

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор —  
по научной работе

М.В. Ненашев

2024 г.

**Отзыв  
ведущей организации**

**Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» на диссертационную работу Цыбиной Анны Валерьевны на тему: «Утилизация осадков городских сточных вод разных сроков хранения», представленную к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21 Геоэкология**

**Актуальность темы диссертационного исследования**

Одной из нерешённых по сей день проблем урбанизированных территорий в России и в мире остаётся утилизация свежих и накопленных осадков сточных вод (ОСВ), образующихся при очистке коммунальных стоков механо-биологическими методами. Накопленные ОСВ содержат большое количество органических соединений, тяжёлых металлов и ряда других веществ, являясь таким образом источником длительных негативных воздействий на геосферные оболочки. Для операторов очистных сооружений и городских властей оптимальной была бы схема одновременной утилизации свежих и накопленных ОСВ, поскольку объёмы первых составляют десятки тысяч тонн в год, а объекты хранения вторых в большинстве населённых пунктов подошли к пределу своей проектной ёмкости.

Несмотря на то, что известны различные методы утилизации ОСВ, выбор конкретного метода с учетом длительности хранения ОСВ часто недостаточно обоснован. Проблема поиска экологически и экономически эффективных способов обращения с ОСВ разных сроков хранения актуальна и практически не решена, что объясняется различием свойств ОСВ разных сроков хранения.

В диссертационной работе Цыбиной А.В. на основе детального изучения физико-химических и теплотехнических свойств свежих и накопленных ОСВ, процессов и продуктов термической и реагентной обработки ОСВ впервые предложены комплексные технологические решения по утилизации ОСВ разных сроков хранения. Разработанная схема выгодна как с экономической точки зрения, так и с позиций экологической безопасности, и может быть адаптирована операторами очистных сооружений крупных и средних населённых пунктов.

**Научная новизна исследований и полученных результатов**

К основным принципиально новым научным результатам диссертационной работы Цыбиной А.В. относятся:

- установленное значительное изменение свойств ОСВ в процессе многолетнего хранения, длительное негативное воздействие ОСВ на геосферные оболочки, доказанная необходимость обработки и утилизации свежих и накопленных ОСВ;



- проведённая сравнительная оценка энергоэффективности процессов пиролиза и сжигания ОСВ, доказанная возможность проведения пиролиза ОСВ в автотермическом режиме;

- подтверждённая перспективность применения пиролизата для рекультивации накопленных ОСВ вследствие извлечения из ОСВ подвижных форм тяжёлых металлов, т.е. детоксикации осадков;

- установленный оптимальный состав композиции реагентов для обработки свежих ОСВ, обеспечивающей дезодорацию, детоксикацию и обезвреживание осадков.

Автором впервые предложен комплексный подход к одновременной утилизации свежих и накопленных ОСВ, что особенно актуально в российских условиях, где до сих пор в большинстве населённых пунктов основным способом обращения с ОСВ является их многолетнее накопление, сопровождающееся эмиссиями загрязняющих веществ в окружающую среду.

### **Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность и обоснованность результатов, представленных в диссертационной работе, подтверждается использованием современного лабораторно-аналитического оборудования и общепринятых методик лабораторных, расчётных и аналитических исследований, сходимостью полученных автором результатов с опубликованными результатами других отечественных и зарубежных исследователей, занимающихся изучением проблемы утилизации осадков сточных вод. Выдвинутые гипотезы нашли подтверждение как в ходе расчётов, так и при анализе данных проведённых автором лабораторных экспериментов.

Значимость и актуальность основных положений и результатов работы подтверждена докладами на 4 профильных международных и 2 всероссийских научно-практических конференциях, печатными работами, опубликованными в 7 изданиях, 4 из которых входят в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание учёной степени, или приравненных к ним, индексируемых в МБЦ Scopus и/или Web of Science.

### **Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы**

Автором проведено исследование и сравнительная оценка состава и физико-химических свойств ОСВ свежего выхода, коротких (1–3) года и длительных сроков хранения, показавшие, что значительное изменению ключевых свойств осадков не позволяет применять для утилизации накопленных ОСВ традиционные методы, такие как компостирование (по причине высокой зольности) или сжигание (вследствие низкой теплотворной способности).

