

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Академія інженерних наук України
Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України
Ужгородський національний університет
Грузинський технічний університет
Люблінський технічний університет
Карпатський державний центр інформаційних засобів і технологій НАН України
Українське відділення SPIE – Міжнародне товариство оптичної техніки



Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

Заснований у 2001 році
Виходить 2 рази на рік

№2 (14), 2007

Передплатний індекс 91673

Зареєстрований Державним комітетом інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України. Свідоцтво про реєстрацію – КВ № 4975 від 23.03.2001 р.

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради ВНТУ, протокол № 6 від 29 листопада 2007р.

Міжнародний науково-технічний журнал "Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології" є науковим виданням, публікації в якому визнаються при захисті дисертаційних робіт з технічних наук (постанова Президії ВАК України №1-05/6 від 12 червня 2002 року)

© Вінницький національний технічний університет, оформлення, верстка, 2007

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:
Україна, 21021, м. Вінниця,
вул. Хмельницьке шосе, 95.

Тел.: +380 (432) 59-81-25; 59-80-19
Факс: +380 (432) 46-57-72
<http://www.vstu.vinnica.ua/~oeipt/>
E-mail: oeipt@vstu.vinnica.ua

**МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ
ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР:

З.П. Вінницький національний технічний університет, Україна

ЗАСТУПНИКИ ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА:

Гетра З.Ю. Національний університет "Львівська політехніка", Україна

Натрошвілі О.Г. Грузинський технічний університет, Тбілісі, Грузія

Осадчук В.С. Вінницький національний технічний університет, Україна

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

- Алієв Алекпер Алі Ага огли
Бакинський державний університет, Азербайджан
- Бобницький Я.В.
Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна
- Бунь Р.А.
Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна
- Вінюк Т.К.
Міжнародний науково-навчальний центр ЮНЕСКО
інформаційних технологій та систем, Київ, Україна
- Войцік В.
Люблінський Технічний Університет, Люблін, Польща
- Грабко В.В.
Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна
- Гришук В.В.
Державний науково-дослідний інститут
інформаційної інфраструктури, Львів, Україна
- Джаліашвілі З.
Санкт-Петербурзький університет точної механіки і
оптики, Санкт-Петербург, Росія
- Дубовой В.М.
Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна
- Жерардо Іоване
Університет Салерно, Італія
- Захос Е.
Національний технічний університет, Афіни, Греція
- Канторіно Майк
Науково-дослідна лабораторія Naval Air Systems Command, США
- Коваленко В.С.
НДІ лазерної техніки та технологій
Національний технічний університет України "КПІ",
Київ, Україна
- Коробов А.М.
Президент корпорації „Лазер і здоров'я”, Харків Україна
- Кузьмін І.В.
Вінницький національний технічний університет, Вінниця,
Україна
- Кульчин Ю.М.
Далекосхідний державний технічний університет,
Владивосток, Росія
- Кутасв Ю.Ф.
НВО "Астрофізика", Москва, Росія
- Лежнюк П.Д.
Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна
- Лепіх Я.І.
Одеський національний університет ім. Мечникова, Одеса, Україна
- Макац В.Г.
Вінницька філія Українського НДІ медицини транспорту МОЗ
України, Вінниця, Україна
- Мокін Б.І.
Вінницький національний технічний університет, Вінниця,
Україна
- Мороз В.М.
Вінницький національний медичний університет ім. М.І.
Пирогова, Вінниця, Україна
- Муравський Л.І.
Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України,
Львів, Україна
- Николайчук Я.М.
Карпатський державний центр інформаційних
засобів і технологій НАНУ, Івано-Франківськ, Україна
- Олексенко П.Ф.
Інститут фізики напівпровідників НАНУ, Київ, Україна
- Осінський В.І.
Державне підприємство Науково-дослідний інститут
Мікроприладів, Київ, Україна
- Петрук В.Г.
Вінницький національний технічний університет, Вінниця,
Україна
- Перейра Хосе Мігель
Політехнічний інститут Сетубалу, Сетубал, Португалія
- Рассохін І.Г.
НПЦ ОЕП «ОПТЕЛ», Москва, Росія
- Ротштейн О.П.
Ієрусалимський політехнічний інститут – Machon Lev,
Єрусалим, Ізраїль
- Русин Б.П.
Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України,
Львів, Україна
- Салдан Й.Р.
Вінницький національний медичний університет
ім. М.І.Пирогова, Вінниця, Україна
- Саченко А.О.
Тернопільська академія народного господарства, Тернопіль,
Україна
- Свечніков С.В.
Інститут фізики напівпровідників НАНУ, Київ, Україна
- Сидоров О.С.
Міжнародна Академія інформатизації при ООН, Москва,
Росія
- Студеняк І.П.
Ужгородський національний університет
- Тимчик Г.С.
Національний технічний університет України "КПІ",
Київ, Україна
- Тимченко Л.І.
Київський університет економіки і технологій транспорту,
Київ, Україна
- Ціделко В.Д.
Національний технічний університет України "КПІ",
Київ, Україна
- Шевчук В.І.
Український державний науково-дослідний інститут
медико-соціальних проблем інвалідності, Вінниця, Україна
- Юхимчук С.В.
Вінницький національний технічний університет, Вінниця,
Україна

