

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ
ПОЖАРНОЙ, ПРОМЫШЛЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ

БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ

Сборник статей

Выпуск 14



Ижевск
2021

УДК 351.86(063)

ББК 68.9я43

Б 40

Рекомендовано к изданию
редакционно-издательским советом УдГУ

Научный редактор: д.т.н., проф. В. М. Колодкин

Председатель организационного комитета:

Президент международной ассоциации специалистов пожарной,
промышленной и экологической безопасности, доктор технических
наук, профессор А. Б. Сивенков

Б 40 **Безопасность в техносфере:** сборник статей / науч.
ред. В. М. Колодкин. – Ижевск: Издательский центр
«Удмуртский университет», 2021. – 106 с.

ISBN 978-5-4312-0910-9

Данный сборник, в основном, соответствует материалам, представленным на XIV Международной конференции «Безопасность в техносфере». Главная тема конференции – Цифровая трансформация систем обеспечения безопасности.

Рассмотрены вопросы интеграции цифровых систем, таких как системы пожарно-охранной сигнализации, системы контроля и управления доступом, системы охранного телевидения и т.д.

Выделен раздел по технологии распределенного реестра. Интерес к этой технологии обусловлен поиском области применения технологии распределенного реестра к проблемам обеспечения безопасности.

В статьях раскрываются принципы организации цифровых систем, вопросы создания математического, алгоритмического и программного обеспечения. Содержание статей дает системное представление о современных проблемах безопасности в техносфере, в том числе, – пожарной безопасности, и способах их решения.

ISBN 978-5-4312-0910-9 УДК 351.86(063)
ББК 68.9я43

© Международная ассоциация специалистов
пожарной, промышленной и экологической
безопасности, 2021

© ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный
университет», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

<i>А.Б. Сивенков</i>	
О создании международной ассоциации специалистов пожарной, промышленной и экологической безопасности	5
I Цифровая трансформация систем обеспечения безопасности	12
<i>В.М. Колоджин, С.М. Копелев</i>	
Направления модернизации технических средств системы обеспечения безопасности общественных зданий . .	13
<i>А.О. Степанов</i>	
Покрытие сложного площадного маршрута беспилотным воздушным судном	17
<i>А.Н. Александрович</i>	
Концептуальное использование технологий промышленного Интернета Вещей для оценки рисков на предприятиях	23
<i>Б.В. Чирков, Д.Н. Чернов</i>	
Создание цифровой модели здания в Inkscape	32
<i>А.Д. Шажиров</i>	
Система сбора данных с аналоговых узлов через линию питания постоянного тока	37
II Техносферная безопасность	46
<i>С.М. Копелев</i>	
Применение домофонных систем для оповещения и информирования населения	47
<i>В.М. Колоджин, А.В. Радикова</i>	
Оценка последствий террористического акта на объекте топливно-энергетического комплекса	57
<i>Д.М. Варламова, М.Э. Галиуллин</i>	
Веб-приложение по расчету категорий помещений по пожарной опасности	65
<i>А.В. Михайлова, Б.В. Чирков</i>	
Разработка комплекса программ для автоматизации работы с CFAST	69
<i>О.А. Мокроусова, А.Ю. Моисеенко</i>	
Требования пожарной безопасности при проектировании и строительстве высотных зданий	75
<i>Д.Т. Хынг, А.Я. Васин, А.Н. Шушпанов, Г.Г. Гаджиев</i>	
Термическое разложение теризидона	80

УДК 544.032.4

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ТЕРИЗИДОНА

Д.Т. Хынг, А.Я. Васин, А.Н. Шушпанов, Г.Г. Гаджиев

Российский Химико-Технологический Университет им.

Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия

e-mail: *shushpanov@muctr.ru*

Исследование механизма термического разложения вещества является важной задачей в ходе оценки его пожаровзрывоопасности. В настоящей статье представлена информация об изучении механизма термического разложения лекарственного препарата теризидона при помощи ИК-спектроскопии. Исследование проводилось для подтверждения выдвинутых ранее предположений о механизме термоллиза теризидона. Обнаружено, что на первом этапе термоллиза, начинающемся при 132 °С, происходит разрыв цикла [–C–O–N–], причем вероятнее всего цикл рвется по связи O–N).

