

позволили определить направления дальнейшего совершенствования данного технического и технологического решения с целью перейти в большем промышленных технологическим линиям для получения CO₂ экстрактов.

Литература

- 1.Тетеринец, Т.А. Производственно-экономический потенциал сельского хозяйства Беларуси: анализ и механизмы управления / Т.А. Тетеринец, В.М. Синельников, Д.А. Чиж, А.И. Попов – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018.- 160 с.
- 2.Синельников, В.М. Концептуальные подходы к инновационному обновлению кластера молочного скотоводства / В.М. Синельников, А.И. Попов, Н.М. Гаджаров // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2019. – №1(71). – С.86-94.
- 3.Попов, А.И. Инвестиционная привлекательность аграрного сектора экономики Тамбовской области / А.И. Попов, А.Г. Павлов // Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК: сборник научных статей Междунар. научн. конференции. – Минск, 2018. – С.282-286.
- 4.Стасьева, О.Н. СО₂ экстракты компании караван – новый класс натуральных пищевых добавок / О.Н. Стасьева, Н.Н. Латин, Г.И. Касьянов – Краснодар: КНИИХП, 2008. – 324 с.
- 5.Скрипников, Ю.Г. Инновационные технологии сушки растительного сырья / Ю.Г. Скрипников, М.А. Митрохин, Ю.В. Родионов, А.С. Зорин, Е.П. Ларионова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2012. – № 3 (41). – С. 371-376.
- 6.Гуськов, А.А. Технологическая линия по производству экстрактов из растительного сырья / А.А. Гуськов, Ю.В. Родионов, С.А. Анохин, И.А. Елизаров, В.Н. Назаров, Д.В. Никитин // Аграрный научный журнал. –2019. – № 2. – С.82-85.
- 7.Букин, А.А. Математическая модель массопереноса при многоступенчатой экстракции из растительного сырья сжиженным диоксидом углерода / А.А. Букин, П.С. Беляев, В.Г. Однолько, Л.И. Ткач, С.А. Щербаков // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2011. – № 2-3 (320-321). – С. 69-71.

УДК 633.1:621.373

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ТЕРАГЕРЦОВОЙ
СПЕКТРОСЕОПИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Гаврилова А.А.¹, к.б.н., доцент, **Дабахова Е.В.¹**, д.с.-х.н., профессор, **Вакс В.Л.²**, к.ф.-м.н.,
Домрачева Е.Г.², к.х.н., **Черняева М.Б.²**, к.ф.-м.н., **Анфертьев В.А.²**
¹НГСХА, ²ИФМ РАН, г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Границы терагерцового диапазона определены неточно, и согласно ГОСТ 24375–80 и Международному союзу электросвязи лежат в области частот от 300 ГГц до 3 ТГц и диапазоне длин волн от 1 мм до 0,1 мм. Согласно Международной организации по стандартизации (ISO) лежат в области частот от 300 ГГц до 6 ТГц и диапазоне длин волн дальнего инфракрасного излучения [2]. Данный диапазон электромагнитных волн интересен тем, что в этом интервале лежат линии поглощения как простых, так и сложных молекул, соответствующие вращательным колебаниям молекулы, межмолекулярному взаимодействию и колебаниям молекулярных комплексов, образующихся в результате межмолекулярного взаимодействия за счет ван-дер-ваальсовых и водородных связей. При этом положение и форма линий, их интенсивность сильно зависят от конформации молекулы, от внешней среды, в которой она находится. В газах поглощение терагерцового излучения происходит на вращательных переходах внутри одной колебательной полосы. Несмотря на то, что среднее разрешение по спектру в ТГС минимум на порядок больше ширины линии поглощения в газе, метод ТГС успешно применяется для спектроскопии и идентификации различных газов в смесях. Поглощение в жидкостях терагерцового излучения обусловлено поглощением диполями, как изначально имеющимися в среде, так и наведенными полем внешнего излучения. Следова-

