

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д 002.110.03 на базе
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Объединенного института высоких температур Российской академии наук
(125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)
от 18 декабря 2017 г. (протокол № 9)

Защита диссертации **Лариной Ольги Михайловны**
на соискание ученой степени кандидата технических наук
**«Экспериментальные исследования особенностей пиролизической
переработки органических отходов жизнедеятельности в синтез-газ»**

Специальность 05.14.01 – энергетические системы и комплексы

Москва – 2017

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д 002.110.03 на базе
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Объединенного института высоких температур Российской академии наук
(125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)
Протокол № 9 от 18 декабря 2017 г.

Диссертационный совет Д 002.110.03 утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 15.02.2013 г. № 75/нк в составе 25 человек. На заседании присутствуют 20 человек, из них 9 докторов наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы и 11 докторов наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы. Дополнительно введены на разовую защиту 0 человек. Кворум имеется.

Председатель – председатель диссертационного совета Д 002.110.03
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор Вараксин А.Ю.

Ученый секретарь – ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.03
д.т.н. Директор Л.Б.

1	Вараксин А.Ю.	чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н.	01.02.05	Присутствует
2	Батенин В.М.	чл.-корр. РАН, д.т.н.	05.14.01	Присутствует
3	Директор Л.Б.	д.т.н.	05.14.01	Присутствует
4	Алхасов А.Б.	д.т.н., проф.	05.14.01	Отсутствует
5	Аминов Р.З.	д.т.н.	05.14.01	Отсутствует
6	Баженова Т.В.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Присутствует
7	Битюрин В.А.	д.ф.-м.н., с.н.с.	01.02.05	Присутствует
8	Воробьев В.С.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Присутствует
9	Зайченко В.М.	д.т.н., с.н.с.	05.14.01	Присутствует
10	Зейгарник В.А.	д.т.н., с.н.с.	05.14.01	Присутствует
11	Климов А.И.	д.ф.-м.н., с.н.с.	01.02.05	Присутствует
12	Кобзев Г.А.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Присутствует
13	Красильников А.В.	д.т.н., с.н.с.	01.02.05	Отсутствует
14	Леонов С.Б.	д.ф.-м.н.	01.02.05	Отсутствует
15	Масленников В.М.	д.т.н., проф.	05.14.01	Присутствует
16	Медин С.А.	д.т.н., проф.	01.02.05	Отсутствует
17	Недоспасов А.В.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Отсутствует
18	Поляков А.Ф.	д.т.н., проф.	01.02.05	Присутствует
19	Попель О.С.	д.т.н.	05.14.01	Присутствует
20	Пятницкий Л.Н.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Отсутствует
21	Седлов А.С.	д.т.н., проф.	05.14.01	Присутствует
22	Синкевич О.А.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Отсутствует
23	Томаров Г.В.	д.т.н., проф.	05.14.01	Присутствует
24	Чиннов В.Ф.	д.ф.-м.н., проф.	05.14.01	Присутствует
25	Шугаев Ф.В.	д.ф.-м.н., доцент	01.02.05	Присутствует

ПОВЕСТКА ДНЯ

На повестке дня защита диссертации научного сотрудника лаборатории 2.1.3.1 – распределенной генерации Научно-исследовательского центра физико-технических проблем энергетики (НИЦ-2 ФТПЭ) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) **Лариной Ольги Михайловны** на тему «Экспериментальные исследования особенностей пиролизической переработки органических отходов жизнедеятельности в синтез-газ». Диссертация представлена на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы. Диссертация выполнена в лаборатории 2.1.3.1 – распределенной генерации НИЦ-2 ФТПЭ ОИВТ РАН (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, jiht.ru).

Научный руководитель:

Зайченко Виктор Михайлович – д.т.н., старший научный сотрудник, заведующий отделом 2.1.3 – распределенных энергетических систем Научно-исследовательского центра физико-технических проблем энергетики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук, г. Москва.

Официальные оппоненты:

Рябов Георгий Александрович - гражданин РФ, д.т.н., старший научный сотрудник, заведующий лабораторией специальных котлов Открытого акционерного общества «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»; Россия, 115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 14)

Исьёмин Рафаил Львович – гражданин РФ, к.т.н., ведущий научный сотрудник Управления фундаментальных и прикладных исследований Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ТГТУ; Россия, 392000, Тамбов, ул. Советская, д. 106).

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТвГТУ»; Россия, 170026, г. Тверь, наб. Афанасия Никитина, д. 22).

На заседании присутствуют официальные оппоненты: д.т.н., старший научный сотрудник Рябов Г.А. и к.т.н. Исьёмин Р.Л.; научный руководитель Лариной О.М. д.т.н., старший научный сотрудник Зайченко В.М.

СТЕНОГРАММА

Председатель

Уважаемые присутствующие, есть предложение начать нашу сегодняшнюю работу. У нас сегодня на повестке дня защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Лариной Ольги Михайловны на тему «Экспериментальные исследования особенностей пиролизической переработки органических отходов жизнедеятельности в синтез-газ» по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы. Попросим Леонида Бенциановича сообщить нам о содержании, все ли материалы имеются.

Ученый секретарь

(Зачитывает данные о соискателе по материалам личного дела и сообщает о соответствии представленных документов требованиям ВАК Министерства образования и науки РФ).

Председатель

Так, уважаемые коллеги, есть ли вопросы к Леониду Бенциановичу? Вопросов нет. Тогда представляем слово Ольге Михайловне для изложения основных положений диссертации. Просьба укладываться в регламент – 20 минут.

Ларина О.М.

Выступает с докладом по диссертационной работе (выступление не стенографируется, доклад Лариной О.М. прилагается).

Председатель

Спасибо, Ольга Михайловна. Ровно 20 минут. Есть возможность задать вопросы. Пожалуйста.

Попель О.С.

Ольга, можно слайд 13-14?

Ларина О.М.

Сейчас.

Попель О.С.

Меня несколько смущает ваша категоричность и высочайшая точность приведения численных значений, например, теплоты сгорания – одиннадцать целых тридцать четыре сотых. Ведь наверняка вы проводили несколько экспериментов, да? И от эксперимента к эксперименту это менялось. Наверное, эти величины зависят от исходного сырья – с какой птицефабрики это бралось. Что давало вам основание в таблице писать эти значения с такой степенью точности? Вопрос, какова погрешность этих величин и что в основе нее лежит? Ведь вы же должны задумываться, какой смысл в этих цифрах.

Ларина О.М.

Для экспериментальных исследований мы применяли высокоточное оборудование, приобретенное нами недавно, чему мы были очень рады. Например, для определения интегрального состава мы использовали проточный газоанализатор, который имеет приборную погрешность...

Попель О.С.

Это понятно. Высокая точность – это все здорово, ведь есть здравый смысл. Наверняка, от эксперимента к эксперименту значения эти менялись, и вы приводите тут несколько усреднённые значения. Так ведь?

Ларина О.М.

Да-да. Но в связи с тем, что для экспериментов мы брали сырье из одного и того же места: ОСВ – из одних и тех же очистных сооружений, пометную массу – от одной и той же птицефабрики, мы постарались выдерживать одну и ту же влажность этого сырья, мы получили такие значения.

Батенин В.М.

Предлагаю согласиться с тем, что вторая цифра после запятой не нужна.

Ларина О.М.

Хорошо, я согласна.

Попель О.С.

Думаю, что даже первая после запятой – не нужна.

Председатель

Пожалуйста, еще вопросы. Да, Виктор Михайлович.

Масленников В.М.

При пиролизе обычно образуются сульфиды металлов. Вы смотрели, в каком виде эти металлы? Сульфид металла вообще является ядом, и запрещается его захоронение. Вы смотрели, в каком виде металлы, когда определяете? Сульфиды или нет.

Ларина О.М.

Нет, мы определяли только валовое содержание, просто наличие металла. В каких соединений он находится, мы не определяли.

Масленников В.М.

Но ведь когда ведётся пиролиз, образуются сульфиды, которые являются ядом. Поэтому металл с серой обязательно должен соединяться.

Ларина О.М.

Я думаю, когда мы далее будет развивать эту технологию, мы обязательно к этому придем, обязательно проведем такие анализы. Но в настоящий момент в данной работе такие исследования не проводились.

Масленников В.М.

То есть если есть сера, вообще говоря, в каком-то используемом сырье, то пиролиз – опасная процедура для такого сырья еще и из-за наличия металлов, натрия, например. В Германии запрещены любые захоронения, которые содержат сульфиды. Это яд.

Ларина О.М.

Из-за того, что, как я уже говорила, в составе твердого остатка от пиролиза ОСВ и ПМ осталась сера, нами был произведен расчет класса опасности этого отхода по содержанию серы. Этот отход так же был отнесён к пятому классу. И, конечно, для его подтверждения необходимо, также, чтобы было проведено биотестирование.

Председатель

Так, пожалуйста, еще вопросы.

Ковбасюк В.И.

Можно?

Председатель

Да.

Ковбасюк В.И.

Скажите пожалуйста, а вот у вас вещества, которые идут в переработку, в сухом или во влажном виде? Если влажное, то до какой влажности?

Ларина О.М.

Мы проводили экспериментальные исследования с ОСВ влажностью 3%, с пометной массой влажностью 1 %. То есть мы сушили его.

Ковбасюк В.И.

То есть фактически на просушенном.

Ларина О.М.

Да.

Ковбасюк В.И.

Это как-нибудь учтено? В выводах?

Попель О.С.

В чем?

Ковбасюк В.И.

В выводах, везде, в оценке теплового баланса. Вот вы рекомендуете осадок сточных вод уничтожать. Чем этот метод лучше? Надо испарять? Если надо испарять, то где, как? Существуют ли технологии?

Ларина О.М.