Разработанные автором комплексные технологические решения по одновременной утилизации свежих и накопленных ОСВ по сути представляют собой прототипы замкнутых циклов обращения с осадками, что соответствует приоритетным целям развития в области экологической безопасности коммунального хозяйства. Привлекательность разработанных технологических решений обусловлена предложенными научно обоснованными направлениями полезного использования продуктов утилизации ОСВ. Предложенные решения могут напрямую применяться на



практике, поскольку автор рассчитал детальные материальные балансы процессов переработки, оценил предотвращённый экологический ущерб и доказал снижение нагрузки на геосферные оболочки в будущем, в частности, благодаря сокращению объёмов выбросов парниковых газов.

Практическая применимость разработанных технологических решений подтверждена апробацией на производственных площадках ООО «Новая городская инфраструктура Прикамья». Отметим, что предложенный в диссертационной работе подход к решению проблемы одновременной утилизации свежих и накопленных ОСВ является экономически целесообразным и универсальным, что позволяет говорить о перспективах масштабирования и внедрения разработанных решений в разных регионах и климатических зонах России.

### **Личный вклад автора**

Цыбина Анна Валерьевна, автор диссертационной работы, самостоятельно занималась подбором и изучением научно-технической литературы по теме исследования, более половины изученных источников представляют собой публикации на английском языке; определила цель и задачи исследования; провела лабораторные исследования, статистически обработала, проанализировала и интерпретировала полученные результаты; провела расчёты материальных и энергетических балансов; выполнила оценку воздействия на геосферные оболочки при внедрении предложенных технологических решений; сформулировала основные выводы и положения, выносимые на защиту. Разработанные автором технологические решения представляют собой прототип системы замкнутого цикла в сфере обращения с ОСВ разных сроков хранения.

### **Оценка содержания диссертации**

Текст диссертационной работы Цыбиной Анны Валерьевны изложен на 133 страницах. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения и приложения, включает 26 рисунков и 22 таблицы, список литературы содержит 113 источников.

Во **введении** приведено обоснование актуальности темы исследования, определён объект исследования, сформулированы цель и задачи исследования.

В **первой главе** проведён анализ условий образования, состава и свойств ОСВ, а также способов обращения с ОСВ (накопление, компостирование, анаэробное сбраживание, сжигание, пиролиз). Выполнена оценка воздействия на геосферные оболочки по каждому из рассмотренных способов обращения с ОСВ. Проведён анализ концепции экономики замкнутого цикла, и на основе её положений, релевантных для сферы обращения с ОСВ, сформулированы критерии оценки способов утилизации ОСВ, которые будут использованы на последующих этапах исследования.

Во **второй главе** представлены методы и методики, а также порядок проведения исследований свойств и состава ОСВ, трансформации ОСВ при термической деструкции, свойств продуктов обработки ОСВ реагентными и термическими методами. Исползованные методы исследования включают гравиметрический, ионометрический, хроматографический, титриметрический, калориметрический методы, фотоэлектронную калориметрию и капиллярный электрофорез, метод синхронного термического анализа (СТА), метод атомно-адсорбционной спектроскопии, органолептический метод, ионную хроматографию, фотометрический метод, биотестирование. Все полученные



экспериментальные данные проходили статистическую обработку. При расчёте эмиссий парниковых газов при утилизации ОСВ использовали общепринятую методику Межправительственной группы экспертов по изменению климата.

**Третья глава** диссертации посвящена изучению объекта исследования, с последующим комплексным анализом процессов и продуктов термической деструкции ОСВ методами сжигания и пиролиза. На основе результатов, полученных при помощи СТА, и исследования свойств образцов пиролизата и золы проведён расчёт материальных и энергетических балансов процессов сушки, сжигания и пиролиза ОСВ, что позволило сделать выводы о целесообразности использования пиролиза с предварительной сушкой механически обезвоженных ОСВ. Экологическую безопасность продуктов сжигания и пиролиза ОСВ определяли на основании исследования содержания валовых и подвижных форм тяжёлых металлов в золе и пиролизате.

**Четвёртая глава** посвящена изучению реагентной обработки свежих ОСВ, а также исследованию рекультивации накопленных ОСВ с использованием пиролизата ОСВ свежего выхода. Многоэтапный эксперимент позволил определить состав композиции для эффективной дезодорации, детоксикации и обезвреживания ОСВ.

Установлено, что с помощью пиролизата можно извлекать ионы тяжёлых металлов из накопленных ОСВ многолетних сроков хранения, тем самым получая технический грунт, пригодный для рекультивации техногенно нарушенных земель (карьеров и т.п.).

