

Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:

<https://stuservis.ru/nauchno-issledovatel'skaya-rabota/390508>

Тип работы: Научно-исследовательская работа

Предмет: Химия

Введение 3

1 Литературный обзор 5

1.1 Спектрометрия комбинационного рассеяния света 7

1.2 Резонансная спектрометрия комбинационного рассеяния света 9

1.3 Инфракрасная спектроскопия 11

1.4 Спектроскопия дифференциального поглощения 12

1.5 Лазерно-индуцированная флуоресцентная спектроскопия 14

1.6 Люминесцентный метод 15

1.7 Лидарные системы 16

2 Дистанционное зондирование углекислого газа 19

2.1 Спектральные особенности углекислого газа 19

2.2 Методы дистанционного зондирования углекислого газа 21

Заключение 25

Библиографический список 27

Введение

Исследование атмосферы имеет важную цель - выявить объективные закономерности, которые отражают физические явления, происходящие в нашей планетной атмосфере. Это исследование играет ключевую роль в понимании климатических изменений, прогнозировании погоды и изучении воздействия человеческой деятельности на окружающую среду.

Атмосфера Земли является естественным домом для человечества и всей биосферы. Поэтому поддержание стабильного состава атмосферы является необходимым условием для выживания и обеспечения качества жизни нашей планеты.

Однако, помимо этого очевидного факта, состав атмосферы оказывает влияние на радиационный баланс нашей планеты и ее поверхности. Он также влияет на климатические условия и погоду. Изучение атмосферы позволяет нам лучше понять эти процессы и их взаимосвязь с другими компонентами нашей планеты.

Важно продолжать исследования атмосферы, чтобы расширить наши знания о ней и разработать стратегии для устойчивого использования ресурсов нашей планеты. Понимание атмосферных процессов поможет нам прогнозировать изменения климата, разрабатывать меры по смягчению и адаптации к ним, а также эффективно использовать возобновляемые источники энергии.

Современные приборы и методы измерений настолько точны и чувствительны, что позволяют проводить исследования в природных условиях, а не только в научных лабораториях.

Основной научно-технической задачей является создание практически реализуемых методов и технических средств беспробоотборного дистанционного контроля состояния атмосферного воздуха, обеспечивающих решение широкого круга специальных задач, а также экологического мониторинга окружающей среды в режиме реального времени, сочетающих высокую надежность и мобильность[1].

1 Литературный обзор

Дистанционное зондирование - это метод получения информации о объекте или явлении без прямого контакта с ним. Он основан на анализе данных, собранных с помощью сенсоров, размещенных на летательных и космических аппаратах и не только.

Эти сенсоры регистрируют электромагнитное излучение в широком диапазоне электромагнитного спектра. Инфракрасный диапазон отраженного излучения является одним из наиболее распространенных диапазонов, используемых в дистанционном зондировании. Он позволяет получать информацию о свойствах поверхности объекта, таких как его температура, состав и текстура. Тепловой инфракрасный диапазон позволяет измерять тепловое излучение объектов и использовать эту информацию для определения их температуры и тепловых характеристик. Радиодиапазон электромагнитного спектра также широко используется в дистанционном зондировании. Он позволяет получать информацию о составе атмосферы, земной поверхности и других объектов.

Однако дистанционное зондирование не ограничивается только этими диапазонами. Существуют и другие методы и технологии, используемые для получения информации о различных объектах и явлениях.

Например, ультрафиолетовый диапазон может использоваться для изучения атмосферы и озонового слоя Земли, а микроволновый диапазон может быть полезен при исследовании океанов и атмосферы.

Таким образом, дистанционное зондирование является мощным инструментом для получения информации о нашей планете и других объектах в космосе. Оно позволяет нам изучать окружающую среду, открывать новые знания и применять их в различных областях науки и техники.

Идеальная схема дистанционного зондирования показана на рис. 1.