Я поняла вопрос. Если мы собираемся применять полученный синтез-газ, как я представила в работе, для получения компонентов жидких моторных топлив, то сушить осадок нужно. Максимальный предел – 10 %, до которого мы можем допустить. Потому что с увеличением влажности сырья уменьшается отношение H_2 к CO в составе синтез-газа. Если мы собираемся далее применять синтез-газ для получения электрической и

тепловой энергии, то влажность этого осадка можно сделать выше, то есть 20-30 %. Касательно существующих технологий – сейчас этот вопрос уже решенный. Например, Люберецкие очистные сооружения. У них стоит целый завод по сушке осадка, но я не знаю, запустили ли его в работу. Существуют зарубежные предложения. Например, сушилки Andritz, которые предлагают осадок, высушенный до 3 %. Это дорого, но если такая необходимость будет, то придется потратиться.

Попель О.С.

Суть вопроса Валентина Игоревича состояла в том, что для того, чтобы подготовить эту массу для дальнейшей переработки, вам нужны существенные энергетические затраты. Правильно? В первую очередь на сушку. Спрашивается, делалась ли оценка, разумно ли или обоснованы ли затраты в случае, как вы говорите, использовать синтез-газ для теплоснабжения? Ведь вы тепла на сушку сможете затратить столько, намного больше, чем вы потом получите из синтез-газа. В этом смысл вопроса. Вы на него не ответили.

Ларина О.М.

Касательно данной технологии, применительно к ОСВ, такие оценки не проводились. Но для растительной биомассы, насколько мне известно, в предыдущей диссертационной работе такие оценки были произведены. Касательно ОСВ. Дело в том, что когда возникает необходимость в очистке очистных сооружений, очистке иловых карт, которые переполнены, при этом количество осадка не уменьшается, так как растет количество приходящих на очистные сооружения сточных вод. Поэтому все равно будет возникать необходимость в разработке такой технологии. Дело в том, что сейчас, например, сколько я читала и смотрела, на многих очистных сооружениях – Щелковские, Подольские, та же самая Северная станция аэрации – иловые карты переполнены. Чтобы как-то ситуацию улучшить, есть, конечно, самые примитивные способы – увеличение площади иловых карт. Но сейчас, в условиях Москвы, это не решение проблемы. Поэтому ОСВ вывозится на полигоны. Я примерно прикинула, сколько это может стоить. Для Северной станции аэрации с количеством образующегося осадка в 2000 м³/сутки влажностью 96%, даже после подсушки, в год для вывоза на полигоны нужно 70 миллионов рублей. Поэтому технология будет затратной в любом случае. Такие оценки я не проводила. Но мы планируем развивать эту технологию дальше и обязательно будем рассчитывать.

Батенин В.М.

Я думаю, что ответ правильный. Но неправильная формулировка в вашем автореферате назначения. Начинается с того, что вы производите синтез-газ, который можно использовать там-то и там-то. Начинать надо с того, что вы уничтожаете отходы. Вот это самое главное. Потому что вы вот говорите «вывезти куда-то», а куда вывезти?

Ларина О.М.

Некуда.

Председатель

Так, Ольга Михайловна, вот такой вопрос. У вас одним из важных параметров

является температура пиролиза. Она присутствует во многих графиках и, возможно, определяет ту химию, которая происходит, продукты, которые получаются. Скажите, как вы ее контролировали? Что это: измерение в одной точке или есть неоднородность какая-то по сечению? И с какой погрешностью это делалось? Вот вы пишете «800 градусов», как отклонения влияют на режимные параметры?

Ларина О.М.

Реактор пиролиза представляет из себя цилиндр, который имеет диаметр 60 мм и высота порядка 150 мм. В нем было установлено две термопары: одна измеряла температуру стенки, вторая – в центре слоя сырья. Ориентировались мы по термопаре, которая измеряет температуру в центре слоя сырья. Разница между стенкой и центром составляла не более 15°C. Она изменялась в зависимости от влажности сырья, точнее от температуры нагрева сырья. Чем выше температура, тем меньше разница между центром и стенкой. Приборная погрешность измерения температуры составляла не более 1°C.

Председатель

Так, есть ли еще вопросы? Да, Валентин Игоревич. Но коротенький, да?

Ковбасюк В.И.

Извините, у меня действительно еще один вопрос есть. Вы в эксперименте занимались энергетическим балансом? У вас же система греется за счет электричества. Сколько вы туда вложили энергии? И какова энергия получаемого газа по отношению к тому, что приходится туда вкладывать?

Ларина О.М.

Энергобаланс в данном случае мы не рассчитывали, потому что это лабораторная маленькая установка, в которой масса загружаемого вещества – 100 грамм. Греем мы это все электричеством, что само по себе не рационально. Мы это осознаем и понимаем. В дальнейшем мы планируем создать установку большей производительности, на несколько килограмм, которая, конечно же, будет греться не электричеством. В этом случае мы будем оценить тепловой и электрический баланс.

Ковбасюк В.И.

Тогда еще один вопрос. Я Синельщикову передавал как-то работу сибиряков, посвященную пиролизу. Она довольно грамотная. Там учтено, сколько тепла пошло на сушку, сколько тепла на сам пиролиз, и, если учесть, что там еще допущены ошибки технические: скажем так, они провели расчётный анализ по составу и использовали программу, аналогичную нашей программе «Ивтан-Термо». То есть она позволяет все деликатно посчитать. За одним исключением. Когда мы берем, например, торф, полученный искусственным путем по химическому составу, скомпонуем и получим вещества, можем его проанализировать. Можем его условно сжечь. Вот модельное сжигание дает какую-то теплоту. И мы смотрим, как эта теплота или выделение теплоты при сжигании соотносится с тепловой от сжигания реального торфа. Оказывается, что нет. Теплота реально от торфа значительно ниже. В той работе это не было учтено. Но ниже почему? Потому что присутствует кислород. В формуле Менделеева, кстати, этот эффект учтен автоматически.

Председатель

Вопрос-то в чем?

Ковбасюк В.И.

Так вопрос. Я задал вопрос об энергетическом балансе. Я просто раскрываю, что под этим понимается. Так вот, сколько вы тепла тратите и сколько получаете? Потому что все остальные цифры вызывают сомнения. И к этому же вопрос такой. Если вы планируете вашу технологию, от какого источника вы собираетесь греть ваш реактор? Вы не отвечаете, сколько тепла надо подвести для вашей технологии, и возможно ли это – тепло подвести и откуда его взять.

Ларина О.М.

У нас уже были проведены экспериментальные исследования такого же процесса, только для биомассы. Сейчас исследуется вопрос, связанный с использованием синтез-газа, полученного в процессе переработки, а также с использованием лишнего древесного угля, который образуется при переработке растительной биомассы для того, чтобы нагревать и реактор крекинга, и реактор пиролиза. Это для растительной биомассы. Для ОСВ ситуация немного другая, поскольку проблема с зольностью. Но я думаю, что это будет либо природный газ в настоящий момент, как в наших первых исследованиях, первых расчётах, либо такой же процесс, какой применен к растительной биомассе.

Масленников В.М.

Вы не ответили про соотношение балансов. Сколько нужно тепла подвести для пиролиза.

Попель О.С.

Не считали они, Виктор Михайлович.

Ларина О.М.

Мы пока не считали в этой работе.

Председатель

Перед этим уже был ответ, что не делалось этого. Это же принципиальный вопрос. Ну, не делалось, значит, не делалось. У меня есть предложение закончить с вопросами.

Масленников В.М.

Ну, вот один вопрос. Я смотрю, в составе газе имеется SO_2 и сероводород. На катализаторы отправлять такой газ для синтеза нельзя. Вы предусматриваете какую-то очистку?

Ларина О.М.

Да, само собой. Даже в случае использования древесного угля, когда часть серы на нем осаждается, синтез-газ имеет содержание сероводорода порядка 800 ppm. Это слишком много для его использования на катализаторах. Необходимо, чтобы максимум, сколько было для использования – это 10 ppm. Само собой, нам необходим

очистительный комплекс для этого синтез-газа. Мы это знаем, понимаем и будем учитывать.

Председатель

Спасибо. Тогда закончим с вопросами. Слово предоставляется научному руководителю, доктору технических наук, Зайченко Виктору Михайловичу. Просьба, лаконично, Виктор Михайлович.

Зайченко В.М.

Я кратко. Уважаемые члены совета, Ольга, я не могу сказать, что давно у нас работает. Основная черта характера – она очень целенаправленный человек. Причем в научной сфере есть разные интересы у людей. Ольга должна получить новый результат. Вот я же не могу высказываться по содержанию диссертации, к сожалению. Я только вот про соискателя. Вот это направленность – она хотела получить новое, не анализировать, не сравнивать, не выбирать из имеющегося, а получить новый результат. Она очень четко подходит к решению задач, формированию задачи, проведению экспериментов, к получению и обсуждению полученных результатов. И есть еще одна вещь, которая ее характеризует. Вообще, в этой работе было задействовано большое количество людей. Это экспериментальные установки, изготовление экспериментальных установок, изготовление автоматики. Кстати, ваш покорный слуга тоже принимал какое-то участие, ему тоже какое-то место отводилось. Было много народу, много анализов. И иногда бывает так, что, когда объединяется большой коллектив для решения каких-либо проблем, в этом коллективе наблюдаются какие-то напряжения. Это бывает, это у нас было. Вот с Ольгой было совсем по-другому. Все с радостью работали, вот это ее заслуга. Она очень хороший организатор. И у нее, с моей точки зрения, все очень хорошо получается. Спасибо за внимание.

Председатель

Спасибо, Виктор Михайлович. Есть ли вопросы у присутствующих к научному руководителю?

Попель О.С.

Да, у меня вопрос.

Председатель

Пожалуйста, Олег Сергеевич.

Попель О.С.

Можно ли получить новое, если не сравнивать и не проводить анализ?

Зайченко В.М.

Можно, конечно.

Батенин В.М.

Можно вопрос. Виктор Михайлович, как вы хотите использовать в дальнейшем Ольгу Михайловну?

Зайченко В.М.

Я не имею права отвечать на этот вопрос. Потому что он не по повестке дня. А самое главное, я не могу этого сказать, поскольку я должен с Ольгой договориться.