**В пятой главе** на основе полученных ранее данных экспериментальных исследований и расчётов разработаны технологические решения ко комплексной утилизации ОСВ разных сроков хранения. Для обоснования эколого-экономического эффекта от внедрения разработанных решений выполнена оценка предотвращённого экологического ущерба и предотвращённого воздействия на геосферные оболочки. Автором проведена оценка и прогноз объёмов эмиссий парниковых газов при базовом и альтернативном сценарии обращения с ОСВ.

**В заключении** сформулированы выводы в соответствии с поставленными ранее задачами исследования.

#### **Соответствие диссертации и автореферата требованиям положения о порядке присуждения учёных степеней**

Диссертация и автореферат оформлены на хорошем уровне, полученные автором результаты наглядно представлены достаточным количеством таблиц, графиков и диаграмм, текст написан грамотным языком в строгом научном стиле, опечатки практически отсутствуют. Научные термины и общепринятые формулировки использованы корректно. Содержание автореферата в полной мере отражает основные положения диссертации. Автореферат и диссертация по структуре и содержанию полностью отвечают требованиям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», утверждённым Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, и «Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ», утверждённым приказом ректора ПНИПУ от 28.05.2024 № 27-О, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Цыбина Анна Валерьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21 «Геоэкология». Область исследований диссертации соответствует п. 17 паспорта специальности — «Ресурсосбережение, санация и рекультивация земель, утилизация



отходов производства и потребления, в том числе возникающих в результате добычи, обогащения и переработки полезных ископаемых, строительной, хозяйственной деятельности и эксплуатации ЖКХ. Геоэкологическое обоснование безопасного размещения, хранения и захоронения токсичных, радиоактивных и других отходов».

Автореферат диссертации и опубликованные в рамках исследования печатные работы полно и точно отражают её содержание. Основные положения и результаты исследований опубликованы в 7 научных статьях, 4 из которых представляют собой статьи в изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание учёной степени (ВАК), или приравненных к ним, индексируемых в международных базах цитирования Scopus и/или Web of Science. Основные положения диссертации были представлены в виде докладов и опубликованы в сборниках 6 профильных международных 2 всероссийских научно-практических конференций.

### **Замечания и вопросы по диссертационной работе**

Несмотря на важность и актуальность темы, которой посвящено диссертационное исследование Цыбиной А.В., проблема поиска обоснованных и эффективных способов утилизации свежих, а в особенности накопленных ОСВ остаётся недостаточно изученной. Степень обоснованности и проработанности предложенных в диссертации технологических решений позволяет напрямую рекомендовать их для применения на практике. Однако при детальном анализе текста работы возник ряд вопросов и замечаний:

1. В разделе 1.4 («Анализ способов утилизации осадков сточных вод») не рассмотрены такие способы обращения с осадками, как сушка, аэробное сбраживание, жидкофазное окисление.

2. Поясните, пожалуйста, почему на рис.1.6 (с. 30) по этапам «производство» и «потребление» указано, что они не применимы в сфере обращения с ОСВ. На основании каких данных были сформулированы риски и допущения, предпосылки и возможности, относящиеся к сфере обращения с ОСВ?

3. На основании чего для исследования процессов дезодорации и обезвреживания ОСВ при реагентной обработке (с. 37) были выбраны в качестве индикаторов именно эмиссии аммиака и сероводорода, а не других соединений, выделяющихся при обработке осадка?

4. В качестве объекта исследования (с. 43) были выбраны осадки сточных вод сроком хранения 0-15 лет. Однако автор не указал, какие трансформации претерпевают осадки при дальнейшем хранении сроком более 15 лет.

5. Поясните, пожалуйста, для чего использовали в дальнейших исследованиях показатель «высшая теплота сгорания» (табл. 3.1 на сс. 43–44)?

6. На с. 65 указано, что «при пиролизе ОСВ на поверхности неорганической составляющей формируется пироуглерод, составляющий 12%–14% от массы твёрдого пиролизного остатка (пиролизата)». Зависит ли количество пироуглерода от условий проведения пиролиза?

7. На с. 77 утверждается, что «свойства осадков позволяют рассматривать возможность их утилизации в качестве технического грунта», но не указано, о каких именно свойствах идёт речь.



8. Снижение содержания подвижных форм ТМ изучали по пяти металлам (рис. 4.2 на с. 85), однако отсутствует анализ содержания Cd и Hg. Поясните, чем это обусловлено.