Рис.1 - Схема дистанционного зондирования

Новейшие достижения науки, техники, и технологии, которые в последние десятилетия пришли в науку о Земле, существенно повлияли на развитие дистанционного зондирования. Наибольшее влияние имеют:

- развитие космической техники и технологий, используемых для потребностей геодезии спутниковых навигационных систем;
- развитие электронно-вычислительной техники, в том числе появление мощных персональных компьютеров;
- развитие микроэлектроники и разработка новых типов сенсоров, способных фиксировать электромагнитное излучение с высокими геометрическими и радиометрическими параметрами;
- развитие лазерной и оптико-электронной техники, радиотехнических способов дистанционного изучения разнообразных объектов, в том числе земной поверхности;

Из существующих методов дистанционного анализа химического состава атмосферы в настоящее время большее применение получили следующие:

- 1) спектрометрия комбинационного рассеяния света;
- 2) резонансная спектрометрия КРС;
- 3) инфракрасная спектроскопия;
- 4) спектрометрия дифференциального поглощения;
- 5) лазерно-индуцированная флуоресцентная спектрометрия;
- 6) люминесценция.

1.1 Спектрометрия комбинационного рассеяния света

Эффект кольца, представляет собой явление, благодаря которому линии поглощения Фраунгофера оказываются глубже при прямом солнечном свете, чем при рассеянном свете неба. Первоначальные предположения о его причине включали дневное свечение воздуха и аэрозольную флуоресценцию, которые в конечном итоге были исключены в пользу молекулярно-неупругого комбинационного рассеяния.

В зарубежной литературе комбинационное рассеяние света обычно называют эффектом Рамана.

Обычно изучаются колебательные спектры комбинационного рассеяния, которые позволяют определить частоты внутримолекулярных колебаний и силы, действующие между атомами в молекулах, а также некоторые электрооптические параметры молекул. Дополнительные сведения о строении молекул могут быть получены путем исследования вращательных спектров комбинационного рассеяния. Вращательные спектры позволяют определить моменты инерции молекул и по этим величинам найти расстояния между атомами и валентные углы[2].

В противоположность колебательным спектрам, которые могут изучаться в жидкостях и со спектральными приборами умеренной дисперсии, вращательные спектры комбинационного рассеяния должны исследоваться и газах при сравнительно небольших давлениях, причем для разрешения вращательной структуры спектральные приборы должны обладать большой дисперсией и разрешающей способностью. При выполнении этих требований интенсивность спектров сильно снижается.

Спектрометрия КРС – эффективный метод изучения состава и строения вещества.

Для наблюдения спектров комбинационного рассеяния света необходимо направить пучок света на анализируемый объект (Рис.2). В настоящее время в качестве излучателя света используется лазерный луч. Рассеянный свет собирается и попадает в спектрограф, где спектр КРС регистрируется фотографическим или фотоэлектрическим методами.

Рис.2 - Схема установки для наблюдения КРС (K1, K2 - фокусирующие линзы; O - объект; Sp - входная щель спектрометра; Э - экран или специальный оптический фильтр, предотвращающий проникновение возбуждающего излучения в регистрирующую часть установки)

Преимуществами метода являются такие факты, как: метод неразрушающий, не требует подготовки пробы, позволяет анализировать твердые материалы, жидкости и газы, продолжительность анализа от секунд до нескольких минут. Средствами вращательных спектров комбинационного рассеяния можно изучать как полярные, так и неполярные молекулы. Дополнительным преимуществом является то, что возбуждающая линия точно определяет центр вращательного спектра и нумерация линий благодаря этому вполне однозначна и легко осуществима.

Недостатки метода: поскольку интенсивность линий спектра КРС значительно меньше интенсивности источника, для его реализации необходимо наличие мощного источника излучения, большого количества определяемого вещества, приемника с высокой чувствительностью.

Комбинационное рассеяние света в атмосфере Земли обусловлено преимущественно ее наиболее распространенными молекулярными компонентами N и O. После расчета оптических свойств, которые определяют спектральное и угловое перераспределение света из-за различных событий неупругого рассеяния, а именно, вращательное комбинационное рассеяние, колебательное комбинационное рассеяние и колебательно-колебательное комбинационное рассеяние, следующей задачей моделирования неупругого рассеяния в атмосфере Земли является проведение вычисления переноса излучения на нескольких длинах волн одновременно.

