование актуальности темы диссертационного исследования, сформулирована цель работы, обозначены решаемые задачи для достижения поставленной цели, методология и методы решения научных задач. Представлена научная новизна, объект и предмет



исследования, теоретическая и практическая значимость работы, личный вклад автора, данные по апробации работы и положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу состояния нескольких основных вопросов темы исследования, а именно: необходимой степени очистки сточных вод по основным группам загрязнений; существующих способов биологической очистки; моделей для имитационного моделирования систем с активным илом. На основании литературного обзора сформулированы требования к станциям очистки сточных вод малых и средних населенных пунктов.

Во **второй главе** определены основные задачи работы. Описана методология решения этих задач с помощью теоретических и экспериментальных методов научного исследования.

Экспериментальные методы содержат известные и распространенные подходы к инструментальному контролю гидродинамических и некоторых химических параметров сооружений биологической очистки сточных вод, химические анализы по стандартным методикам. Теоретические исследования предложено выполнять в специализированном программном комплексе для имитационного моделирования биохимических процессов с активным илом.

В **третьей главе** сформулирована основная концепция диссертационного исследования - очистка сточных вод с эрлифтными биореакторами (БОСЭБ) и выполнено ее полное научное обоснование теоретическими и экспериментальными методами. Теоретическое обоснование заключалось в описании гидродинамики сооружения с затопленной эрлифтной системой аэрации методами численного решения уравнений Навье-Стокса с использованием аналитических решений интеграла Бернулли.

В этой главе также приведены результаты ряда экспериментальных исследований с обработкой результатов и получением эмпирических зависимостей. Так, в лабораторных условиях получена эмпирическая зависимость, определяющая значение коэффициента использования кислорода в сооружениях с затопленной эрлифтной аэрацией. На базе полупромышленных исследований илоразделения в эрлифтном биореакторе, совместно с основными теоретическими положениями гидродинамики сооружения, автором сформулирована полуэмпирическая теория самообновляющегося взвешенного слоя активного ила.

Приведены предложения по описанию биологических процессов в сооружениях с одновременной нитри-денитрификацией методами имитационного моделирования, что реализовано в новой модели активного ила ASM3P-2SND.

В **четвертой главе** описаны опытно-промышленные и натурные исследования технологии биологической очистки сточных вод населенных пунктов с эрлифтными биореакторами.

В натуральных условиях действующих сооружений, на аэротенке с затопленной эрлифтной системой аэрации в условиях одновременной нитри-денитрификации выполнялась проверка сходимости, настройка и калибровка предложенной имитационной модели ASM3P-2SND. Приведена методика указанных действий, реализованная с помощью программной среды для биохимического моделирования Cell Designer. Результаты калибровки модели на натурной установке показали точность модели 87%. Установлено требуемое соотношения БПК₅:N при одновременной нитри-денитрификации в эрлифтном биореакторе, которое составило не менее 5,5 гХПК/гN.

Опытно-промышленные исследования выполнены для исследования эффективности биологической очистки сточных вод в схемах с эрлифтными биореакторами в условиях соотношениях БПК₅:N < 5,5, а также для исследования эффективности илоразделения в самообновляющемся взвешенном слое. Приведены результаты калибровки опытно-промышленной установки, которые указали точность модели ASM3P-2SND 89%. Установлена зависимость коэффициентов диффузионных ограничений в модели активного ила от глубины сооружения и крупности хлопка активного ила.

Исследования эффективности илоразделения во взвешенном слое показали достаточную сходимость с расчетами по предложенной в главе 3 полуэмпирической теории.

В **пятой главе** изложены данные об области применения и рекомендации на проектирование и расчет систем БОСЭБ, приведены основные технологические схемы для очистки сточных вод с применением эрлифтных биореакторов. Представлены рекомендации на проектирование и расчет систем биологической очистки городских сточных вод с эрлифтными биореакторами, утвержденные НТС Минстроя ДНР для применения проектными организациями при проектировании систем биологической очистки городских сточных вод.

