

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

В статье проанализировано соответствие между реально происходящими физико-химическими процессами и понятием парникового эффекта. Рассматривается поглощение солнечного излучения газами, имеющимися в атмосфере Земли. Показано, что, несмотря на поглощение излучения с поверхности Земли в средней и длинноволновой ИК-областях, существует сильное поглощение обертонов и составных частот паров воды в полосе излучения Солнца (видимая и ближняя ИК спектральные области), т. е. полосы пропускания «стекла парника». Таким образом, атмосфера Земли в реальности не осуществляет функции парника, а значит термины «парниковый эффект» и «парниковые газы» теряют свой первоначальный смысл и остаются символическими.

СПЕКТР ПОГЛОЩЕНИЯ, ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ, ПАРНИКОВЫЙ ГАЗ, ОБЕРТОН ПАРОВ ВОДЫ.

В последнее время довольно часто говорят о парниковом эффекте, хотя он уже давно известен (см., например, работу [1]). Кратко суть явления такова. Если исходить из формулы Планка для теплового излучения и считать температуру Солнца равной 6000 К, то спектральная полоса солнечного излучения, проходящего через атмосферу Земли и ее нагревающего, лежит в видимой и ближней инфракрасной (ИК) областях. Волновые числа этой полосы находятся в интервале примерно $3000 - 25000 \text{ см}^{-1}$ (атмосфера — это прозрачное стекло парника). Излучение же нагретой земной поверхности при комнатной температуре (290 К), лежащее в средней и длинноволновой ИК областях (примерно $200 - 2000 \text{ см}^{-1}$), атмосферой не пропускается, тепло задерживается. Это приводит к повышению температуры в «парнике» по сравнению с открытым грунтом.

Рассмотрим это явление более подробно. Как известно, основными компонентами земной атмосферы являются азот N_2 и кислород O_2 (соответственно 78 и 21 % по

объему) [2]. По классификации точечных групп симметрии эти двухатомные молекулы относятся к группе симметрии $D_{\infty h}$, т. е. имеют центр симметрии. При операции отражения в этом центре (называется инверсией) симметрия равновесной конфигурации молекулы сохраняется, и поэтому они не имеют дипольного момента. Последний не возникает при колебаниях и вращении этих молекул, а, следовательно, для них характерно отсутствие инфракрасного поглощения и испускания.

Таким образом, основными поглощающими веществами в земной атмосфере являются пары воды и углекислый газ (соответственно по степени значимости). По данным работы [3], изменение относительной влажности в атмосфере Земли лежит в пределах 6 – 85 %. Например, для Санкт-Петербурга среднегодовая относительная влажность достигает 80 % [4] при 67 % летом. Что касается углекислого газа, то его процентное содержание (по объему) составляет лишь 0,03 % [2]. В течение года его изменение незначительно. Например,

Таблица 1

**Тип симметрии и активные колебания молекул
в ИК поглощении и испускании**

Молекула	Тип симметрии	Колебание	
		Основной тон	Частота, см^{-1}
H_2O	A_1	ν_1, ν_2	3657, 1595
	B_2	ν_3	3756
CO_2	A_u	ν_3	2350
	E_u	ν_2	667

за весь 2013 год это изменение составило лишь 0,0004 % (данные Национального управления океанических и атмосферных исследований США). Однако, несмотря на такое низкое содержание в атмосфере, необходимо учитывать ее значительную оптическую толщину (слой тропосферы составляет около 10 км), и, следовательно, углекислый газ нельзя исключать из рассмотрения.

Молекулы воды и углекислого газа относятся к точечным группам симметрии C_{2v} и $D_{\infty h}$ соответственно. В табл. 1 этим молекулам приведены в соответствие частоты (в волновых числах) активных колебаний и их тип симметрии в ИК поглощении и испускании. В отличие от молекулы воды молекула углекислого газа имеет центр симметрии. При симметричных колебаниях (ν_1) относительно него, дипольный момент не меняется, и поэтому ИК спектры поглощения и испускания отсутствуют. При асимметричных (ν_3) и дважды вырожденных деформационных (ν_2) колебаниях, имеющих соответственно симметрию A_u и E_u , дипольный момент возникает и обуславливает эти спектры. Напомним, что буквы A и E означают соответственно невырожденное и дважды вырожденное колебания, а буква u – изменение знака у смещения атомов из положения равновесия (в рассматриваемом колебании) при инверсии.

Для молекулы воды буквы A и B , а также цифры 1 и 2 означают соответственно симметрию (сохранение знака: A и 1) и асимметрию (изменение знака: B и 2) у смещения атомов из положения равно-

весия (в рассматриваемом колебании) относительно оси симметрии 2-го порядка (т. е. при повороте на 180°) и при отражении в плоскости, перпендикулярной плоскости молекулы и проходящей через эту ось симметрии. Для молекулы воды ИК спектр поглощения хорошо изучен [5]. Наряду с основными частотами (тонами) ν_1 , ν_2 и ν_3 (см. табл. 1) наблюдается ряд обертонов и составных частот не только в ИК, но и в видимой области (табл. 2). Из табл. 2 видно, например, что переходу от полосы первого обертона симметричного деформационного колебания (0, 2, 0) к полосе составной частоты (2, 0, 3) соответствует изменение частоты от 3152 до 17495 см^{-1} . При этом указанным полосам соответствуют сотни колебательно-вращательных линий. Например, в результате перекрывания полос валентных колебаний 3657 и 3756 см^{-1} образуется одна полоса поглощения 3500 – 4000 см^{-1} . Вследствие наличия этих колебаний, пары воды поглощают значительную долю ИК излучения Солнца (в том числе) [6]. Таким образом, рассматриваемая область, которая, казалось бы, должна быть прозрачна для солнечного излучения, т. е. служить «стеклом парника», сильно перекрывается с непрозрачной областью. Поэтому атмосфера Земли таким «стеклом» не является, а термины «парниковый эффект» и «парниковые газы» теряют свой первоначальный смысл и могут лишь традиционно обозначать проблему.