Ключевые слова: ИК-спектроскопия, пожаровзрывоопасность, теризидон, термическое разложение

Введение

Теризидон – современный лекарственный препарат для лечения туберкулеза. Опасное заболевание до изобретения антибиотиков настолько распространенное и переплетенное с судьбами людей, что стало культурным феноменом, атрибутом «трагического» героя в литературе, казалось, было побеждено в XX веке. Однако в настоящее время в число устойчивых к антибиотикам штаммов микроорганизмов входит и *mycobacterium tuberculosis*, туберкулезная палочка. Существуют штаммы, не поддающиеся терапии «классическими» противотуберкулезными антибиотиками изониазидом и рифампицином – теризидон применяют именно против них. Нельзя, однако, сказать, что проблема решена полностью – существуют штаммы, вызывающие XDR-TB (extensively drug resistant tuberculosis, туберкулез с расширенной лекарственной устойчивостью) [1].

Подробно о механизмах эволюции бактерий и способах им противостоять, в том числе и с применением теризидона, см. недавний обзор [2].

Человечество вынуждено синтезировать все новые и новые антибиотики, тогда как бактерии вырабатывают все больший и больший иммунитет к ним. Новые препараты не даются легко, цена

успеха – растущие токсичность [3] и стоимость производства [4]. Кроме того, неизбежное усложнение химической структуры лекарственных препаратов нового поколения потенциально может привести к увеличению пожаровзрывоопасности их производства – появление новых радикалов в структуре вещества напрямую влияет на пожаровзрывоопасные характеристики. Так, теризидон является производным циклосерина, и не только увеличивает его эффективность, но и потенциально наследует ряд его свойств, описанных в работе [5].

Своевременное удовлетворение спроса на прогрессивные лекарства – одна из основных задач, стоящих перед предприятиями фармацевтической промышленности. Обеспечение пожаровзрывобезопасности таких предприятий на всех этапах производства – приоритетная задача в сфере промышленной и пожарной безопасности. Для ее решения довольно важно изучать различные свойства веществ, включая изучение путей термической деструкции – на основе накопленных данных может быть предположен ряд пожаровзрывоопасных свойств индивидуального вещества, кроющихся в его строении.

Образец

Теризидон, или (согласно ИЮПАК) 4,4'-{1,4-Фениленбис[(Е)-метиллилиден-(Е)-азанилилиден]}бис(1,2-оксазолидин-3-он) – мелкодисперсный (диаметр частиц фракции < 100 нм) кристаллический белый порошок, содержание влаги в котором не более 2 %. Молярная масса составляет 302 г/моль, эмпирическая формула $C_{14}H_{14}N_4O_4$, структурная формула приведена на рисунке 1.

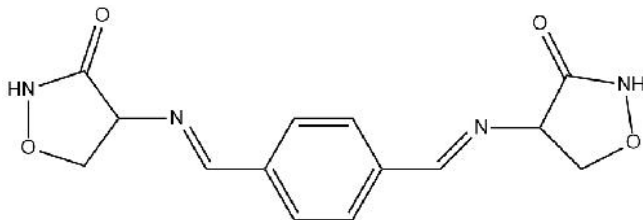


Рисунок 1 – Структурная формула теризидона

Образец был синтезирован и предоставлен для исследований ФГУП «ГНЦ «НИОПИК».

Экспериментальная часть

Показатели пожаровзрывоопасности теризидона были ранее опубликованы в работе [6], в которой установлено, что данное вещество является горючим, а его пылевоздушная смесь взрывоопасна. Термический анализ теризидона описан в работе [7] – на кривой ДТА дериватограммы был обнаружен интенсивный экзотермический эффект, начинающийся при 132 °С и достигающий максимума при 160 °С.

Для продолжения исследований авторы задействуют ИК-спектроскопический анализ на ИК-Фурье-спектрометре Nicolet 380 FT-IR. Метод ИК-спектроскопии ранее успешно использовался в работе [6] для подтверждения химического строения теризидона.

Для изучения термического разложения теризидона было проведено сравнение химической структуры теризидона и его продуктов термоллиза методом ИК-спектроскопии. Кроме того, выполнялся анализ продуктов термоллиза при разных степенях разложения, что позволило оценить влияние температуры на химические связи в молекуле.

ИК-спектрограмма чистого (до термоллиза) образца теризидона приведена на рисунке 2.