Председатель

Слово предоставляется ученому секретарю Леонид Бенциановичу для оглашения заключения организации, отзыва ведущей организации – Тверской государственной технический университет – и всех других отзывов, поступивших в совет на автореферат диссертации. Пожалуйста.

Ученый секретарь.

Заключение **Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенный институт высоких температур** было принято на заседании секции НИЦ-2 ФТПЭ ОИВТ РАН. Утвердил заключение заместитель директора ОИВТ РАН Гавриков А.В. Я зачитаю только заключительную часть. В настоящей диссертационной работе предложен и экспериментально подтвержден способ пиролизической конверсии высоковлажных высокозольных отходов жизнедеятельности (ОСВ и куриного помета) с последующим термическим крекингом летучих продуктов на древесном угле и керамике в синтез-газ. Получены экспериментальные данные по удельному объемному выходу, составу и теплоте сгорания синтез-газа. Представлены результаты экспериментального исследования применения синтез-газа в качестве исходного сырья для производства компонентов жидких моторных топлив. Проведены экспериментальные исследования влияния условий пиролиза на выход тяжелых металлов и серы из состава ОСВ. Отмечено, что тема диссертации является актуальной, так как затрагивает в первую очередь экологическую сторону переработки органических отходов, и непосредственно связана с планом научно-исследовательских работ ОИВТ РАН. Изложенные в диссертации результаты оригинальны и достаточно полно представлены в работах, опубликованных диссертантом в соавторстве. Работа Лариной О.М. удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК при Минобрнауки России к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01.

Теперь отзыв ведущей организации. Я не буду его полностью зачитывать, он достаточно большой. В отзыве отмечается актуальность работы, кратко излагается содержание работы по главам и отмечается научная новизна.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- экспериментально показано, что использование метода двухстадийной пиролизической переработки применительно к ОСВ и ПМ позволяет достичь высокой степени конверсии перерабатываемого сырья в синтез-газ;
- продемонстрирована возможность применения получаемого синтез-газа для производства метанола и компонентов жидких моторных топлив;
- показано, что побочный продукт переработки, а именно, твердый остаток от пиролиза, в случае его захоронения представляет собой меньшую опасность для окружающей среды, чем исходное сырье.

Практическая значимость полученных результатов состоит в том, что они являются основой для разработки современных высокоэффективных экологически чистых технологий термической переработки таких видов биогенных отходов как ОСВ и ПМ, а

также демонстрируют возможность получения при этом продуктов, востребованных в энергетике и химическом производстве. Полученные результаты могут быть рекомендованы для использования в научно-исследовательских и конструкторских организациях, занимающихся разработкой, совершенствованием и внедрением методов утилизации отходов жизнедеятельности, в частности: ОАО «ВТИ», АО «Мосводоканал», ООО «НПФ «Бифар» и др.

Замечания по содержанию работы:

1. Использованию синтез-газа, полученного в результате пиролитической переработки ОСВ, для синтеза метанола и бензиновых фракций посвящена целая глава. В то же время в литературном обзоре не нашлось места для анализа работ по получению жидких моторных топлив из биомассы.

2. Рассмотрение ПМ в качестве исходного сырья для переработки выглядит излишним, поскольку перегружает работу. В то же время объем экспериментальных исследований, проведенных в работе с ПМ, существенно уступает объему исследований, выполненных для ОСВ.

3. Не совсем обоснованным выглядит отказ от использования твердого остатка от пиролиза ОСВ в качестве наполнителя реактора крекинга. Если сравнивать приведенные в работе величины удельной поверхности использовавшихся в экспериментах древесного угля и керамики с величиной удельной поверхности твердого остатка от пиролиза, приведенной на стр. 69, то последняя занимает промежуточное положение между древесным углем и керамикой. К тому же в твердом остатке от пиролиза по сравнению с керамикой есть углеродная составляющая. Таким образом, использование твердого остатка от пиролиза ОСВ в качестве наполнителя реактора крекинга, с одной стороны, позволяет рассчитывать на высокую степень конверсии летучих продуктов, а с другой стороны, избавляет от необходимости привлечения дополнительного расходного материала, каковым является древесный уголь.

4. При исследовании поведения кадмия, как наиболее легкоплавкого тяжелого металла, желательно было провести измерения его содержания в твердом остатке от пиролиза, полученного при нескольких температурах в интервале 250–800°C. В этом случае более обоснованным выглядел бы вывод о том, что за счет уменьшения температуры нагрева до 500°C можно снизить унос кадмия с летучими продуктами пиролиза (см. выводы к главе 5).

Далее заключительная часть. Замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы и не снижают ее научную и практическую значимость. Работа выполнена на актуальную тему, диссертантом получены результаты, способствующие развитию и совершенствованию эффективных методов термической переработки биогенных отходов. Диссертация соответствует заявленной научной специальности. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертация Лариной Ольги Михайловны является завершенной научно-квалификационной работой, в которой получены и изложены научно-обоснованные результаты, имеющие существенное значения для решения вопросов, связанных с утилизацией двух видов биогенных отходов. Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. «О порядке присуждения ученых степеней» с изменениями постановления Правительства РФ № 335 от 21 апреля 2016 г. «О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней».

Диссертация заслушана и обсуждена на заседании кафедры «Биотехнологии и химии» Тверского государственного технического университета, протокол № 4 от 20 ноября 2017 г. Отзыв подписан доктором химических наук профессором Сульман Эсфирь Михайловной, утвержден ректором университета Твардовским А.В.

На автореферат поступило восемь отзывов.

(Первый отзыв) Отзыв К.т.н. **Потапова Олег Петровича**, ведущего научного сотрудника лаборатории технологии использования твердых топлив **Акционерного общества «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского»**. Отзыв положительный, с замечаниями:

1. Одновременно с крекингом летучих продуктов пиролиза ОСВ на древесном угле происходит его активация вследствие взаимодействия углерода с водяным паром, образовавшимся из влаги ОСВ и пирогенетической воды. В результате этой реакции должна уменьшиться масса углерода в древесном угле и увеличиться его удельная поверхность. Этот процесс преобразования древесного угля не был учтен в диссертации.

2. Значение высшей теплоты сгорания измерялось с помощью калориметра сжигания БКС-2Х. Зная высшую теплоту сгорания, влажность и содержания водорода, можно было бы рассчитать низшую теплоту сгорания ОСВ и ПМ. Однако в диссертации низшая теплота сгорания рассчитывалась по менее точной формуле Менделеева.

(Второй отзыв) Отзыв д.т.н., профессора **Ефимова Николая Николаевича**, профессора кафедры «Тепловые электрические станции и теплотехника» **Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»**. Отзыв положительный, с замечаниями:

1. В автореферате не представлена схема установки получения синтетических моторных топлив. Возможно, это схема устройства Фишера-Тропша. Однако даже названия такой установки в автореферате нет.

2. В работе нет данных о повторяемости, погрешности и достоверности результатов исследований, в то время как на рис. 7 показано значительное расхождение экспериментальных и расчётных данных.

3. На стр. 6 (последняя строка) представлено понятие керамики как Al_2O_3 , которая используется в качестве материала-наполнителя реактора крекинга. С этим трудно согласиться.

(Третий отзыв) Отзыв к.т.н. **Чернявского Адольфа Александровича**, главного специалиста по экономике и возобновляемым источникам энергии **Филиала «ЭНЕРГО-ЮГ» Общества с ограниченной ответственностью «Ростовтеплоэлектропроект»**. Отзыв положительный, с замечаниями:

1. При описании методики проведения экспериментальных исследований сказано, что велись отборы проб газа для хроматографического анализа в процессе нагрева перерабатываемого сырья. В автореферате такие данные отсутствуют, а вопрос зависимости состава газа от температуры нагрева сырья не обсуждается.

2. В автореферате сказано, что использовавшийся в данной работе метод двухстадийной пиролитической переработки ранее применялся для конверсии биомассы растительного происхождения в газообразное топливо. В то же время, применительно к ОСВ, автор ограничился рассмотрением вопроса об использовании получаемого синтез-газа только для производства компонентов жидких моторных топлив.

(Четвертый отзыв) Отзыв к.т.н. **Кузьмина Алексея Михайловича**, доцента

кафедры «Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» **Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**. Отзыв положительный, с замечаниями:

1. Масса или объем материала, используемого в качестве наполнителя реактора крекинга, по-видимому, оказывают существенное влияние на степень конверсии летучих продуктов пиролиза. В то же время из автореферата не понятно, исходя из каких соображений выбиралась масса древесного угля и керамики, использовавшихся в эксперименте.

2. Из автореферата не понятна роль холодильника в схеме лабораторного стенда, использовавшегося для исследования процесса пиролиза (рис. 1), поскольку он дублирует расположенный выше конденсатор.

(Пятый отзыв) Отзыв к.т.н. **Беляевой Светланы Дмитриевны**, директора по научной работе **Общества с ограниченной ответственностью Научно-производственной фирмы «БИФАР»**. Отзыв положительный, с замечаниями:

1. Желательно было в автореферате отразить все стадии последовательных превращений, в результате которых из исходного сырья (ОСВ) получается конечный продукт (бензиновая фракция), с указанием массового выхода продуктов переработки, получаемых на промежуточных стадиях.

2. Целесообразно в автореферате провести сравнительный анализ указанного метода с традиционным методом сбраживания, указать экономический эффект исследованного метода переработки осадков сточных вод и куриного помета и проанализировать перспективность применения конечных продуктов пиролиза.

(Шестой отзыв) Отзыв к.т.н. **Бурцева Сергея Алексеевича**, доцента кафедры «Газотурбинные и нетрадиционные энергоустановки» **Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»**. Отзыв положительный, с замечаниями:

1. В тексте автореферата отсутствует оценка неопределенности измерений, хотя большинство исследуемых (определяемых) параметров приводится с точностью в четыре значащие цифры.

2. В «Материальном балансе... пиролиза с крекингом на керамике» (рис. 6) присутствует пиролизная жидкость, однако из автореферата не ясно, как определялась ее масса и элементный состав.