1.2 Резонансная спектрометрия комбинационного рассеяния света

Резонансное комбинационное рассеяние света впервые было обосновано и распространено в 50-е гг. еще до появления универсальных источников возбуждения - лазеров. «Резонанс» в этом случае означает совпадение частоты возбуждающего света с одной из частот электронного перехода молекулы [3].

В частности этот термин обозначал значительное увеличение интенсивности некоторых линий комбинационного рассеяния ароматических нитросоединений при возбуждении вблизи длинноволновой полосы поглощения. Отличительными чертами резонансного комбинационного рассеяния считаются высокие коэффициенты интенсивности, в 103—109 раз превышающие интенсивность обычного КР; избирательное усиление лишь некоторых нормальных колебаний из числа актуальных для данной электронной полосы поглощения; появление в некоторых случаях в спектре рассеяния прогрессивных интенсивных обертонов, связи интенсивности линий РКР с параметрами электронно-возбужденного состояния. Эти свойства позволили значительно расширить наши представления о взаимодействии света с веществом, получить новую информацию о строении молекул и открыли аналитические возможности, недоступные традиционному методу комбинационного рассеяния.

Преимущества метода:

- регистрация малых концентраций веществ в различных фазах;
- «сканирование» по частотам возбуждающего излучения, что позволяет выявлять спектры примесей отдельно. Это обеспечит создание анализатора высокой селективности к примесям;
- возможность регистрации спектров с меньшей плотностью возбуждающего излучения, что уменьшает риск влияния самого излучения на вещество.

Недостатки метода:

- необходимость в громоздком перестраиваемом лазере;

- увеличение продолжительности процесса идентификации веществ вследствие «сканирования» по частотам возбуждающего излучения.

1.3 Инфракрасная спектроскопия

Одним из неразрушающих аналитических методов исследования различных материалов является ИК-спектроскопия. Этот метод используется в физике твердого тела, физической химии, органической и неорганической химии, биохимии и др.

Метод ИК-спектроскопии основан на том, что при облучении вещества монохроматическим ИК-излучением возбуждаются колебательные и электронные степени свободы, вследствие этого происходит поглощение падающего излучения на частотах, соответствующих разнице энергий колебательных и электронных уровней. В спектре пропускания либо отражения облучаемого образца появляются особенности, позволяющие судить о характерных частотах колебаний молекул и их электронных свойствах. Спектральные характеристики (положения максимумов полос, их полуширина, интенсивность) зависят от масс, составляющих вещество атомов, геометрического строения, особенностей межатомных сил, распределения заряда и др[4].

Фурье-спектрометр построен по принципу интерферометра Майкельсона. В нем исследуемое излучение служит источником освещения, а одно из зеркал имеет определенную постоянную скорость движения. На выходе получается кривая, которая описывает зависимость отсчета приемника от разности хода лучей. После Фурье-анализа она имеет вид распределения интенсивности излучения по длинам волн (частотам).

Рис.3 – Оптическая схема Фурье-спектрометра (1 - источник света, 2 – фотоприемник, 3 – зеркала, СД – светоделитель, К – компенсатор, У – устройство, измеряющее разность хода, Л – линзы)

Преимущества метода: допускает исследование практически любого неорганического или органического вещества в любом агрегатном состоянии – газе, жидкости, растворах, кристаллах или аморфной фазе; высокая чувствительность; экспрессность; автоматизация измерений; простота эксплуатации.

Недостатками метода являются: невозможность регистрации слабых сигналов вследствие малого отношения сигнал/шум, что сильно затрудняет работу в далекой ИК-области; сравнительно невысокая разрешающая способность (до 0,1 см⁻¹);

1.4 Спектроскопия дифференциального поглощения

Метод дифференциального поглощения основан на явлении резонансного поглощения в пределах контура селективной линии поглощения атмосферного газа. В таком узком спектральном интервале коэффициент молекулярного резонансного поглощения в зависимости от спектральной частоты испытывает максимальные изменения, а коэффициент ослабления за счет нерезонансного рассеяния и поглощения практически не изменяется. Это позволяет при сравнении данных лазерного зондирования атмосферы на двух близких спектральных частотах, одна из которых ν_0 расположена в центре линии поглощения атмосферного газа, а вторая ν_1 – на ее крыле, выделить в чистом виде зависимость отношения данных зондирования только от резонансного поглощения по трассе зондирования.