тельно, поглощение в полярных жидкостях больше, чем в неполярных. В литературе приводятся данные об исследовании поглощения терагерцового излучения в диапазоне от 2 см^{-1} до 50 см^{-1} в воде, метаноле, этаноле, л-пропаноле и в жидком аммиаке [1]. Для этих жидкостей показатель преломления не превышает 5 в указанном диапазоне, а поглощение изменяется от десятков до сотен обратных сантиметров. При этом наибольшим поглощением обладает вода. Экспериментальные исследования, проведенные в для диапазона частот $0,1 \dots 0,6 \text{ ТГц}$ и трех образцов древесины разных сортов, показали наличие эффекта двулучепреломления, вызванного разницей показателей преломления волокон древесины в направлениях, параллельном и перпендикулярном вектору напряженности электрического поля [3].

В настоящее время известны следующие методы терагерцовой спектроскопии: терагерцовая спектроскопия (ТГС), фурье-спектроскопия (ФС), спектроскопия комбинационного рассеяния (СКР), спектроскопия на лампах обратной волны (СЛОВ). В спектроскопии комбинационного рассеяния частоты ниже 100 см^{-1} . Спектры комбинационного рассеяния не обладают абсолютной повторяемостью. При многоканальном детектировании требуется калибровка спектра по частоте. В фурье-спектроскопии используется интерферометр Майкельсона. Рабочий диапазон – от $20\text{-}40 \text{ см}^{-1}$ до тысяч см^{-1} . В импульсной терагерцовой спектроскопии используются дипольные антенны и нелинейные кристаллы на эффекте оптического выпрямления (ОВ), которые обеспечивают когерентное широкополосное излучение в диапазоне от 3 см^{-1} до 100 см^{-1} . Длительность импульса – порядка 2 пикосекунд, спектр излучения – сплошной в диапазоне $0,1 \text{ ТГц} - 3 \text{ ТГц}$ или $3 \text{ см}^{-1} - 100 \text{ см}^{-1}$, пиковая мощность излучения – 1Вт, среднее разрешение – порядка $0,005 \text{ ТГц}$ или $0,2 \text{ см}^{-1}$. В спектроскопии на лампах обратной волны получают непрерывное излучение в диапазоне примерно от 2 см^{-1} до 50 см^{-1} , при этом для перекрытия всего этого диапазона требуется порядка 10 ламп, каждая из которых работает в своём относительно узком спектральном диапазоне с разрешением порядка 10^8 см^{-1} .

Область применения методов терагерцовой спектроскопии достаточно широка: астрофизика, исследование свойств плазмы, радиолокация, системы безопасности (обнаружение взрывчатых веществ), экологический мониторинг, медицина. Особый интерес представляет использование методов терагерцовой спектроскопии в перерабатывающей промышленности и сельскохозяйственном производстве. В частности, предлагается её применение для диагностики функциональных расстройств животных (исследование состава выдыхаемого воздуха животных), контроль качества продуктов питания, кормов и сырья. В данной работе рассматривается применение методов терагерцовой спектроскопии для выявления грибковых поражений зерна и кормов.

Целью данной работы являлось исследование возможности применения спектроскопии высокого разрешения терагерцового частотного диапазона для анализа зерновых культур при термическом разложении.

В работе был использован разработанный в ИФМ РАН спектрометр с диапазоном частот $118\text{-}178 \text{ ГГц}$ и фазовой манипуляцией воздействующего на газ излучения с источником излучения на основе лампы обратной волны. В работе исследовались семена ярового овса «Архан» и ячменя сорта «Бином».

При записи участка спектра «запах» образца зерна овса сорта «Архан» были идентифицированы линии HCOCH_2OH (с центральными частотами $144105,7996 \text{ МГц}$, $144131,6898 \text{ МГц}$, $144173,6618 \text{ МГц}$) $\text{C}_3\text{H}_5\text{CN}$ (с центральной частотой $144158,3801 \text{ МГц}$), $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ (с центральной частотой $144159,851 \text{ МГц}$).