ВІДПОВІДАЛЬНІ СЕКРЕТАРІ:

- Лисенко Г.Л. Вінницький національний технічний університет, Україна
- Павлов С.В. Вінницький національний технічний університет, Україна
- Месюра В.І. Вінницький національний технічний університет, Україна
- Костюкевич С.О. Інститут фізики напівпровідників НАНУ, Київ, Україна

ТЕХНІЧНІ СЕКРЕТАРІ:

- Кожем'яко А.В., Кобзаренко Р.Л.
Яровий А.А.

РЕДАКТОРИ-КОРЕКТОРИ:

- Правдівляний М.Г., Веремієнко С.Я.

УДК 543.422.3-74

В.Г. ПЕТРУК, В.А. ІЩЕНКО

АНАЛІЗ СПЕКТРІВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ ГАЗІВ

*Вінницький національний технічний університет
95, Хмельницьке шосе, м.Вінниця, 21021, Україна*

Анотація. Проаналізовано інфрачервоні спектри поглинання основних атмосферних газів та газоподібних продуктів горіння природного газу в побутових умовах. Визначено характеристичні довжини хвиль цих газів, на яких найдоцільніше проводити вимірювання і які не співпадають із інтенсивними смугами поглинання інших газів, присутніх у повітрі житлових приміщень.

Аннотация. Проанализированы инфракрасные спектры поглощения основных атмосферных газов и газообразных продуктов горения природного газа в бытовых условиях. Определены характеристические длины волн этих газов, на которых целесообразно проводить измерения и которые не совпадают и интенсивными полосами поглощения других газов, которые присутствуют в воздухе жилых помещений.

Abstract. The infrared spectra of absorption of main atmospheric gases and products of natural gas burning are analyzed. The characteristic wavelengths for these gases are defined. These wavelengths don't coincide with intensive absorption lines of other gases which present in dwellings' air.

ВСТУП

У зв'язку із всезростаючим забрудненням навколишнього середовища та збільшенням різноманітності джерел забруднення постійно виникає необхідність вдосконалювати існуючі засоби для вимірювання і контролю концентрації забруднюючих речовин.

Однією з важливих проблем, пов'язаних із забрудненням довкілля і погіршенням здоров'я людини, є забруднення шкідливими газоподібними речовинами під час використання газових приладів у побуті (особливо газових плит). Найпоширенішими та найбільш шкідливими продуктами горіння природного газу в побутових умовах у житлових приміщеннях є бензен, бенз(а)пірен, формальдегід, моно- та діоксид Нітрогену, монооксид Карбону, оксиди (IV, VI) Сульфуру [1].