Преимущества метода: универсальность, что позволяет обнаруживать разные виды молекул веществ в различных условиях, в том числе и при дистанционной идентификации; высокая обнаружительная способность; малое время отклика прибора; малое отношение сигнал/шум; возможность создания прибора с малыми габаритами и массой.

К недостаткам метода можно отнести дальность действия прибора, созданного на основе метода дифференциального поглощения, которая ограничивается мощностью лазера – одного из компонентов прибора.

В методе дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии доказана возможность подтверждения концентрации компонентов смешанных газов. Принцип метода дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии: луч света такой же мощности, как и $I_0(\lambda)$ превращается в $I(\lambda)$ после прохождения через газовую ячейку длиной L , заполненную обнаруженным газом. Процесс соответствует закону Бера-Ламберта(1):

$$I(\lambda) = I_0 \exp[-\sigma(\lambda)Ln] \quad (1)$$

где $I_0(\lambda)$ и $I(\lambda)$ - интенсивность падающего света и интенсивность превращенного света, σ - коэффициент поглощения, L - расстояние поглощения, n - плотность обнаруженного газа.

На основании эксперимента возможно предсказать, что может быть обнаружена концентрация смешанного газа с большим количеством компонентов на основе этого метода

1.5 Лазерно-индуцированная флуоресцентная спектроскопия

Данный метод применяется для изучения структуры молекул, детектирования образцов, обладающих селективностью. Исследуемые образцы возбуждаются с помощью лазерного источника. Длина волны возбуждающего источника выбирается таким образом, чтобы на этой самой длине волны наблюдалось наибольшее эффективное сечение. При воздействии излучения вещества переходят в возбужденное состояние, в котором находятся в минимальном промежутке времени от нескольких наносекунд до микросекунд. Длина волны излучения больше при переключении вещества из возбужденного состояния в нормальное, чем длина волны источника.

Технология данного метода опирается на получение и рассмотрение спектров флуоресценции, возникающих в исследуемом веществе при воздействии на них источником монохроматического излучения. Исследуя полученные спектры флуоресценции веществ, можно определять исследуемое вещество, так как получаемый спектр вещества связан с его молекулярной структурой. Исследуя интенсивность излучения, полученную при воздействии на вещество светом, по сравнению с известной интенсивностью излучения при разных концентрациях, можно определить концентрацию рассматриваемого вещества. Использование данного метода позволяет проводить дистанционный анализ веществ.

Преимущества метода: получаемые спектры излучения исследуемых веществ имеют хорошо выраженные линии излучения; регистрируемое излучение от объекта сдвинуто в интервал больших частот по сравнению с излучением возбуждающего источника, что позволяет минимизировать влияние возможных оптических помех.

Недостатки метода: при идентификации взрывчатых веществ круг анализируемых веществ ограничивается азотосодержащими веществами; возникают сложности на этапе распознавания, так как различия в спектрах излучения минимальны; необходимость использования перестраиваемых источников лазерного излучения ультрафиолетового диапазона[5].

1.6 Люминесцентный метод

Люминесцировать способны различные вещества. Но для получения способности вещества к люминесценции, его спектры должны носить дискретный характер, т. е. его уровни должны быть разделены зонами запрещенных энергий.

Спектры люминесценции позволяют определять состав веществ по вторичному излучению. Ключевым признаком является энергия переходов электронов между энергетическими уровнями в молекуле. При возбуждении УФ-источниками излучения из множества электронов практический интерес представляют внешние слабосвязанные электроны. При использовании рентгеновских источников активны электроны на внутренних энергетических орбиталях. В современном мире большее изучение получила фотолюминесценция - воздействие видимым светом или светом из УФ-диапазонов, вследствие чего происходит излучение света самим веществом. Фотолюминесценцию подразделяют на флуоресценцию и фосфоресценцию.

Преимущества метода: беспробоотборность; потенциально высокое достижимое отношение сигнал/шум позволяет распознавать вещества в малой концентрации.