3. На стр. 5 автореферата сказано, что в данной работе исследована возможность применения метода «пиролиза... и гетерогенного крекинга...» для переработки осадка сточных вод и пометной массы, однако в дальнейшем для осадков сточных вод проведено подробное исследование, а по пометной массе представлены только данные по крекингу летучих продуктов пиролиза на древесном угле.

(Седьмой отзыв) Отзыв к.т.н. **Готовцева Павла Михайловича**, заместителя руководителя отдела Биотехнологий и Биоэнергетики **Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»**. Отзыв положительный, с замечаниями:

1. Из автореферата не ясно, почему при исследовании возможности получения компонентов жидких моторных топлив использовалась модельная смесь синтез-газа, а не газ, полученный на экспериментальном стенде методом двухстадийной пиролитической

конверсии.

2. В автореферате не указано, каким образом определялось интегральное содержание серы, осевшей на наполнителе реактора крекинга (древесный уголь и керамика).

(Восьмой отзыв) Отзыв к.т.н. **Дербасовой Надежды Михайловны**, доцента кафедры «Радиоэкологии и экологической безопасности» Института ядерной энергии и промышленности **Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Севастопольский государственный университет»**. Отзыв положительный, без замечаний.

Это все.

Председатель

Спасибо, Леонид Бенцианович. Есть ли вопросы? Вопросов нет. Тогда мы слово предоставляем Ольге Михайловне для ответов на замечания, содержащихся в отзыве ведущей организации. А ответы на замечания из отзывов на автореферат наверняка содержатся в тексте самой диссертации, поэтому просьба быть лаконичной.

Ларина О.М.

Ответы на замечания ведущей организации:

1. В литературном обзоре сказано, что в настоящее время компоненты жидких топлив из ОСВ получают путем переработки пиролизной жидкости. Процесс получения жидких топлив через конверсию ОСВ в синтез-газ не применяется. Из растительной биомассы получают жидкие топлива используя метод Фишера-Тропша, но необходимый для этого синтез-газ, как правило получают путем газификации, а не пиролиза. В принципе, наверное, стоило уделить больше внимания этому вопросу в обзоре.
2. Пометная масса в данной работе использовалась для апробации применяемого метода переработки к отходам из той же группы, что и ОСВ – отходам жизнедеятельности.
3. Твердый остаток от пиролиза нецелесообразно применять в качестве наполнителя зоны термического крекинга по экологическим соображениям. Температура в зоне крекинга такова, что из коксо-зольного остатка будет происходить эмиссия тяжелых металлов. Кроме того, температура плавления золы от ОСВ близка к 1000°C, поэтому будет происходить ее спекание, что приведет к уменьшению проницаемости слоя.
4. Действительно имело смысл провести измерения уноса тяжелых металлов при промежуточных температурах. Вывод о том, что за счет уменьшения температуры нагрева ОСВ до 500°C можно снизить унос кадмия с летучими продуктами пиролиза основан на теплофизических свойствах металла и согласуется с имеющимися литературными данными. В дальнейшем планируется исследовать процесс эмиссии тяжелых металлов из состава ОСВ при нагреве более тщательно.

Отзывы на автореферат.

Ответы на замечания **Потапова Олега Петровича**:

1. В зоне крекинга наряду с процессом уменьшения массы углерода в твердом остатке от пиролиза из-за реакции паровой конверсии происходит осаждение углерода на древесном угле, обусловленное деструкцией углеводородных соединений. Согласно приведенным в работе результатам измерений суммарное изменение массы древесного угля составляет при переработке ОСВ – 0,03 кг на кг перерабатываемого сырья, для ПМ – 0,17 кг/кг, что меньше массы образующегося в процессе пиролиза твердого остатка.
2. В диссертации низшая теплота сгорания ОСВ и ПМ рассчитывалась двумя способами: по формуле Менделеева, исходя из элементного состава, и по формуле, исходя из высшей теплоты сгорания.

Ответы на замечания Ефимова Николая Николаевича:

1. В автореферате действительно нет описания установки для получения компонентов жидких моторных топлив из-за ограничения на объем автореферата. В тексте дается ссылка на литературный источник, в котором можно посмотреть описание этой установки и методики проведения экспериментальных исследований.
2. На рисунке 7 автореферата приведены экспериментальные значения, полученные в лаборатории, проводившей анализ ОСВ на валовое содержание тяжелых металлов. Погрешности, указанные на рисунке 7, соответствуют методике проведения анализа. Расчетные значения, получены в предположении отсутствия эмиссии тяжелых металлов при пиролизе, что и наблюдается для всех металлов кроме кадмия. Расхождение расчетных и экспериментальных значений для кадмия свидетельствуют о том, что он выходит из ОСВ при пиролизе.
3. Для исследования в качестве инертного материала использовалась алюмооксидная керамика – керамика, полученная на основе оксида Al_2O_3 . Такой вид керамики является инертным и огнеупорным, поэтому он был выбран для создания инертной среды внутри зоны крекинга.

Ответы на замечания Чернявского Адольфа Александровича:

1. Данные по изменению состава газовой смеси от температуры в процессе нагрева сырья отсутствуют в автореферате в связи с его ограниченным объемом. В диссертации такие данные приведены.
2. Применение синтез-газа, полученного методом пиролитической переработки биомассы с крекингом летучих продуктов, для получения электрической энергии в газопоршневых машинах и тепловой энергии в котлах ранее уже рассматривалось. В данной работе было решено сделать упор на производство компонентов жидких моторных топлив, как новое направление энергетического применения ОСВ.

Ответы на замечания Кузьмина Алексея Михайловича:

1. Согласно результатам экспериментальных исследований, проведенных ранее с древесиной, для полного разложения летучих продуктов пиролиза в зоне термического крекинга при темпе нагрева перерабатываемого сырья $10^\circ\text{C}/\text{мин}$ масса древесного угля в реакторе крекинга должна была быть не меньше чем масса перерабатываемого материала. Свойства ОСВ и ПМ отличаются от свойств древесины, поэтому для получения полной степени разложения пиролизных газов и паров в реакторе крекинга масса древесного угля была взята в 2,5 раза большее, чем масса перерабатываемого сырья. При использовании в качестве наполнителя зоны термического крекинга керамики, она заполняла весь объем реактора крекинга.
2. В экспериментах по пиролизу холодильник действительно дублирует конденсатор. Но в экспериментах с крекингом летучих продуктов конденсатор заменяется на реактор крекинга. В этом случае холодильник используется для контроля наличия/отсутствия пиролизной жидкости в конечных продуктах переработки на выходе из установки.

Ответы на замечания Беляевой Светланы Дмитриевны:

1. С замечанием согласна. Цепочка превращений 1 кг ОСВ в конечный продукт – бензиновую фракцию – с указанием массового выхода продуктов переработки, получаемых на промежуточных стадиях, отражена в тексте самой диссертации.
2. Согласна с замечанием. Экономические расчеты, связанные с применением данной технологии, являются следующим этапом в развитии данной работы.

Ответы на замечания Бурцева Сергея Алексеевича:

1. Оценка погрешности измерений приведена в тексте диссертации. Для результатов элементного анализа рассчитана среднеквадратичная погрешность среднего арифметического. Для значений валового содержания тяжелых металлов приведена методическая погрешность экспериментов. Для других экспериментальных данных представлена относительная погрешность измерений. Максимальная относительная

погрешность измерения (для прибора определения удельной площади поверхности методом БЭТ «Sorbi®-М») составляет 6%. Для остальных приборов данная величина не превышает 1 %.

2. Масса пиролизной жидкости, образовавшейся при крекинге летучих продуктов пиролиза ОСВ на керамике, рассчитывалась исходя из материального баланса экспериментального исследования. Элементный состав пиролизной жидкости не определялся. Об этом сказано в тексте диссертации.

3. На этот замечание ответ уже был дан.

Ответы на замечания **Готовцева Павла Михайловича:**

1. Для подачи синтез-газа в реактор синтеза метанола необходимо, чтобы синтез-газ был очищен от серосодержащих соединений. Реально полученный из ОСВ синтез-газ был загрязнен серосодержащими соединениями. Чтобы обеспечить требования к газу при подаче в реактор синтеза метанола было принято решение использовать модельную смесь синтез-газа, соответствующую по составу реальной, но очищенную от примесей.

2. Методика определения интегрального содержания серы, осевшей в реакторе крекинга, подробно изложена в диссертации.

Председатель

Спасибо, Ольга Михайловна, исчерпывающие ответы. Слово предоставляется официальному оппоненту доктору технических наук Рябову Георгию Александровичу, ОАО «ВТИ».

Рябов Г.А.

Уважаемые члены диссертационного совета, надеюсь, вы мне разрешите не зачитывать полностью тест отзыва.

Вначале об актуальности. Конечно, эти осадки сточных вод являются неисчерпаемым источником, они будут появляться все дальше и дальше, поэтому любая работа, связанная с термической утилизацией каких-то отходов – твёрдых коммунальных отходов, ОСВ – она безусловно актуальна. И очень правильно здесь сказали, что важно – не получение моторных топлив, а важно то, что это термическая утилизация вредных отходов. Вот это крайне важно. Учитывая, что сейчас появилось вот это новое направление «пометно-подстилочная масса». Огромное количество птицефабрик. И сжигание, и утилизация этого продукта крайне сложна, потому что это не просто помет, это подстилка. И очень многое зависит от того, какая там была подстилка: солома, опилки или что-то еще. Там огромное количество фосфора. Все это выращивается на полях и на удобрениях, поэтому такой продукт крайне трудно использовать. Например, использовать в виде сжигания. Мы недавно проводили такие эксперименты на небольшом котле – это была сложнейшая задача, потому что температура плавления крайне низкая, образуются эвтектики легкоплавкие и шлакуется решетка. То же самое касается ОСВ. Поэтому то направление, которое выбрала Ольга Михайловна, безусловно актуальное и очень важное.

Сильной стороной данной работы является получение большой массы новых экспериментальных данных. Я здесь с Виктором Михайловичем совершенно не согласен. Это не только получение экспериментальных данных, но и осмысление их. Не просто точки. В этой работе есть и осмысление этих точек. Такие эксперименты для России – абсолютно передовые. В ней идет много работ, которые касаются такого рода исследований.