9. Автор использует пиролизат свежего ОСВ для иммобилизации ТМ, содержащихся в ОСВ 10–15-летнего срока хранения (с. 91). Считаем, что здесь необходимо было привести обоснование того, почему исключено вымывание тяжёлых металлов из обработанных пиролизатом осадков в дальнейшем, поскольку это критически важно при использовании обработанных ОСВ в качестве рекультивационного материала.

10. Данные, представленные в табл. 5.6 (с. 111–112) указывают на то, что при внедрении альтернативного сценария обращения с ОСВ эмиссии ПГ увеличат с 11 959 т CO<sub>2</sub>-экв./год до 16 085 т CO<sub>2</sub>-экв./год. Как построен и чем объясняется прогноз, свидетельствующий об уменьшении эмиссий ПГ в 2050 г.?

Вышеперечисленные замечания не уменьшают значимость и не касаются сути диссертационной работы. Работа в целом выполнена на высоком научном уровне, при выполнении лабораторных исследований, расчётов и оценок применяли самое современное оборудование и актуальные методики оценки. По изучению текста работы её автор может быть охарактеризован как ответственный, аккуратный, аналитически и творчески мыслящий исследователь. Результаты диссертационной работы могут быть напрямую использованы при разработке и технико-экономическом обосновании инвестиционных проектов по модернизации городских очистных сооружений и объектов накопления осадков сточных вод.

#### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Сформулированные выше замечания и вопросы к диссертационной работе не уменьшают высокий научный уровень исследования и практическую значимость разработанных технологических решений по комплексной утилизации ОСВ разных сроков хранения. Автореферат и опубликованные автором научные статьи и тезисы докладов полностью отражают основные результаты и положения диссертации. Актуальность темы подтверждается наличием акта внедрения от профильного предприятия, заинтересованного в применении разработанных решений. Новизна, научная и практическая значимость результатов, актуальность темы исследования позволяют сделать вывод о том, что диссертационная работа Цыбиной Анны Валерьевны на тему «Утилизация осадков городских сточных вод разных сроков хранения» является законченным научным трудом, в котором разработаны и научно обоснованы решения актуальной научно-практической комплексной задачи утилизации свежих и накопленных ОСВ. Оригинальность подхода, предложенного автором, заключается в использовании продукта пиролиза ОСВ, так называемого пиролизата, для рекультивации накопленных ОСВ, а также в обработке свежих ОСВ комплексом реагентов, что позволяет одновременно обеспечить обезвреживание, обеззараживание и дезодорацию осадков.

Представленная работа по форме и содержанию отвечает требованиям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», утверждённым Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, и «Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ», утверждённым приказом ректора ПНИПУ от 28.05.2024 № 27-О, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени

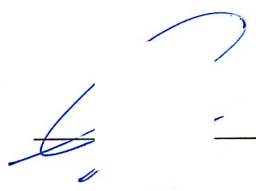


кандидата наук, а её автор, Цыбина Анна Валерьевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21 «Геоэкология».

Настоящий отзыв рассмотрен на расширенном заседании кафедры «Водоснабжения и водоотведения» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»: (протокол № 3 от 30.10.2024 г.).

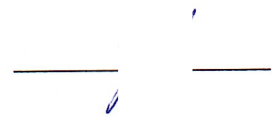
Отзыв ведущей организации на диссертационную работу Цыбиной Анны Валерьевны на тему: «Утилизация осадков городских сточных вод разных сроков хранения» подготовлен Теплых Светланой Юрьевной, доктором технических наук (2.1.4 – Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов), профессором кафедры «Водоснабжения и водоотведения», доцентом, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

Заведующий кафедрой «Водоснабжение и водоотведения», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», доктор технических наук (05.23.04 – Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов), профессор, доктор технических наук.




Стрелков Александр Кузьми

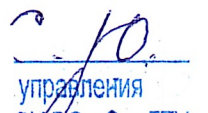
Заместитель заведующего кафедрой «Водоснабжение и водоотведения», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», доктор технических наук (2.1.4 – Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов), доцент, доктор технических наук.



Теплых Светлана Юрьевна

443100, Самарская область, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244;  
телефон (846) 278-43-04,  
e-mail: [nenashev.mv@samgtu.ru](mailto:nenashev.mv@samgtu.ru)

  
Ненашев М.В.  
начальник управления  
ФГБОУ ВО «СамГТУ»

  
управления  
ФГБОУ ВО «СамГТУ»