Недостатки метода: высокие требования к источнику возбуждающего излучения (по длине волны); высокие требования к используемой УФ-оптике; возбуждающее излучение может изменить химический состав веществ, не устойчивых к УФ-излучению.

Существуют системы измерения CO₂ на основе спаренной схемы диодов как колориметрической системы детектирования. Были исследованы две различные конфигурации прибора с использованием парной диодной системы эмиттер-детектор, состоящей из двух светодиодов, один из которых используется в качестве источника света (излучателя), а другой - в режиме обратного смещения в качестве детектора света. В первой конфигурации используется зеленый светодиод в качестве излучателя и красный светодиод в качестве детектора, тогда как во втором случае в качестве излучателя и детектора

используются два одинаковых красных светодиода.

Система была охарактеризована с точки зрения чувствительности, динамического отклика, воспроизводимости, стабильности и влияния температуры. Обнаружено, что конфигурация 2 обеспечивает лучший отклик на CO₂ с точки зрения чувствительности.

1.7 Лидарные системы

Лидарные дальнометрические системы (LIDAR – Light Detection And Ranging, англ.) известны с 1953 года и активно развивались в 1960–70х годах в рамках космических программ СССР и США. Первые опыты дистанционного зондирования атмосферы с использованием лазерного источника были проведены в 1960-х годах в США

Лидарная система контроля загрязнения реализует лазерно-локационный метод — комбинационное рассеяние и дифференциальное поглощение загрязняющих веществ с использованием источника лазерного излучения и предназначена для дистанционного зондирования качества атмосферы.

Состоит из лидара кругового обзора, который устанавливается вблизи источника загрязнения на доминирующих строениях, и предназначен для непрерывного контроля выбросов на территории радиусом 7—15 км, измерения азимута и расстояния до источника загрязнения.

Лидар второго типа установленный на базе автомобиля — комбинационного рассеяния используется для многокомпонентного анализа концентрации примесей в воздухе.

Рис. 4. Оптическая схема лидара комбинационного рассеяния света: 1 — лазер, 2, 8 — фотоприемники, 3, 7 — интерференционные светофильтры, 4 — глухое зеркало, 5 — стеклянная пластина, 6 — волоконный световод, 9 — линзовый объектив, 10 — сферическое зеркало приемного телескопа.

Предложена и продемонстрирована инновационная комплексная лидарная система, развернутая на авиационно-винтокрылой платформе, для дистанционного зондирования загрязнения атмосферы[6]. Система включает в себя лидар дифференциального поглощения с интегрированным лучом и когерентно-доплеровский лидар с использованием двойного настраиваемого CO₂-лазера в диапазоне 9–11 мкм и волоконного лазера 1,55 мкм. Сочетая принципы обнаружения дифференциального поглощения и импульсного когерентного обнаружения, система обеспечивает быстрое и дистанционное зондирование атмосферного загрязнения. Обширные статические испытания подтверждают возможности системы для обнаружения веществ в режиме реального времени. Результаты испытаний демонстрируют способность системы пространственно отображать шлейфы атмосферных загрязнений и прогнозировать характер их движения и рассеивания, тем самым обеспечивая защиту общественной безопасности.

2 Дистанционное зондирование углекислого газа

2.1 Спектральные особенности углекислого газа

Трехатомные газы, каким и является углекислый газ, обладают более высокой поглощательной способностью в инфракрасной области спектра. Они поглощают и излучают энергию лишь в определенных узких участках инфракрасного спектра. В большей же части спектра эти газы являются прозрачными для излучения.

В средней инфракрасной области спектра (длина волны $\lambda=3\div 6$ мкм) лежат фундаментальные полосы поглощения многих промышленных и природных газов, в особенности углекислого газа(рис.5).

Интенсивности полос поглощения в этой спектральной области на порядок и более превосходят интенсивности полос поглощения в других областях спектра, кроме того, максимально расстояние между соседними линиями. Поэтому, оптические сенсоры, построенные по принципу измерения части излучения, поглощающейся детектируемым газом, будут более чувствительны и селективны по сравнению с сенсорами, работающими в других спектральных диапазонах.