Научную новизну Ольга Михайловна показала в своем докладе, обоснованность достаточная, достоверность тоже вполне подходящая. Важной является практическая

значимость. Тут есть небольшие замечания. Они идут из-за того, что объем работ большой. Эксперименты были довольно массивные, но как только начинаешь думать, а как все это дальше применять, сразу возникает вопрос, а сколько тепла надо подвести, какие тепловые балансы нужно сделать. Мне не хотелось бы сейчас придирается к этой работе, но в будущем это абсолютно необходимо, потому что это определяет возможность использования этих результатов, которые вы получили.

Апробация работ очень неплохая: 14 докладов на конференциях – это очень хорошо. О структуре и объеме я говорить не буду, он вполне соответствует требованиям к такого рода диссертациям. Главное, что мне показалось, что единство всех исследований безусловно имеется.

Тема диссертации, результаты исследований соответствуют паспорту научной специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы, а именно п. 1 «Разработка научных основ исследования общих свойств, создания и принципов функционирования энергетических систем и комплексов, фундаментальные и прикладные системные исследования проблем развития энергетики городов, регионов и государства, топливно-энергетического комплекса страны», п. 2 «Исследование и разработка нетрадиционных источников энергии и новых технологий преобразования энергии в энергетических системах и комплексах», п. 3 «Разработка научных подходов, методов, алгоритмов, программ и технологий по снижению вредного воздействия энергетических систем и комплексов на окружающую среду».

Теперь я подхожу к замечаниям – вот их я вынужден прочитать:

(Первое замечание) В тексте диссертационной работы имеется ряд неточностей, например: в таблице 1.4.1 правильно не «уголь», а «твердый остаток» или «коксо-зольный остаток», минеральный состав (стр. 38) дают обычно в соединениях, не верно утверждение автора (стр. 47) об образовании агломератов при сжигании биотоплив в кипящем слое за счет большой зольности. На самом деле агломераты – это результат длительного взаимодействия оксидов кремния из материала слоя (песка) с щелочными элементами золы.

(Второе замечание) Для понимания и сравнения процессов пиролиза и газификации надо было бы сказать о необходимости подвода тепла в случае пиролиза. В тексте диссертации и при выборе технологии использования ОСВ и ППМ об этом совсем не говорится. То же относится и к процессам термического крекинга для увеличения выхода водорода и CO.

(Третье замечание) Все эксперименты были сделаны для подсушенного до относительной влажности около 3 % ОСВ и почти 1 % для ПМ. Влага явно влияет на состав газа, отношение H_2/CO . Нельзя же в реальном процессе сушить осадок до такой степени. Было бы целесообразно оценить это влияние и дать хотя бы грубую оценку для реального на практике значения влажности 30 – 40 %.

(Четвертое замечание) Вывод 6 (стр.136) представляется не совсем точным. Говорится, что остаток после пиролиза представляет меньшую опасность, чем ОСВ. Правильней было бы сказать, что он представляет меньшую опасность при захоронении.

(Пятое замечание) При определении класса опасности автор ссылается на устаревший приказ №515 [194]. С 11.01.2016 действует приказ Минприроды № 536. Разница не слишком велика, но главное, что во всех случаях необходимо биотестирование для отнесения к пятому классу опасности. Здесь сделаю маленькую ремарку. Это биотестирование качается использования дафний. Если они не умирают в растворе, то это

пятый класс опасности. Если помрут, то четвертый класс опасности. Мы в свое время в ВТИ возились с этим, даже с золой простых топлив. Очень трудно было отнести ее к пятому классу опасности.

Отмеченные замечания не снижают высокий уровень работы. Она является законченной научно-квалификационной работой, посвященной решению важной задачи утилизации отходов жизнедеятельности с получением ценных продуктов в виде синтетического газа и моторного топлива.

Диссертация Лариной О.М. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решается научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение. Самостоятельно полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (п.9). Диссертация обладает внутренним единством. Основные идеи работы в полной мере отражены в автореферате и публикациях автора. Автор работы, Ларина Ольга Михайловна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы.

Председатель

Спасибо большое, Георгий Александрович. Уважаемые коллеги, есть ли вопросы к официальному оппоненту? Вопросов нет. Слово предоставляется Ольге Михайловне для ответов на замечания оппонентов.

Ларина О.М.

(Первое замечание) С замечанием по поводу терминологии согласна. Касательно утверждения об образовании агломератов золы при сжигании ОСВ в кипящем слое, хотелось бы пояснить, что в диссертации имелось в виду, что увеличение зольности приводит к увеличению содержания агломератов, а понижение температуры плавления золы способствует этому процессу. В связи с этим возникает необходимость в поиске технических решений для снижения температуры сжигания.

(Второе замечание) Естественно, что процесс пиролиза биомассы и последующего крекинга летучих продуктов требует энергетических затрат. В данной работе расчет таких затрат не рассматривался, но он будет сделан обязательно при переходе к проектированию более производительной экспериментальной установке.

(Третье замечание) Увеличение влажности приводит к уменьшению величины отношения H_2/CO . Оценки показывают, что при влажности 30% это отношение будет равно 1,28. Поэтому выбор влажности перерабатываемого сырья определяется тем какой конечный продукт вы хотите получить. Если целевой установкой является получение жидких моторных топлив с использованием схемы Фишера-Тропша, то целесообразно использовать ОСВ с низкой влажностью.

(Четвертое замечание) Вывод 6 на стр. 136 дословно звучит так: «образующийся в результате пиролитической переработки ОСВ твердый остаток представляет меньшую опасность для окружающей среды в случае его захоронения, чем исходный ОСВ». Этот вывод основан на результатах сопоставления растворимости тяжелых металлов в исходном ОСВ и твердом остатке от пиролиза ОСВ.

(Пятое замечание) С замечанием согласна.

Председатель

Слово предоставляется второму официальному оппоненту, кандидату технических наук Исьёмину Рафаилу Львовичу, Тамбовский государственный технический университет.

Исьёмин Р.Л.

Уважаемые члены Ученого совета, на данном этапе, с вашего позволения, не буду зачитывать отзыв, так же, как и Георгий Александрович. Своими словами попытаюсь изложить его суть. Я абсолютно согласен с высокой актуальностью научного исследования, поскольку накопление подобных отходов, как осадок сточных вод, так и помёт и подстилочная помётная масса, представляет большую проблему, большую экологическую проблему. Если говорить о подстилочной пометной массе, то ее быстрое образование в связи со строительством крупных птицефабрик по выращиванию мяса, где на 1 кг произведенного мяса образуется до 3 кг подстилочной пометной массы и при годовом производстве 100 000 тонн мяса, образуется порядка 300 000 тонн отходов. Возникают проблемы с их утилизацией – или как удобрение, или как топливо, это не важно. Фактически это является сдерживающим фактором для интенсивного развития птицеводства. Я здесь с Георгием Александровичем не совсем согласен с тем, что термические методы являются решением этой проблемы. К сожалению, здесь нельзя сказать так однозначно. Конечно, это позволяет резко уменьшить объем образующейся органической массы, но возникают проблемы с эмиссией тяжелых металлов и оксидов азота, диоксинов и других вредных выбросов. Я бы еще хотел отметить то, что решить проблему предотвращения образования агломератов при сжигании всех этих отходов в кипящем слое можно и мы это сделали. Мы создали такую крупную установку и сжигали и помет, и подстилочную массу без образования агломератов, однако с выбросами и очисткой дымовых газов от выбросов – эта проблема до сих пор не решена. И вот как раз те методы, которые предлагает диссертант – переработка образующихся газообразных выбросов при термической обработке и переработка этих выбросов в какой-то продукт, например, синтез-газ – позволят решить эту проблему. Поэтому актуальность этой работы очень высокая. И направление, которое выбрано диссертантом, с точки зрения обеспечения полной переработки этих отходов в какой-то продукт с высокой добавленной стоимостью без, фактически, образования каких-то побочных опасных продуктов очень важная и имеет высокую ценность.

Все вопросы, связанные со структурой и объемом диссертации, очевидно, говорить не надо, так же, как и про научную новизну. Все это было сказано в докладе Ольги Михайловны. Очевидно, на этом останавливаться не надо. Большое практическое значение, конечно, имеет для диссертации, я это говорю не просто как комплимент автору работ. Я хотел бы сказать о том, что вот сейчас мы заканчиваем большой проект по строительству комплекса оборудования по переработке пометной и пометно-подстилочной массы в органическое удобрение с обеззараживанием этого помета методом низкотемпературного пиролиза. Мы построили установку производительностью до 3 тонн в час по исходному сырью. Вот здесь у нас возникает вопрос утилизации и переработки газообразных и жидких продуктов низкотемпературного пиролиза, поэтому если использовать эти результаты, полученные в данной работе, для получения полной безотходной технологии – это бы, конечно, придало бы всем этим работам значительную экономическую и экологическую эффективность.

Теперь я перейду к замечаниям. Замечаний серьезных у меня нет. Но хотел бы

обратить внимание вот на что. Помет и пометная подстилочная масса содержат большое количество патогенной микрофлоры. Считается специалистами в области птицеводства, что существующие технологии компостирования и анаэробного сбраживания позволяют избавиться от этой микрофлоры. Как показали наши исследования, связанные с реализацией нашего проекта, все эти гранулы, произведенные из помета, даже при наличии положительного ветеринарного сертификата содержат огромное количество микрофлоры – стафилококка, сальмонеллы. Я обращаю внимание именно на гранулы. То есть помет высушен, гранулирован, подвергнут процессу термической обработки в пресс-грануляторе при температуре более 100°C с некоторой выдержкой. Все равно все это дело содержится в нем. И только методом низкотемпературного пиролиза удастся от этого избавиться. Этому вопросу с точки зрения освобождения от патогенной микрофлоры, как для осадка сточных вод, так и для подстилочной пометной массы, в работе не уделено внимание. И еще мне кажется, что вопрос производства жидкого моторного топлива не совсем согласуется с общим направлением работы. Потому что предложенный метод производства метанола требует очистки полученного синтез-газа от серосодержащих компонентов в промышленной установке, когда мы знаем, что состав исходного сырья, даже по подстилочной пометной массе, не говоря уже про осадки сточных вод, сильно колеблется, и мы заранее не можем предугадать, что будет там с точки зрения выбросов всех этих компонентов. Как это сделать, чтобы работать на этих катализаторах – это весьма большой вопрос. Очевидно, можно было использовать какие-то другие технологии, например, ферментацию синтез-газа, там другие катализаторы, значительно более устойчивые. Но это уже совершенно другое направление исследований. Поэтому здесь возникает определённый диссонанс в работе с очень высоким уровнем экспериментальных исследований.