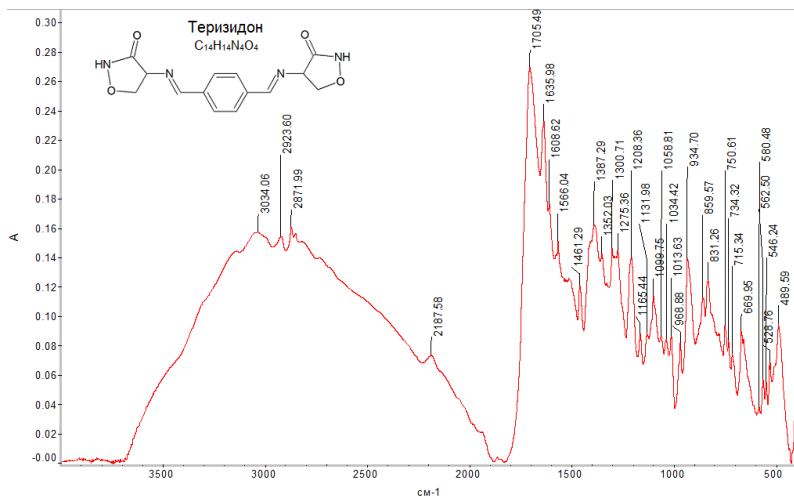


Рисунок 2 — ИК-спектрограмма чистого теризидона

В двух источниках [8, 9] показано, что циклу $[-C-O-N-]$ соответствует полоса поглощения 1461 см⁻¹.

Термолиз образцов проводили на установке ОТП, устройство и принцип действия которой описаны в ГОСТ 12.1.044-89. Условия в помещении при проведении эксперимента: температура 22 °С, относительная влажность 70 %, давление 745 мм.рт.ст. Для получения образцов разной степени разложения термообработку проводили в различных временных интервалах при температуре 120 и 125 °С. Условия пробоподготовки приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Подготовка продуктов термообработки теризидона

№ п/п	Температура испытания, °С	Время термообработки, мин	Степень распада, %
1	120	120	10,7
2	120	200	14,0
3	125	320	20,0
4	125	480	23,6

Результаты ИК-спектроскопии чистого теризидона и продуктов его термообработки приведены на рисунках 3 и 4.

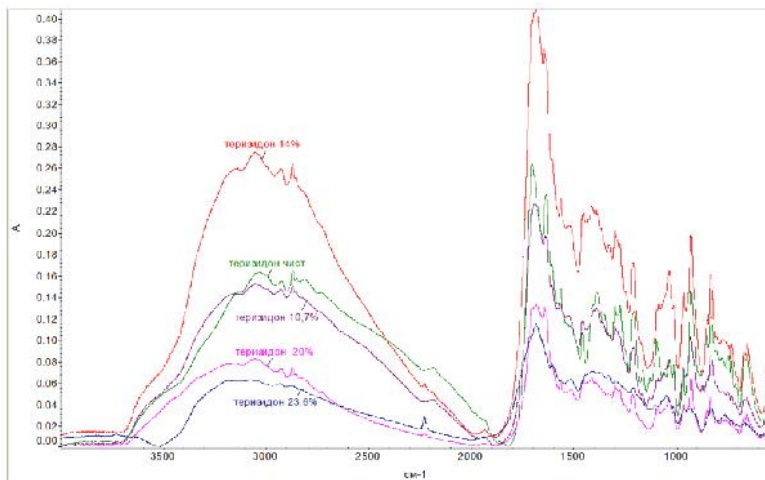


Рисунок 3 — Комбинированная ИК-спектрограмма полного спектра теризидона (степени распада: чистый; 10,7%; 14,0%; 20,0%; 23,6%)