При исследовании образцов зерна ячменя сорта «Бином» были идентифицированы линии $\text{C}_4\text{H}_9\text{CN}$ (с центральной частотой $118763,9158 \text{ МГц}$), $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ (с центральными частотами $118765,9550 \text{ МГц}$ и $118774,8780 \text{ МГц}$), 1,3-пропандиол (с центральной частотой $118774,8780 \text{ МГц}$), 1,2-пропандиол (с центральными частотами $118792,82 \text{ МГц}$ и $118792,95 \text{ МГц}$), аланин (с центральной частотой $118790,1337 \text{ МГц}$), HNO_3 (с центральными частотами $118768,08 \text{ МГц}$, $118778,3 \text{ МГц}$, $118780,57 \text{ МГц}$)

При термическом распаде D-глюкозы образуются ацетальдегид и формальдегид. Глюкоза входит в состав полисахаридов – целлюлозы, крахмала и т. д. При пиролизе целлю-

лозы – основного компонента клеточных стенок растений, в процессе хранения при само-разогревании зерна или при термообработке растений появляется гликольальдегид. Состав продуктов пиролиза целлюлозы сложен; в результате термопревращений полисахарида образуется более ста соединений.

В процессе терморазложения зерна был также обнаружен формамид. Его наличие может быть следствием поражения зерна некротрофными паразитами.

Однако, в виду того, что пока ещё не набрана достаточная база данных многих молекулярных соединений, а также в виду того, что не все соединения имеют линии поглощения, лежащие в рабочем диапазоне спектрометра идентификация состава зерна при термическом разложении весьма затруднена.

Предлагаемая методика исследования компонентного состава зерна на основе спектроскопического анализа «запахов» зерна различных злаковых культур и приборы на основе ТГц спектроскопии высокого разрешения являются перспективными для диагностики состояния семян сельскохозяйственных растений и выявления различных инфекций, включая грибковые заболевания. Использование данного метода может дать возможность раннего выявления поражений зерна на основе детектирования наборов метаболитов, характерных для конкретных грибковых заболеваний. Потенциальными потребителями представленных приборов могут быть крупные фермерские хозяйства, предприятия по производству кормов, предприятия пищевой промышленности, связанные с переработкой и хранением зерна, учреждения, осуществляющие контроль пищевых и перерабатывающих предприятий.

Работа выполнена в рамках выполнения госзадания по теме 0035-2014-0206, гранта Нижегородской области в сфере науки, технологий и техники для выполнения работы «Диагностика грибковых заболеваний зерновых культур с использованием терагерцовой спектроскопии высокого разрешения» и при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-42-520050 p_a, грант №17-00-00184 КОМФИ).

Литература

1. Иванов А.Н. Регуляторные эффекты волн терагерцового диапазона частот. / А. Н. Иванов. // Bulletin of Medical Internet Conferences. – 2012. – Volume 2. Issue 6. – С. 392-399.
2. Исаев В. М. Современные радиоэлектронные системы терагерцового диапазона. / В. М. Исаев и др. // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2014. – №4 (34). – С. 5 – 21.
3. Todoruk T.M. Origin of Birefringence in Wood at Terahertz Frequencies. / T.M. Todoruk et al. // Transactions on Terahertz Science and Technology . – 2012. – №2. – v. 1. – p. 123-130.

УДК 637.52:637.514.9

MEAT PRODUCTS FOR OBESE PEOPLE

Halenko O.A., c.t.s, PhD

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Introduction. Obesity is a excess lipopexia in an organism (for B.V.Petrovsky). For diagnostics of obesity and determination of his degree (table.1) use the index of body (IMT) weight, that is expected after a formula: BMI (kg/sq.m.) = body weight (kg) / height (m) of the grown man. In obedience to recommendations of WHO, this index does not spread to the expectant mothers, children, sportsmen and persons who are older than 65 [1].

Table №1 – A connection of body weight with a risk of deseases

Weight of body	BMI, kg/sq.m.	Risk of deseases
Optimal weight	18,5-24,9	Average
Before overweight	25,0-29,9	Increased
Overweight of 1 degree	30,0-34,9	High
Overweight of 2 degree	35,0-39,9	Very high
Overweight of 3 degree	>=40,0	Extremely high