Рис.5 – Спектры поглощения газов

Способность к поглощению определяется индивидуальными свойствами молекул газов, заполняющих атмосферу. В работе[7] опытным путем определили, что ни один из приведенных газов (водяной пар, озон, метан, N₂O) не поглощает излучение эффективнее, чем CO₂.

Использовалась линия в диапазоне 1570 нм для измерения CO₂[8]. Эта полоса вибрации-вращения CO₂ имеет соответствующий диапазон поглощения, который обеспечивает хорошую чувствительность к сигналу поверхностного эха и к изменению содержания CO₂. Этот диапазон имеет минимальные помехи от других атмосферных веществ, таких как H₂O, и имеет несколько различных линий, которые достаточно нечувствительны к изменениям в атмосфере температуры воздуха.

Для определения коэффициентов поглощения используется информационная система HITRAN. Она предназначена для обеспечения доступа к информации о параметрах спектральных линий атмосферных газов и загрязняющих веществ через интернет. Система состоит из стандартной 47 базы данных HITRAN и GEISA, которая в основном охватывает относительно хорошо изученную инфракрасную область спектра, но распространяется на более широкие спектральные диапазоны от микроволн до ультрафиолета. В банке атмосферных данных NASA имеются распределения плотности газов и их содержания в атмосферном столбе, рассчитанные на основе различных моделей.

В последнее время все больший интерес проявляется к исследованию спектров молекулярных газов, находящихся в природных и синтезированных нанопористых структурах. Недавно начавшиеся исследования молекул, находящихся в газовой фазе в объеме нанопор показали, что за счет ограничения длины свободного пробега молекул, полуширина и сдвиг спектральных линий определяются главным образом столкновениями молекул со стенками нанопор, а не между собой, как это происходит в свободном газе. Исследования спектров поглощения молекул при таких условиях имеют важное значение для разработки нового метода определения размеров нанопор и понимания процессов взаимодействия газа с поверхностью.

Измерения спектров поглощения CO₂ в нанопорах аэрогеля проводились на Фурье-спектрометре IFS 125HR в области 4900-5100 см⁻¹ со спектральным разрешением 0.008 см⁻¹[9]. Выбор данного спектрального диапазона обусловлен тем, что в него попадает относительно сильная полоса поглощения углекислого газа, а аэрогель имеет высокое пропускание. Зарегистрированный спектр поглощения CO₂ показан на рис. 6.

Рис.6 - Спектр поглощения углекислого газа, находящегося в объеме нанопор аэрогеля плотностью 0.09 г/см³ (подгонка контуров Лоренца (1) и Фойгта (2) к экспериментально зарегистрированному (3))

2.2 Методы дистанционного зондирования углекислого газа

Увеличение концентрации углекислого газа в последнее время заставляет задуматься не только людей, связанных с наукой. Так как это явление приводит к глобальному потеплению, вызывающему изменение климата. Таким образом, улавливание концентрации стало необходимым для замедления роста и снижения уровня CO₂ в атмосфере. Для мониторинга CO₂ в атмосфере в основном применяются оптические методы[10]. Наибольшее распространение имеют перестраиваемый диодный лазер с открытым трактом и инфракрасная спектроскопия с открытым путем преобразованием методом Фурье.

Другой класс анализаторов CO₂ представлен инфракрасными детекторами закрытого типа, предполагающими введение образец газа в камеру с помощью насоса или диффузии и количественное определение конкретного компонента газа с помощью пропускания света через камеру и через образец. Принципы аналогичны методам лазерной обработки открытого пути с точки зрения оптических источников и детекторов, но отличаются наличием измерительной камеры, благодаря чему могут быть портативными и уменьшаются помехи. Хотя они могут показывать более низкую чувствительность и более медленное время отклика из-за их относительно низкой стоимости, гибкости и надежности[11]. Такие детекторы в основном используются в сетях мониторинга, в том числе определяют фоновый уровень CO₂ в отдаленных районах. Существует два типа инфракрасных детекторов: недисперсионные и дисперсионный.

В недисперсионных весь свет, излучаемый источником, проходит через образец, после чего фильтруется до обнаружения.