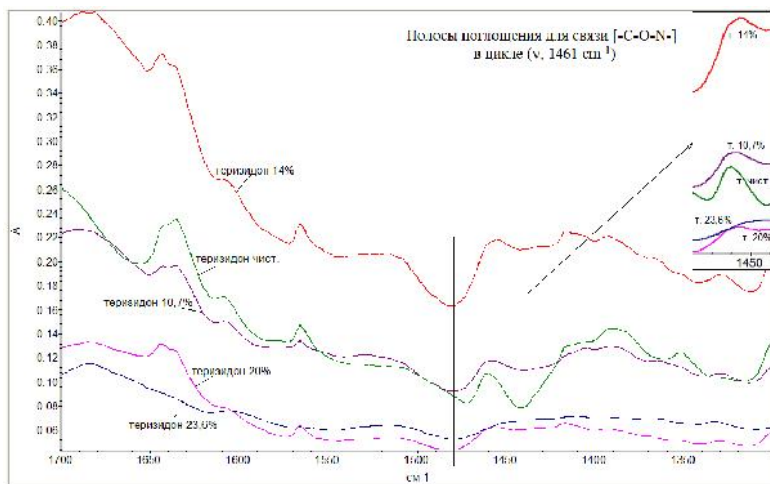


Рисунок 4 — Комбинированная ИК-спектрограмма теризидона, диапазон $1300 - 1700 \text{ см}^{-1}$ (степени распада: чистый; 10,7%; 14,0%; 20,0%; 23,6%)

Заключение

Изучение спектрограмм показало уменьшение интенсивности полосы поглощения цикла $[-C-O-N-]$ (валентные колебания, 1461 см^{-1}) с увеличением степени распада. У образца со степенью распада 20,0 % масс. пик полосы поглощения оказался значительно менее интенсивным и размытым, у образца со степенью распада 23,6 % масс. полоса поглощения 1461 см^{-1} практически отсутствует.

Полученные данные указывает на протекание первого этапа термоллиза по схеме разрыва цикла $[-C-O-N-]$, причем вероятнее всего цикл рвется по связи $O-N$.

Авторы крайне признательны Центру Коллективного Пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева за скорость в выполнении ИК-спектроскопии и подготовку сравнительных спектрограмм.

Список литературы

1. LoBue P. Extensively drug-resistant tuberculosis // *Current Opinion in Infectious Diseases*, 2009, vol. 22, № 2, p. 167-173.
2. Chauhan A. [et al.] Comprehensive review on mechanism of action, resistance and evolution of antimycobacterial drugs // *Life Sciences*, 2021, vol. 274, p. 119301.
3. Court R. [et al.] Neuropsychiatric toxicity and cycloserine concentrations during treatment for multidrug-resistant tuberculosis // *International Journal of Infectious Diseases*, 2021, vol. 105, p. 688-694.
4. Diel R. [et al.] Cost of multidrug resistant tuberculosis in Germany – An update // *International Journal of Infectious Diseases*, 2021, vol. 103, p. 102-109.
5. Хынг Д.Т. [и др.] Пожаровзрывоопасность лекарственного препарата D-циклосерина // *Успехи в химии и химической технологии*, 2019, т. 33, № 9(219), с. 72-74.
6. Хынг Д.Т. [и др.] Оценка пожаровзрывоопасных свойств лекарственного препарата теризидон // *IV Международная научно-практическая конференция молодых ученых по проблемам техносферной безопасности: материалы конференции*, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020, с. 16-20.
7. Васин А.Я. [и др.] Термический анализ лекарственного препарата теризидон // *Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов IV международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России*. Иваново, 15 октября 2020 г., Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020, с. 40-43.
8. Humeida A.E. [et al.] Analytical Profile of D-Cycloserine // *Analytical Profiles of Drug Substances*, 1990, vol. 18, p. 567-597.
9. Н.-Н. Lee [et al.] IR Study on Aqueous Solution Behavior of D-Cycloserine // *Spectroscopy Letters*, 1997, vol. 30, № 4, p. 685-700.

THERMAL DECOMPOSITION OF TERIZIDONE

D.T. Hung, A.Ya. Vasin, A.N. Shushpanov, G.G. Gadzhiev
D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 125047,
Russia, Moscow, Miusskaya pl., 9
e-mail: *shushpanov@muctr.ru*

Investigation of the mechanism of thermal decomposition of a substance is an important task in assessing its combustion properties and explosiveness. This article provides information on the study of the mechanism of thermal decomposition of the drug terizidone using IR spectroscopy. The study was carried out to confirm the previously made assumptions about the mechanism of thermolysis of terizidone. It was found that at the first stage of thermolysis, which begins at 132 °C, the cycle [-C-O-N-] breaks, and most likely the cycle breaks at the bond O-N).

Keywords: fire and explosion hazard, IR spectroscopy, terizidone, thermal decomposition.