Проведений аналіз літературних та інтернет-джерел показав, що існуючі засоби вимірювання концентрації газів у повітрі у більшості випадків є або недостатньо чутливими, або занадто дорогими, або не дозволяють вимірювати концентрацію вищезгаданих речовин. Тому розробляється система для вимірювання концентрацій забруднювальних газів в повітрі житлових приміщень на основі сферичного оптичного перетворювача, яка функціонує на базі методу інфрачервоної спектроскопії.

Метою даної роботи є дослідження спектрів поглинання забрудників повітря, а також спектрів атмосферних газів, які активно поглинають випромінювання у інфрачервоній ділянці. Таке дослідження необхідне для визначення характеристичних довжин хвиль, на яких доцільно проводити визначення концентрації того чи іншого забрудника таким чином, щоб інші гази (як атмосферні, так і інші забрудники) не заважали цьому визначенню.

Дослідженням спектрів поглинання різних газів займалися багато вчених, серед них – Г. Шиманський, В. Зуєв, К. Шефер, В. Ельзассер, Л. Криксунов та інші. Видано багато атласів спектрів поглинання газів та інших подібних матеріалів [2, 3]. Однак специфічність проблеми забруднення повітря продуктами горіння природного газу потребує додаткового аналізу спектрів, оскільки питанням виділення довжин хвиль, на яких можливе вимірювання інтенсивності поглинання саме продуктів горіння природного газу в побутових умовах (більшість інтенсивних смуг поглинання цих газів співпадають) ніхто не займався.

ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРІВ ПОГЛИНАННЯ ОСНОВНИХ АТМОСФЕРНИХ ГАЗІВ

Розглянемо, на яких довжинах хвиль у ближньому і середньому інфрачервоному діапазонах спостерігається інтенсивне поглинання випромінювання основними атмосферними газами (вода, метан, вуглекислий газ, озон, оксид азоту (I)). Ці гази завжди присутні у повітрі і на першому етапі задача

полягає у визначенні смуг їх поглинання для отримання “вікон прозорості”.

Пари води найбільше поглинають на хвилях 8,8 мкм, 6,27 мкм, 2,74 мкм, 2,66 мкм. Крім того, виділяють також діапазон 2-4,3 мкм [2]. Важливо врахувати також максимуми поглинання озону O₃, оксиду азоту (I) N₂O, метану CH₄ та ін. Дані по максимумам поглинання основних атмосферних газів для зручності зібрані із використанням [2, 4] у табл. 1.

Таблиця 1.

Смуги поглинання основних атмосферних газів			
Газ	Сильні смуги, мкм	Середні смуги, мкм	Слабкі смуги, мкм
Пари води	2,66; 2,73; 6,27; 8,8	2-4,3	
CO ₂	2,688; 2,765; 4,267; 14,98; (9,13-11,67)	2,7; 7,44; 13,9	4,82; 5,18; 9,425; 10,41
O ₃	5,75; 9,58; 9,7	3,94 (3,45-4,35), 9; 14,08	3,28; 3,57; 4,75 (4,6-5,0), (8,2-10,5)
N ₂ O	4,5; 7,78	2,87; 3,87; 4,06; 4,39; 7,69	2,97; 3,57; 5,36; 8,57
CH ₄	3,31		2,15; 5,8; 6,45; 7,54; 7,66

Для вибору “вікон прозорості” скористаємося рисунками 1 та 2 [5].



Рис. 1. Смуги поглинання випромінювання основними компонентами атмосфери: 1 – пари води, 2 – вуглекислий газ, 3 – озон, 4 – сумарна картина

На рис. 1 заштрихованими ділянками позначені смуги поглинання випромінювання парами води, вуглекислим газом і озonom, а чисті поля графіків відповідають вікнам пропускання в області від 1 до 15 мкм. Смуги поглинання якогось атмосферного газу можуть частково заповнити вікна пропускання іншого газу. Сумарна крива спектрального пропускання атмосфери показана на нижньому графіку.