В дисперсионной системе перед образцом используется решетка или призма для выбора определенной длины волны.

Что касается мониторинга атмосферы, недисперсионные анализаторы являются наиболее часто используемыми детекторами для полевого применения. Они могут быть легко откалиброваны с использованием соответствующих эталонных газовых смесей.

Был разработан прототип МЛГС (многоканального лазерного гетеродинного спектрорадиометра) высокого

разрешения ближнего ИК диапазона, который измеряет среднее значение концентрации углекислого газа и метана в столбе атмосферы с субпроцентной точностью[12]. Достигнут мировой рекорд по проведению атмосферных измерений с высоким спектральным разрешением 0,0013 см⁻¹ в ближнем ИК диапазоне. Продемонстрирована возможность восстановления вертикальных профилей концентрации парниковых газов до высоты 50 км из спектров пропускания атмосферы высокого разрешения с вертикальным разрешением 3-5 км. Внедрение многоканальной структуры гетеродинного приемника позволило сократить время накопления сигнала до единиц секунд, демонстрируя при этом существенное значение отношения сигнал/шум. Результаты, полученные в рамках данного цикла работ, открывают ранее недоступную возможность использования метода гетеродинной регистрации оптического излучения в ближнем ИК-спектре для орбитальных исследований состава, структуры и динамики атмосфер планет земной группы в режиме солнечных затмений.

Одним из актуальных направлений исследования сенсоров для улавливания углекислого газа из атмосферы являются оксиды металлов. Их низкая стоимость, высокая чувствительность, малое время отклика, короткое время восстановления и другие преимущества привлекли большое внимание в области обнаружения газов. Предложен RFID-датчик углекислого газа на основе нанокompозитного слоя ZnO/CuO, способный быстро реагировать. Наноматериалы ZnO, полученные гидротермальным методом, представляют собой стержневые материалы с высокой удельной поверхностью, а CuO имеет форму лепестка. Гетеропереход, образованный ими, увеличивает места адсорбции газа, снижает энергию активации при реакции с диоксидом углерода, а также очень чувствителен к диоксиду углерода при комнатной температуре. Этот RFID-датчик углекислого газа обладает хорошей температурной адаптируемостью, обратимостью, повторяемостью, низкой стоимостью и другими характеристиками[13]. В работе [14] продемонстрировали недорогой и эффективный хемистрический датчик CO₂ на основе композита функционализированных углеродных нанотрубок с полиэтиленгликолем. Полученный датчик демонстрирует превосходную селективность и чувствительность, способную реагировать на концентрацию CO₂ в широком диапазоне 300–5000 ppm. Также было дополнительно изучено влияние влажности окружающей среды на работу датчика. Что еще более важно, был предложен рабочий механизм, и авторы надеются, что он сможет дать понимание и новый путь для будущего проектирования датчиков для обнаружения углекислого газа в атмосфере.

Заключение

Для достоверного научно-технического обоснования перспективности различных методов дистанционного обнаружения и идентификации широкого перечня веществ предлагается отражать требования к селективности (минимально оптимальный перечень веществ); чувствительности; быстродействию; надежности и достоверности обнаружения и идентификации; портативности и энергопотреблению; системе сигнализации и передачи измерительной аппаратуры на внешнюю аппаратуру сбора и передачи информации; стоимости и т. п.

Для анализа твердых веществ и жидкостей применяется метод комбинационного рассеяния света. В случае, когда перечень детектируемых веществ ограничен парами различных токсичных соединений, наиболее перспективными представляются методы ИК-спектроскопии. Для задач детектирования простых газов наиболее эффективны методы лазерной спектроскопии (например, метод лазерно-индуцированной флуоресцентной спектроскопии). Лидарные системы, реализующие метод дифференциального поглощения, могут быть использованы при детектировании токсичных аэрозолей.

Следует отметить, что во всем мире ведутся исследования по расширению возможностей практического применения различных методов дистанционного анализа химического состава атмосферы, в том числе с учетом достоинств и/или недостатков альтернативных методов.