Не смотря на эти замечания, диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор Ларина Ольга Михайловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы.

Председатель

Спасибо, Рафаил Львович. Уважаемые члены совета, может, у кого-то есть вопросы к официальному оппоненту? Вопросов нет. Большое спасибо еще раз. Ольга Михайловна, вам слово для ответа на вопросы, прозвучавшие от оппонента.

Ларина О.М.

(Первое замечание) Согласно литературным источникам, большая часть бактерий, в том числе одна из самых «живучих» - сальмонелла, погибают при температуре 70°C за время порядка 1 минуты. Спорозоносные бактерии погибают при температуре 120°C. В предлагаемой технологии переработки ОСВ температура в зоне пиролиза составляет 800°C, а в зоне крекинга 1000°C, что позволяет утверждать, что вся патогенная микрофлора будет уничтожена без возможности повторного заражения после охлаждения твердого остатка от пиролиза.

(Второе замечание) Выбор применения полученного из ОСВ синтез-газа для синтеза метанола определялся отношением H_2/CO в составе синтез-газа, которое выше, чем в синтез-газе, полученном из других видов биомассы. Действительно, такой синтез-газ нуждается в очистке от сернистых соединений, поскольку их содержание превышает

требуемое для синтеза метанола в 100 раз. При таком превышении колебание состава исходного сырья не скажется на выборе способа очистки газов.

Председатель

Спасибо, Ольга Михайловна. Следующий пункт у нас – это дискуссия присутствующих. Предваряя дискуссию, я скажу, что сегодня прозвучало очень много вопросов. И мне, как председателю, совершенно ясно, что работу нужно и можно поддерживать. Поэтому прошу присутствующих быть лаконичными. Так, есть желающие?

Попель О.С.

Поддержать же нужно. Ну, я хотел бы сказать, что за Ольгой Михайловной я наблюдаю со времени ее поступления в наш институт. Она пришла из «бауманки», постепенно-постепенно становилось уже таким зрелым научным работником. Мне кажется, что сегодняшний доклад, ее диссертация в полной мере свидетельствуют о ее очень высокой квалификации, о том, что она выросла, как специалист. И я безусловно хотел бы попросить всех присутствующих поддержать, голосовать положительно. И я буду голосовать положительно. Но на что я бы все-таки хотел обратить внимание. Виктор Михайлович – молодец, активный, у него очень много молодых людей. Они вот пошли защищаться. Но вот постоянно при защите возникают эти вопросы практического применения, вопросы об энергетическом балансе, тепловом балансе. Мне кажется, что можно было бы не мешать осадки сточных вод с куриным пометом, а оставить куриный помет для защиты очередного молодого человека, а в диссертации больше уделить внимание энергетике и тепловым и энергетическим балансам, что придало бы работе еще большую значимость. В дальнейшем это надо учесть, а пока я призываю голосовать «за».

Председатель

Спасибо, Олег Сергеевич. Так, Валентин Игоревич.

Ковбасюк В.И.

Я могу выступить?

Председатель

Пару минут, да.

Ковбасюк В.И.

Я не слишком ознакомился работой по тексту диссертации. Но я внимательно читал публикации. Она, как специалист, заслуживает самых высоких похвал. Работа сделана хорошо. Но давайте теперь посмотрим, как ее истолковывает эта работа. Грамотные исследования, но в этом исследовании дается рекомендация применения, например, к осадкам сточных вод. Здесь для меня вопрос понятный, но я вот не знаю, понятно ли Ольге Михайловне. Количество газа, которое можно получить при внешнем нагреве реактора и при наличии неизрасходованного углерода зависит от того, сколько мы при этом подадим воды, произойдет ли полная конверсия. Но это все будет идти с потреблением тепла от внешнего источника. Понимаете, располагая внешним источником, можно получить самые чудесные цифры, показатели, если оценивать по калорийности и, если не считать теплового баланса: сколько мы затратили тепла и сколько получили полезного эффекта. Вот Синельщикову я передавал уже работу, которая была опубликована в Промышленной энергетике, посвященная пиролизу. Там правильно

обращают внимание, что при пиролизе остается очень много неиспользованного углерода. Если мы сегодня обратимся к этой работе и увидим, что достаточно ввести туда воду и мы получим еще избыточное количество синтез-газа. Моли синтез-газа будут, поймите. Если мы тратим тепло не известно откуда взятое, то можно получить самые шикарные цифры. Кстати сказать, а состав, я следил за этим, еще раньше у Синельщикова это было отмечено. У них хорошо налажен, между прочим, анализ. Оказалось, что то, что дает «Ивтан-Термо», чисто расчетные методы, совпадает с экспериментами блестяще по температуре, по составу. Чего еще желать? Из этих выкладок одновременно можно сделать вывод, что нетрудно посчитать, а сколько тепла на это уйдет. Ну, вот я имел несчастье посчитать. Не только я имел несчастье посчитать. Вот работа в Промышленной энергетике, они тоже посчитали. Они решили, что у них вот по балансу остаточного углерода хватит для кормежки этого реактора. Но они не обратили внимание еще на один буквально момент. Это на Q-T диаграмму. Важно не просто подвести тепло, какое-то, балансовое, а ведь мы должны подводить тепло в этом случае. Если реактор на 1000°C, то мы должны подводить тепло при 1000°C и ничуть не меньше. Потому что никакими фокусами мы не собьем требования к подводу тепла в области высоких температур. И вот здесь получается так, что сжигание угля при температуре 1500°C едва-едва покрывает тепловой баланс по Q-T диаграмме, чтобы можно было подвести тепло к этому реактору. Я уже не говорю о том, сколько надо тепла подвести. К сожалению, здесь баланс такой, на каждую единицу тепловой энергии синтез-газа приходится затрачивать внешнего тепла на уровне 35 % этого тепла. Но это тепло надо подводить при 1000°C. Это сумасшедшая задача. А если это невозможно обеспечить, потому что сжигать напрямую мы будем при 1500°C, то это тепло надо подвести через корпус пиролизера. Это технически совершенно невыполнимая задача. Для нормальной производительности пиролизера это абсолютно невыполнимая задача. Я с этой проблемой познакомился года 2,5 тому назад и пытался понять, как можно практиковать работу. И выяснил, что никак, потому что никакие формулы теплопередачи не позволяют осуществить вот такой подвод тепла извне. Поэтому я думаю, что проведенный анализ в этой работе, если поглядеть его внимательно, открыто, непредвзято, мы же знаем тот же «Ивтан-Термо», мы знаем состав, сколько чего, сколько тепла спрятано в каждой единице, в каждом компоненте. Мы можем убедиться, что пиролиз вообще говоря, совершенно не пригоден для получения синтез-газа. А, следовательно, он не пригоден для уничтожения тех объектов, которые здесь обсуждали. Потом что осадок сточных вод – характерное вещество, у которого собственного тепла едва-едва хватает, чтобы его сжечь в печи кипящего слоя после предварительной сушки.

Председатель

Ваше отношение к работе какое?

Ковбасюк В.И.

А вот я с этого начал. И могу снова повторить. Вот все эти замечания связаны не с диссертацией, просто наш общий дух, наш настрой в этом институте, по-моему, порочный. Вот тепловой баланс почему-то никому не приходит в голову. Об этом приходится уже шуметь.

Попель О.С.

Ну, вы на институт не обобщайте.

Ковбасюк В.И.

Итак, работа очень хорошая, сделана технически хорошо. Я считаю, что можно присудить степень, но обратив внимание, что надо снять все претензии на, например, осадок сточных вод, пиролизер для птичьего помета. Вы наплачетесь, если попробуете что-то сделать.

Исьёмин Р.Л.

Мы уже сделали. И приглашаем вас посмотреть, как это работает.

Ковбасюк В.И.

Я с удовольствием посмотрю. Посмотрю, как вы провалитесь в этом эксперименте.

Председатель

Большое спасибо. Слово Вячеславу Михайловичу Батенину.

Батенин В.М.

Я хочу остановиться на выступлении Валентина Игоревича. Первое, что он пытался доказать, что пиролизом заниматься в принципе не надо. Я с этим согласиться не могу. Во всем мире пиролизом занимаются, во всем мире тратят внешнее тепло на это и пользуются пиролизом для достижения конкретных целей. А не для того, чтобы свести тепловой баланс. Это первое, о чем надо говорить. Второе, о чем надо говорить. Мы забываем, что основная задача, которая стояла перед диссертантом – это уничтожить отходы. И если на это надо потратить деньги, а сегодня так ставится задача, то это надо делать. И никто не говорит, что это процесс должен быть самоокупаемым. Не будет он самоокупаемым. Но если мы в этом процессе дополнительно получаем какие-то полезные продукты, то этим надо заниматься. Вот мне кажется, что этому посвящена работа. Я считаю, что работа выполнена прекрасно, и Ольга Михайловна заслуживает звание кандидата технических наук.

Председатель

Большое спасибо, Вячеслав Михайлович. Если мы берем и пользуемся розеткой, условно говоря, потребляем электрическую энергию. Мы знаем, с каким КПД эта электрическая энергия попала в розетку. И если в цепочке преобразований у нас цель – получить электроэнергию, то этот путь выглядит тяжелым. Если получать тепло, то тоже тяжело. Поэтому поддерживаю полностью Вячеслава Михайловича, когда он в первый раз сказал, что задача – это много отходов, задача актуальна. Однозначно нужно поддерживать работу. Так, Виктор Михайлович, коротко.