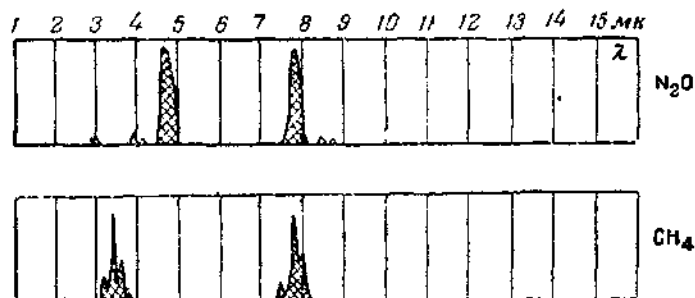


Рис. 2. Смуги поглинання другорядними газами атмосфери

У [2] пропонують найбільш зручні для вимірювань інтервали у середньому інфрачервоному діапазоні: 3-4 мкм, 4,5-5,5 мкм, 8-12 мкм. Однак, як видно із рисунків, ці діапазони не зовсім підходять. А практично весь атмосферний озон знаходиться в одному шарі на висоті приблизно 25 км і його вплив на інфрачервоне випромінювання нижче цієї висоти можна не враховувати. Тому коректнішими є інтервали 3,5-4,2 мкм, 8-9,4 мкм, 10-12 мкм. Проте, у випадку використання лазерного джерела випромінювання, можна також використовувати "мікровікна" прозорості у всій середній ділянці інфрачервоного спектру, оскільки в при цьому забезпечується дуже точна настройка довжини хвилі випромінювання джерела.

ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРІВ ПОГЛИНАННЯ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ ГАЗІВ

Далі розглянемо максимуми поглинання для газів, концентрацію яких планується вимірювати.

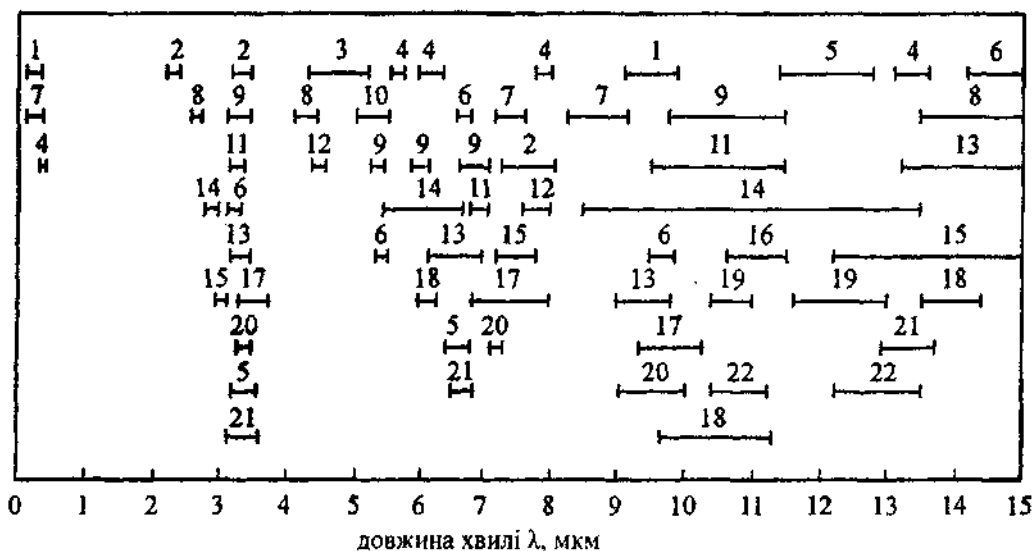


Рис. 3. Смуги поглинання деяких газів у спектральному діапазоні 0,25...15 мкм [5]:

- 1 – O₃; 2 – CH₄; 3 – CO; 4 – NO₂; 5 – C₂H₆; 6 – C₆H₆; 7 – SO₂; 8 – CO₂; 9 – C₃H₆; 10 – NO; 11 – C₂H₄; 12 – N₂O; 13 – C₇H₈; 14 – NH₃; 15 – C₂H₂; 16 – C₄H₆; 17 – CH₃OH; 18 – C₂H₃Cl; 19 – C₂HCl₃; 20 – C₂H₅OH; 21 – C₃H₈; 22 – C₂Cl₄

Використовуючи рис. 3 та дані, наведені у [3-5], визначаємо найбільш інтенсивні смуги поглинання для газів, що вивчаються (табл. 2).