В **шестой главе** приведена оценка технико-экономической эффективности технологии БОСЭБ. Сравнение выполнено как по укрупненным показателям, выделенным автором в главе 1, так и по стоимости жизненного цикла для станций различной производительности. Согласно приведенных расчетов, стоимость жизненного цикла сооружений БОСЭБ на 18 – 21,5 % ниже, чем у аналогичных технологий.

В **заключительных выводах** приведены основные результаты проведенных исследований.

В приложениях к диссертационной работе приведены типовые параметры расчетных значений для известных моделей, примеры технологических расчетов, сметные расчеты внедренных решений, материалы внедрения.

Автореферат диссертации в полной мере отражает основное содержание работы.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность представленных в работе научных положений не вызывает сомнений, поскольку они базируются на известных физических, химических и биохимических законах. Положения, выводы и рекомендации диссертации не противоречат данным научно-технической информации, согласуются с результатами проведенных теоретических и экспериментальных исследований, являются обоснованными и представляют научную ценность.

Достоверность и новизна научных результатов

Достоверность теоретических и экспериментальных результатов диссертационной работы Рожкова В.С. подтверждается использованием стандартных методик химического анализа состава сточных вод, применением современных инструментов для определения напорно-расходных характеристик сооружений, достаточного количества и сходимостью результатов теоретических, лабораторных, полупромышленных, опытно-промышленных и натуральных экспериментов.

Основные результаты, представляющие научную новизну диссертационной работы, состоят в следующем:

- разработан метод расчета гидравлических параметров эрлифтных биореакторов, основанный на совместном аналитическом решении уравнений гидродинамики и численном моделировании скоростей в различных точках сооружения;
- получены расчетные зависимости, позволяющие определить коэффициент использования кислорода в биореакторах с затопленной эрлифтной системой аэрации;
- разработана полуэмпирическая теория самообновляющегося взвешенного слоя, которая описывает илоразделение в эрлифтном биореакторе с использованием методов численного моделирования гидродинамических процессов;
- составлена математическая модель активного ила ASM3P-2SND, которая учитывает отдельно нитрат и нитрит, преобразования фосфора при жизнедеятельности ординарных гетеротрофов, автотрофов и денитрификаторов, а также диффузионные ограничения одновременной нитри-денитрификации;
- установлена зависимость коэффициентов диффузионных ограничений проникновения растворенного органического субстрата и кислорода в хлопья активного ила от глубины эрлифтного биореактора;
- установлены граничные возможности по удалению соединений азота при одновременной нитри-денитрификации в эрлифтных биореакторах в зависимости от соотношения БПК:N в исходном стоке.

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы

Автором разработаны положения, представляющие теоретическую ценность для исследований в очистке сточных вод и смежных областях научного знания. Получены расчетные зависимости, описывающие гидродинамические процессы в эрлифтных биореакторах со встроенным вторичным илоразделением, которые могут быть применены как для очистки сточных вод, так и для исследования реакторов типа «gas-loop» в биологической, химической технологии. Предложены зависимости для определения «мнимой» гидравлической крупности частиц ила, выносимых из самообновляющегося взвешенного слоя для определения максимальных скоростей в осветлителе.

Получены расчетные зависимости, описывающие степень использования кислорода воздуха при затопленной эрлифтной системе аэрации через величину эжекционной добавки к скорости всплытия пузырька, что существенно расширяет понимание процесса аэрации в реакторах такого типа.

Разработана математическая модель активного ила ASM3P-2SND, учитывающая преобразования биогенных элементов и диффузионные ограничения при одновременной нитри-денитрификации. Предложенная модель может быть использована в широком диапазоне научных исследований и практических расчетов систем биологической очистки сточных вод.

Полученные результаты имеют значительную практическую значимость, они легли в основу рабочего проекта очистных сооружений, выполненных ФГБОУ ВО «ДОННАСА», рекомендаций на проектирование и расчет систем биологической очистки городских сточных вод с эрлифтными биореакторами, утвержденных НТС Минстроя ДНР. Результаты исследований внедрены в проектную практику следующими организациями: ГОУ ВПО «ДонНАСА» (г. Макеевка), АО «ЭКОС» (г. Новочеркасск), ООО «Проектный мир» (г. Донецк), ООО «Тессеракт» (г. Москва), ООО Фирма «Промстройремонт» (г. Донецк).