Масленников В.М.

Дело все в том, что когда вы какую-то работу выполняете, надо представить себе все время какую-то промышленную установку, прорисовать ее хотя бы эскизно и сравнить это с теми технологиями, которые сегодня используются, а потом уже детально исследовать те процессы, которые вы закладываете. Я должен сказать, что сейчас было замечание насчет пиролиза через стенку. Пиролиз проводить можно и с циркулирующим теплоносителем в виде шариков или кокса. То есть все имеет техническое решение. Или мы начинаем гнаться за соотношением водорода и оксида углерода, чтобы синтез-газ был.

Для нагрева я буду использовать метан или электроэнергию – более ценный продукт, а когда после однопроводной схемы у меня остается газ, так и сжигаю его, так сказать для использования. Кроме того, когда баланс какой-то подводите, сушку тоже надо учитывать. Но тем не менее я должен сказать, что конечно, защищалась она хорошо, и по квалификации своей она вполне соответствует присуждению ей степени кандидата технических наук.

Председатель

Спасибо, Виктор Михайлович. Ольга Михайловна, вам предоставляется заключительное слово.

Ларина О.М.

Я очень рада, что этот день наконец-то наступил в моей жизни. А во-вторых, я конечно, хотела бы поблагодарить Диссертационный совет, поблагодарить Виктора Михайловича – моего научного руководителя за то, что указал нужное направление деятельности. Хочу поблагодарить своих коллег со стенда – инженеров, в особенности Суслова Владимира Александровича, поблагодарить своих коллег моего возраста, которые здесь уже отстояли, которым предстоит еще здесь отстоять, за то, что не бросили хрупкую девушку в борьбе с отходами жизнедеятельности. Конечно, хотела бы поблагодарить Владимира Александровича Синельщикова, Леонид Бенциановича. Еще хотела бы поблагодарить своего руководителя из МГТУ им. Н.Э. Баумана, его, к сожалению, сейчас уже нету в живых, но тем не менее, я думаю, что про него нужно обязательно вспомнить – Куфтова Александра Федоровича. Он эту тему привнес в мою дипломную работу, он ее принес в Ивтан. Все началось с него и за это ему огромное спасибо. И еще огромное спасибо Ольге Васильевне и Иосифу Израилевичу. Они мне очень сильно помогли. Спасибо.

Председатель

Спасибо, Ольга Михайловна. Для осуществления процедуры тайного голосования нам нужно избрать счетную комиссию, которую предлагаю в следующем составе: Олег Сергеевич Попель, Георгий Анатольевич Кобзев и Владимир Сергеевич Воробьев. Кто за состав счетной комиссии? Единогласно. Спасибо. Предлагаю членам совета получить бюллетени и проголосовать, нам еще утверждать протокол и проект заключения. Просьба не расходиться. *(Проводится процедура тайного голосования)*

Председатель

Владимир Сергеевич, вам слово.

Воробьев В.С.

Уважаемые коллеги, разрешите огласить результаты голосования. Состав Диссертационного совета утвержден в количестве 25 человек, присутствовало на заседании 17 членов совета, в том числе докторов наук по рассматриваемому профилю – 8. Роздано бюллетеней – 17, осталось не розданных – 8, в урне оказалось 17 бюллетеней. Результаты голосования:

за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

Спасибо, Владимир Сергеевич. Надо утвердить результаты. Кто за? Кто против? Кто воздержался? Единогласно. Ольга Михайловна, поздравляем вас. Пожалуйста, обсуждение проекта заключения. *(Члены диссертационного совета обсуждают проект заключения).*

Ученый секретарь

Еще есть какие-то замечания? Нету.

Батенин В.М.

Кто за то, чтобы утвердить заключение? Есть ли против или воздержавшиеся? Нет. Утверждаем. *(Проект заключения принят единогласно).* Вот теперь еще раз, Ольга Михайловна, мы с огромным удовольствием поздравляем вас.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.110.03 СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

о присуждении **Лариной Ольге Михайловне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация **«Экспериментальные исследования особенностей пиролизической переработки органических отходов жизнедеятельности в синтез-газ»** в виде рукописи, по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы, принята к защите 11.10.2017 г. (протокол № 6) Диссертационным советом Д 002.110.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2), утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 75/нк от 15.02.13 г.

Соискатель **Ларина Ольга Михайловна**, 1989 года рождения, в 2013 году окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

В 2017 году окончила очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Работает научным сотрудником в лаборатории 2.1.3.1 – распределенной генерации, отдела № 2.1.3 – распределенных энергетических систем, отделения № 2.1 – энергетики и энерготехнологий Научно-исследовательского центра физико-технических проблем энергетики (НИЦ-2) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории 2.1.3.1 НИЦ-2 ОИВТ РАН.

Научный руководитель – доктор технических наук, старший научный сотрудник **Зайченко Виктор Михайлович**, заведующий отделом 2.1.3 НИЦ-2 ОИВТ РАН.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, старший научный сотрудник **Рябов Георгий Александрович**, заведующий лабораторией специальных котлов Открытого акционерного общества «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-

исследовательский институт» (ОАО «ВТИ») (115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 14) дал положительный отзыв на диссертацию.

кандидат технических наук **Исьёмин Рафаил Львович**, ведущий научный сотрудник Управления фундаментальных и прикладных исследований Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ТГТУ) (392000, Тамбов, ул. Советская, д. 106) дал положительный отзыв на диссертацию.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный технический университет» (170026, г. Тверь, наб. Афанасия Никитина, д. 22) в своем положительном заключении, принятом на заседании кафедры биотехнологии и химии (протокол № 4 от 20.11.2017 г.), составленном заведующим кафедрой биотехнологии и химии, д.х.н., профессором Сульман Э.М. (утверждено ректором ФГБОУ ВО ТвГТУ д.ф.-м.н., профессором Твардовским А.В.), указала, что диссертация выполнена на актуальную тему, результаты, полученные лично диссертантом, способствуют развитию и совершенствованию эффективных методов термической обработки биогенных отходов и могут быть рекомендованы для использования в научно-исследовательских и конструкторских организациях: ОАО «ВТИ», АО «Мосводоканал», ООО «НПФ «Бифар» и др.

Соискатель имеет 15 опубликованных по теме диссертации работ, из которых 1 статья – в журнале из перечня ВАК и 4 статьи – в журналах, входящих в реферативную базу данных Scopus. Основные работы:

1. Kosov V.F., **Umnova O.M.** (Larina O.M.), Zaichenko V.M. The pyrolysis process of sewage sludge // Journal of Physics: Conference Series. – 2015. – Vol. 653. – 012032.
2. Kosov V.F., Lavrenov V.A., **Larina O.M.**, Zaichenko V.M. Use of two-stage pyrolysis for bio-waste recycling // Chemical Engineering Transactions. – 2016. – Vol. 50. – P. 151-156.
3. Лавренов В.А., **Ларина О.М.**, Синельщиков В.А., Сычев Г.А. Двухстадийная пиролизическая конверсия различных видов биомассы в синтез-газ // ТВТ. – 2016. – Т. 54. – № 6. – С. 950–956.
4. **Larina O.M.**, Sinelshchikov V.A., Sytchev G.A. Comparison of Thermal Conversion Methods of Different Biomass Types into Gaseous Fuel // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – Vol. 774. – 012137.
5. **Larina O.M.**, Zaichenko V.M. Energy Production from Chicken Manure by Pyrolysis and Torrefaction // Proceedings of the 25th European Biomass Conference and Exhibition EUBCE-2017. – 2017. – P. 1205–1209.

На диссертацию и автореферат **поступили отзывы:**

К.т.н. **Потапов О.П.**, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии использования твердых топлив **Акционерного общества «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского»** (119991, г. Москва, Ленинский проспект, д. 19) – отзыв положительный, с замечаниями:

Одновременно с крекингом летучих продуктов пиролиза ОСВ на древесном угле происходит его активация вследствие взаимодействия углерода с водяным паром, образовавшимся из влаги ОСВ и пирогенетической воды. В результате этой реакции должна уменьшиться масса углерода в древесном угле и увеличиться его удельная поверхность. Этот процесс преобразования древесного угля не был учтен в диссертации. Значение высшей теплоты сгорания измерялось с помощью калориметра сжигания БКС-2Х. Зная высшую теплоту сгорания, влажность и содержания водорода, можно было бы рассчитать низшую теплоту сгорания ОСВ и ПМ. Однако в диссертации низшая теплота сгорания рассчитывалась по менее точной формуле Менделеева.

Д.т.н., профессор **Ефимов Н.Н.**, профессор кафедры «Тепловые электрические станции и теплотехника» **Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный**

политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, д. 132) – отзыв положительный, с замечаниями:

В автореферате не представлена схема установки получения синтетических моторных топлив. Возможно, это схема устройства Фишера-Тропша. Однако даже названия такой установки в автореферате нет.

В работе нет данных о повторяемости, погрешности и достоверности результатов исследований, в то время как на рис. 7 показано значительное расхождение экспериментальных и расчётных данных.

На стр. 6 (последняя строка) представлено понятие керамики как Al_2O_3 , которая используется в качестве материала-наполнителя реактора крекинга. С этим трудно согласиться.

К.т.н. Чернявский А.А., главный специалист по экономике и возобновляемым источникам энергии **Филиала «ЭНЕРГО-ЮГ» Общества с ограниченной ответственностью «Ростовтеплоэлектропроект»** (344002, г. Ростов-на-Дону, пр. Буденовский, д. 2) – отзыв положительный, с замечаниями:

При описании методики проведения экспериментальных исследований сказано, что велись отборы проб газа для хроматографического анализа в процессе нагрева перерабатываемого сырья. В автореферате такие данные отсутствуют, а вопрос зависимости состава газа от температуры нагрева сырья не обсуждается.