Таблиця 2.

Смуги поглинання досліджуваних газів

Газ	Сильні смуги, мкм	Середні смуги, мкм	Слабкі смуги, мкм
CO	4,67; 4,74		2,35
NO	5,24 (5,21-5,68)		
NO ₂	6,17; 7,58; 6,24	4,51; 16,98	2,55; 2,78; 2,90; 3,09; 3,44; 3,75; 3,85; 4,05; 6,34; 7,28; 10,00
SO ₂	7,35; 8,69; 8,91	8,77	3,18; 3,90; 4,00; 4,34; 5,35; 5,68; 7,49
бензен	3,23; 6,73; 9,64; 14,90	5,09; 5,53	3,25; 3,50; 4,37; 5,25; 6,18; 7,26; 8,07; 8,75; 10,40
формальдегід	3,48; 3,62; 5,74; 6,65; 7,81; 8,57	3,36	4,81
бенз(а)пірен		4,9; 9,1	

Як видно із вищеведеного, у багатьох випадках характеристичні лінії поглинання досліджуваних газів перекриваються або знаходяться досить близько біля ліній поглинання парів води.

Тому для забезпечення точних вимірювань необхідно обладнати розроблювану систему спеціальним поглиначем парів води (наприклад, CaF_2), а також високоточним джерелом випромінювання із якомога вужчою шириною спектру випромінювання.

Грунтуючись на вищенаведених даних, вибираємо довжини хвиль, вільних від поглинання основними атмосферними газами, на яких будемо проводити вимірювання концентрації конкретних забруднювачів:

1. CO – 4,74 мкм;
2. NO – 5,24 мкм;
3. NO_2 – 6,24 мкм;
4. SO_2 – 8,77 мкм;
5. бензен – 9,64 мкм;
6. формальдегід – 3,62 мкм;
7. бенз(а)пірен – 4,9 мкм.

ВИСНОВКИ

У роботі проаналізовано спектри поглинання продуктів горіння природного газу у побутових умовах та основних атмосферних газів, які можуть заважати вимірюванню концентрації забрудників. При цьому скориговано так звані “вікна прозорості”. В результаті отримано характеристичні довжини хвиль, на яких найкраще проводити вимірювання і які не співпадають із інтенсивними смугами поглинання інших газів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Быков Г. А., Мхитарян Н. М. Экология микроклимата газифицированных помещений// Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2001, № 2. – С. 42-47.
2. Зуев В. Е., Кабанов М. В. Перенос оптических сигналов в земной атмосфере (в условиях помех). – М.: Советское радио, 1977. – 368 с.
3. Infrared band handbook. Suppl. 3 and 4. Ed. by H. A. Szymanski. – New York, Plenumpress Data div., 1966. – 261 p.
4. Справочник по инфракрасной технике: В 4 т. (т. 1. Физика инфракрасного излучения. Пер. с англ./ У. Волф, Б. Герман и др.). – М.: Мир, 1995. – 606 с.
5. Хэкфорд Г. Инфракрасное излучение. Пер. с англ. – М.-Л.: Энергия, 1964. – 336 с.
6. Куклев Ю. И. Физическая экология: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 2003. – 357 с.

Надійшла до редакції 23.11.2007 р.

ПЕТРУК В.Г. – д.т.н., професор, завідувач кафедри хімії та екологічної безпеки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.

ІЩЕНКО В. А. – аспірант кафедри хімії та екологічної безпеки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.