Оценка содержания диссертации

Диссертационная работа написана грамотным литературным языком с использованием современной научной и инженерной терминологии. Приведен глубокий анализ вопросов очистки сточных вод малых и средних населенных пунктов, подробно освещены методики, условия и результаты теоретических и экспериментальных исследований.

Материал изложен последовательно и логично. Структура диссертационного исследования развивается от литературного обзора к постановке задач исследований, которые формируют основные гипотезы работы. Последующее научное обоснование выдвинутых гипотез

подтверждается опытно-промышленными и натурными экспериментами, что позволяет автору определить область применения технологии, ее технико-экономические показатели.

Замечания и предложения к работе

1. На стр. 83 утверждается о вторичном загрязнении очищенных сточных вод за счет несовершенства вторичного отстаивания. Поскольку отказ от традиционных вторичных отстойников являлся одной из основных гипотез работы, вторичное загрязнение следовало подтвердить на действующих сооружениях.

2. Приведенное в разделе 2.3 описание метода реализации имитационного моделирования не дает целостного представления о конечном программном продукте, его возможностях в части варьирования исходных данных (в том числе во времени).

3. Следует признать недостаточно информативной схему эрлифтного биореактора на стр. 104 – при формулировании основной концепции работы. Рисунок 3.1. не отображает (в части линий тока) возникновение эрлифтного эффекта в сооружении, массообменные процессы между контурами циркуляции.

4. При описании зависимости 3.16 на стр. 113 следовало более подробно остановиться на значении коэффициента Кориолиса для потока на входе в затопленный эрлифт « α_B ». Очевидно, что его варьирование от 1,1 до 2 весьма значимо для системы в целом, а значит в описанную зависимость следует ввести число Рейнольдса на входе в эрлифт с проверкой режима движения.

5. Не ясно, почему при обосновании полуэмпирической теории самообновляющегося взвешенного слоя (стр. 129) никак не использованы теоретические положения подраздела 3.4.1 (стр. 125). Зачем эти положения приведены?

6. На рисунке 3.16 приведены результаты экспериментов по определению мнимой гидравлической крупности в зависимости от илового индекса. Если данные исследования проведены, данные получены, почему зависимость 3.44 не дополнена иловым индексом?

Указанные недостатки в целом не оказывают влияния на положительную оценку работы, не снижают научную ценность, теоретическую и практическую значимость исследований.

Публикации, отражающие содержание диссертации

Материалы диссертационной работы опубликованы в 22 научных работах, из которых 2 публикации в журналах, индексируемых международной базой Scopus, Web of Science, 13 статей в журналах из перечня ВАК. Таким образом, общее число публикаций может считаться достаточным для раскрытия содержания исследования и защиты диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа **Рожкова Виталия Сергеевича** отвечает требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г., № 842, предъявляемым к докторским диссертациям и представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Рожков Виталий Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.4 - Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов.

Официальный оппонент
Профессор кафедры водоснабжения и
использования водных ресурсов
Новочеркасского инженерно-
мелиоративного
института им. А.К. Кортунова
ФГБОУ ВО Донской ГАУ,
доктор технических наук,
(специальность шифр 06.01.02)
профессор


Тарасьянц
Сергей Андреевич
« 4 » XVII 2023 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный аграрный университет", Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова, 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111
Тел.: +7 (8635)22-18-20, E-mail: starasyancz@mail.ru

Я, Тарасьянц Сергей Андреевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Рожкова Виталия Сергеевича, и их дальнейшую обработку.

« 4 » XVII 2023 г.  /Тарасьянц Сергей Андреевич/

Подпись Тарасьянца С.А. заверяю:
Ученый секретарь Ученого Совета
Новочеркасского инженерно-мелиоративного
института им. А.К. Кортунова
ФГБОУ ВО Донской ГАУ



В.Н. Полякова