В автореферате сказано, что использовавшийся в данной работе метод двухстадийной пиролитической переработки ранее применялся для конверсии биомассы растительного происхождения в газообразное топливо. В то же время, применительно к ОСВ, автор ограничился рассмотрением вопроса об использовании получаемого синтез-газа только для производства компонентов жидких моторных топлив.

К.т.н. Кузьмин А.М., доцент кафедры «Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» **Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»** (190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1) – отзыв положительный, с замечаниями:

Масса или объем материала, используемого в качестве наполнителя реактора крекинга, по-видимому, оказывают существенное влияние на степень конверсии летучих продуктов пиролиза. В то же время из автореферата не понятно, исходя из каких соображений выбиралась масса древесного угля и керамики, использовавшихся в эксперименте.

Из автореферата не понятна роль холодильника в схеме лабораторного стенда, использовавшегося для исследования процесса пиролиза (рис. 1), поскольку он дублирует расположенный выше конденсатор.

К.т.н. Беляева С.Д., директор по научной работе **Общества с ограниченной ответственностью Научно-производственной фирмы «БИФАР»** (125371, г. Москва, Волоколамское ш., д. 87, стр. 1) – отзыв положительный, с замечаниями:

Желательно было в автореферате отразить все стадии последовательных превращений, в результате которых из исходного сырья (ОСВ) получается конечный продукт (бензиновая фракция), с указанием массового выхода продуктов переработки, получаемых на промежуточных стадиях.

Целесообразно в автореферате провести сравнительный анализ указанного метода с традиционным методом сбраживания, указать экономический эффект исследованного метода переработки осадков сточных вод и куриного помета и проанализировать перспективность применения конечных продуктов пиролиза.

К.т.н. Бурцев С.А., доцент кафедры «Газотурбинные и нетрадиционные энергоустановки» **Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»** (105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1) – отзыв положительный, с замечаниями:

В тексте автореферата отсутствует оценка неопределенности измерений, хотя большинство исследуемых (определяемых) параметров приводится с точностью в четыре значащие цифры.

В «Материальном балансе... пиролиза с крекингом на керамике» (рис. 6) присутствует пиролизная жидкость, однако из автореферата не ясно, как определялась ее масса и элементный состав.

На стр. 5 автореферата сказано, что в данной работе исследована возможность применения метода «пиролиза... и гетерогенного крекинга...» для переработки осадка сточных вод и пометной массы, однако в дальнейшем для осадков сточных вод проведено подробное исследование, а по пометной массе представлены только данные по крекингу летучих продуктов пиролиза на древесном угле.

К.т.н. Готовцев П.М., заместитель руководителя отдела Биотехнологий и Биоэнергетики **Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»** (123182, г. Москва, пл. академика Курчатова, д. 1) – отзыв положительный, с замечаниями:

Из автореферата не ясно, почему при исследовании возможности получения компонентов жидких моторных топлив использовалась модельная смесь синтез-газа, а не газ, полученный на экспериментальном стенде методом двухстадийной пиролизической конверсии.

В автореферате не указано, каким образом определялось интегральное содержание серы, осевшей на наполнителе реактора крекинга (древесный уголь и керамика).

К.т.н. Дербасова Н.М., доцент кафедры «Радиоэкологии и экологической безопасности» Института ядерной энергии и промышленности **Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Севастопольский государственный университет»** (299053, г. Севастополь, ул. Университетская, д. 33) – отзыв положительный, без замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что:

Рябов Георгий Александрович является крупным специалистом в области термохимических способов переработки биомассы. В настоящее время основные исследования Г.А. Рябова связаны с изучением процесса сжигания различных видов биомассы (в том числе отходов жизнедеятельности) в топках с псевдоожиженным слоем, с расчетами уноса золы и потерь тепла с механическим недожогом в слое при сжигании биомассы, с исследованием гидродинамики циркуляционных контуров в реакторах с циркулирующим псевдоожиженным слоем, с разработкой технологии сжигания твёрдых топлив, позволяющей наносить меньший вред окружающей среде.

Основные публикации Рябова Г.А., связанные с тематикой диссертационной работы Лариной О.М.:

1. Литун Д.С., Рябов Г.А. Расчет уноса золы и потерь тепла с механическим недожогом в слое при сжигании биомассы в топках с псевдоожиженным слоем // Известия РАН. – 2015. – № 5. – С. 90-102.
2. Ryabov G.A., Folomeev O.M., Sanki D.A., Melnikov D.A. Results of Theoretical and Experimental Studies of Hydrodynamics of Circulation Loops in Circulating Fluidized Bed Reactors and Systems with Interconnected Reactors // Thermal Engineering. – 2015. – № 62 (2). – P. 110-116.
3. Tumanovskii A.G., Chugaeva A.N., Bragina O.N., Ryabov G.A., Volodin A.M. Prospects for Implementing Best Available Technologies for Environmental Protection at Thermal Power Plants // Power Technology and Engineering. – 2017. – № 5. –P. 1-5.

Исьёмин Рафаил Львович является ведущим специалистом в области процессов сжигания и пиролизической переработки сельскохозяйственных отходов и отходов жизнедеятельности. Основные направления исследований Исьёмина Р.Л. в настоящее время – усовершенствование процесса горения органических отходов с низкой температурой плавления золы в псевдоожиженном слое, а также применение метода низкотемпературного пиролиза для переработки сельскохозяйственных отходов.

Основные публикации Исьёмина Р.Л., связанные с тематикой диссертационной работы Лариной О.М.:

1. 4. Is'emin R.L., Kuz'min S.N., Konyakhin V.V. Development and testing of a reactor model for low-temperature pyrolysis of biomass // Chemical and Petroleum Engineering. – 2013. – Vol. 49. – № 7. – P. 440-442.
2. Isemin R., Klimov D., Mikhalev A., Milovanov O., Muratova N., Zaichenko V. Fluidized bed straw pellets combustion with minimal emissions of carbon monoxide // Chemical Engineering Transactions. – 2016. – Vol. 53. – P. 13-18.
3. Isemin R., Mikhalev A., Klimov D., Grammelis P., Margaritis N., Kourkoumpas D.-S. Torrefaction and combustion of pellets made of a mixture of coal sludge and straw // Fuel. – 2017. – Vol. 210. – № 15. P. 859-865.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный технический университет» – является одним из широко известных институтов России в области процессов каталитического пиролиза различных категорий биомассы. Также в последние годы в ФГБОУ ВО ТвГТУ проводятся исследования процесса синтеза Фишера-Тропша в различных условиях.

Основные публикации сотрудников ФГБОУ ВО ТвГТУ, близкие к тематике диссертации:

1. Kosivtsov Y.Y., Chalov K.V., Lugovoy Y.V., Sulman E.M., Stepacheva A.A., Molchanov V.P. Catalytic pyrolysis of volatile tars contained in gaseous products of fast pyrolysis of agricultural waste // Chemical Engineering Transactions. – 2016. – Vol. 52. – P. 607-612.
2. Kosivtsov Y., Sulman E., Lugovoy Y., Kosivtsova A., Stepacheva A. Experimental investigation of the biomass catalytic pyrolysis process to produce the combustible gases with the high calorific value // Bulletin of Chemical Reaction Engineering and Catalysis. – 2015. – Vol. 10. – № 3. – P. 324-331.
3. Маркова М.Е., Степачёва А.А., Гавриленко А.В., Сульман М.Г., Сульман Э.М. Синтез Фишера-Тропша в присутствии катализаторов, синтезированных в субкритических условиях // Научно-технический вестник Поволжья. – 2017. – № 4. – С. 26-28.

Диссертационный совет отмечает, что в результате выполненных соискателем исследований:

экспериментально доказана возможность полной конверсии органической составляющей ОСВ и ПМ в синтез-газ с содержанием монооксида углерода и водорода более 95 об.%;

получена газовая смесь с отношением объемных долей водорода и монооксида углерода, соответствующим требованию к синтез-газу для производства компонентов жидких моторных топлив;

показано, что при соответствующем подборе режимных параметров процесса пиролизической переработки ОСВ и выборе материала наполнителя реактора крекинга в синтез-газе не содержатся примеси тяжелых металлов и существенно снижается концентрация серы, а твердый остаток от пиролиза меньший по массе и объему и представляет значительно меньшую экологическую опасность, чем исходное сырье;

предложен и обоснован метод энергетической утилизации органических отходов жизнедеятельности, позволяющий существенно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

экспериментально показана возможность утилизации ОСВ и производства компонентов жидких моторных топлив из осадка сточных вод без получения промежуточной пиролизной жидкой фракции.

Полученные результаты могут быть рекомендованы для использования в научно-исследовательских и конструкторских организациях, занимающихся разработкой, совершенствованием и внедрением методов утилизации отходов жизнедеятельности в частности: ОАО «ВТИ», АО «Мосводоканал», ООО «НПФ «Бифар» и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты получены на сертифицированном оборудовании;
идея диссертационной работы **базируется** на анализе научно-технической литературы в предметной области исследования, обобщении передового опыта работы других научных групп, лабораторий и технологических компаний и является шагом вперед в решении проблемы утилизации вредных продуктов жизнедеятельности;

использованы современные методы и приборы для исследования теплофизических характеристик отходов жизнедеятельности;

установлено удовлетворительное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

Личный вклад соискателя состоит в его непосредственном участии в выборе темы исследования, постановке задачи; с участием автора разработаны основные узлы лабораторного стенда для исследования процесса пиролиза сырья с крекингом летучих продуктов. Автором лично получены исходные данные, проведены все научные эксперименты. Обработка и интерпретация экспериментальных данных выполнена также при его непосредственном участии. Апробация результатов исследования проводилась на 15 научных конференциях, в которых автор принимал личное участие. Основные публикации по выполненной работе подготовлены лично Лариной О.М.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную для энергетики тему, и соответствует критериям пункта 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании от 18.12.2017 г. Диссертационный совет принял решение присудить Лариной О.М. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 8 докторов наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы и 9 докторов наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 17, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета Д 002.110.03

чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.03

д.т.н.



Вараксин А.Ию.

Директор Л.Б.