В частности, проблема высокоточного и долгосрочного мониторинга концентрации парниковых газов в атмосфере является особо актуальной. Выбросы этих газов оказывают комплексное воздействие на атмосферу во всем диапазоне её высот, приводя не только к усилению парникового эффекта, но и к образованию химических соединений, оказывающих дополнительное негативное воздействие на атмосферу. В частности, эта проблема достаточно остро стоит в России, так как значительная часть территории страны приходится на арктическую зону. Арктика – регион, подверженный наиболее быстрому потеплению в последние десятилетия. Считается, что потепление в арктических широтах приводит к существенным дополнительным выбросам метана.

Таким образом, разработка высокоточных методов дистанционного измерения парниковых газов для оценки их источников и стоков в глобальном масштабе, в совокупности с методами измерения процессов переноса воздушной массы, является необходимой мерой для эффективного контроля качества окружающей среды.

Библиографический список

1. Морозов А.Н., Светличный С.И. Основы Фурье-спектрометрии, Москва, Наука, 2006.
2. Сущинский М.М. Применение вращательных спектров комбинационного рассеяния для определения структурных параметров молекул. Успехи физических наук, 1958, т. 65, вып. 3.
3. Иванова Т.М. Резонансное комбинационное рассеяние света в исследованиях структуры и функции флавинов и флавобелков. Успехи химии, 1987, т. 56, вып. 2.
4. Новгородская А.В. Обзор методов бесконтактного дистанционного обнаружения и идентификации опасных веществ. Инженерный журнал: наука и инновации, 2013, вып. 8.
5. Скворцов Л.А. Лазерные методы обнаружения следов взрывчатых веществ на поверхностях удаленных объектов. Квантовая электроника, 2012, т. 42, № 1, 11 с.
6. Ze-hou Yang, Yong Chen, Chun-li Chen, Yong-ke Zhang, Ji-hui Dong, Tao Peng, Xiao-feng Li, Ding-fu Zhou. Remote sensing of air pollution incorporating integrated-path differential-absorption and coherent-Doppler lidar. Defence Technology, 2023.
7. А.Е. Галашев, О.Р. Рахманова. Изучение поглощательной способности молекул основных парниковых газов. Энергетика и экология, 2013, № 02/2 (120), с.123-129.
8. Abshire, J. B., Riris, H., Allan, G. R., Weaver, C. J., Mao, J., Sun, X., Biraud, S. Pulsed airborne lidar measurements of atmospheric CO₂ column absorption. Tellus B: Chemical and Physical Meteorology, 62(5), 2010. p.770-783.
9. Т. М. Петрова, Ю. Н. Пономарев, А. А. Солодов. Параметры спектральных линий CO₂, находящегося в объеме нанопор аэрогеля. Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы. Томск, 2016. с.А75-А78.
10. Rolle, F., Sega, M. Carbon dioxide determination in atmosphere by non dispersive infrared spectroscopy: A possible approach towards the comparability with seawater CO₂ measurement results. Measurement, 2018, 128, p. 479-484.
11. W.D. Komhyr, T.B. Harris, L.S. Waterman, J.F.S. Chin, K.W. Thoning, Atmospheric carbon dioxide at Mauna Loa Observatory: 1. NOAA GMCC measurements with a non-dispersive infrared analyzer, J. Geophys. Res., 1989, pp. 8533-8547.
12. S.G.Zenevich, I.S.Gazizov, D.V.Churbanov. Portable multichannel heterodyne spectroradiometer for simultaneous atmospheric CO₂ and CH₄ precision column measurement in the near infrared range. 26th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics, Atmospheric Physics: Proc. SPIE 11560. 2020. p.1156047.
13. Fengjuan Miao, Hao Wu, Bairui Tao, Yu Zang. A passive-chipless LC carbon dioxide sensor with non-contact ZnO/CuO nanocomposites at room temperature. Vacuum, 2023, Vol. 215, p.112261.
14. Tianyi Liu, Rebekah Baggett, Kening Lang, Daniel J. Padilla, Rishi J. Patel, Jacob Berry. Functionalized carbon nanotubes enabled flexible and scalable CO₂ sensors. Carbon Trends, Vol. 12, 2023, p.100291,

Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:

<https://stuservis.ru/nauchno-issledovatel'skaya-rabota/390508>