Если рассмотреть поглощение солнечного излучения без «стекла парника» в диапазоне частот излучения поверхности

Таблица 2

**Частоты колебаний молекулы воды при поглощении
(и испускании) излучения в ИК и видимой областях**

ν_1, ν_2, ν_3	Частота, см^{-1}	ν_1, ν_2, ν_3	Частота, см^{-1}
0, 0, 0	0	1, 2, 1	10329
0, 1, 0	1595	0, 2, 2	10523
0, 2, 0	3152	3, 0, 0	10600
1, 0, 0	3657	2, 0, 1	10613
0, 0, 1	3756	1, 0, 2	10868
0, 3, 0	4667	0, 0, 3	11032
1, 1, 0	5235	0, 5, 1	11248
0, 1, 1	5331	1, 3, 1	11813
0, 4, 0	6136	0, 3, 2	12012
1, 2, 0	6775	2, 1, 1	12152
0, 2, 1	6872	1, 1, 2	12408
2, 0, 0	7201	0, 1, 3	12565
1, 0, 1	7250	2, 2, 1	13653
0, 0, 2	7445	3, 0, 1	13831
1, 3, 0	8274	1, 0, 3	14319
0, 3, 1	8374	3, 1, 1	15348
2, 1, 0	8762	1, 1, 3	15832
1, 1, 1	8808	3, 2, 1	15822
0, 1, 2	9000	4, 0, 1	16899
0, 4, 1	9834	2, 0, 3	17495

Земли, а также в частотной полосе излучения Солнца, к ней примыкающей, вплоть до 3000 см^{-1} (до нашего рассмотрения проблемы это была граница, выше которой «стекло парника» пропускало излучение), то основные субстраты здесь те же: молекулы воды и углекислого газа. Именно из-за них атмосфера непрозрачна до 900 см^{-1} и в диапазоне от 1200 до 2400 см^{-1} [1]. Из других газов наибольшее влияние на прозрачность атмосферы оказывает колебательно-вращательная полоса озона O_3 на частоте 1042 см^{-1} . Меньше влияют на прозрачность молекулы метана CH_4 (1300 см^{-1}), оксонитрида N_2O ($589, 1285$ и 2224 см^{-1}) и монооксида углерода CO (2143 см^{-1}). Еще меньшее влияние (ввиду низкого содержания в атмосфере) оказывают двуокись азота, азотная кислота, аммиак, сернистый газ и фреоны.

При анализе факторов, влияющих на тепловое поглощение атмосферы, можно также учесть некоторое различие в спек-

трах у различных изотопных конфигураций углекислого газа по сравнению с основной модификацией, а также индуцированные столкновениями [7] спектры поглощения азота (около 2350 см^{-1}) и кислорода (вблизи 1600 см^{-1}). Кроме того, не стоит игнорировать естественное и доплеровское уширения спектральных линий. Однако эти эффекты на общие выводы не влияют.

Таким образом, из проведенного нами анализа факторов, влияющих на поглощение и пропускание атмосферой солнечного и земного излучений, а также приведенных доводов можно сделать следующие заключения.

1. Атмосфера Земли в видимой и ближней ИК спектральных областях, ввиду присутствия обертонов и составных частот молекул воды, которые предоставляют ей лишь небольшие окна прозрачности для излучения Солнца, не соответствует общепринятому понятию «стекло парника», и



поэтому она не выполняет такой функции.

2. Ввиду п. 1 термины «парниковый эффект» и «парниковые газы» теряют свой первоначальный смысл.

Итак, вместо «парникового эффекта» на Земле, на наш взгляд, наряду с другими идут процессы поглощения солнечного

излучения в основном водяными парами. Одновременно задерживается встречное тепловое излучение, идущее от поверхности в межпланетное пространство. И этот процесс является одним из естественных природных путей проникновения на Землю падающего излучения Солнца и его переизлучения Землей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] **Тонков М.В.** Спектроскопия парникового эффекта // Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7. № 10. С. 52–58.

[2] **Рабинович В.Я., Хазов З.Я.** Краткий химический справочник. Л.: Химия, 1978. 356 с.

[3] Геоглобус.ру. Геолого-географическое и техно-экологическое обозрение. Вода в атмосфере [www.geoglobus.ru/earth/geo2]. Дата обращения – 31.03. 2015.

[4] Климат Ленинграда. Л.: Гидрометеоиз-

дат, 1982. 254 с.

[5] **Ельяшевич М.А.** Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 896 с.

[6] **Ельяшевич М.А.** Вращательно-колебательная энергия молекул // Труды ГОИ. 1938. Т. 12. Вып. 106. С. 3–134.

[7] **Frommhold L.** Collision-induced absorption in gases. Cambridge: University Press, 1993. 410 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

ОКТАБРЬСКИЙ Валерий Павлович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры медицинской физики Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

195251, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29
vokt@yandex.ru

Oktyabrskiy V.P. A NEW OPINION OF THE GREENHOUSE EFFECT.

The article analyzes the correspondence between actually occurring physical and chemical processes and the concept of the greenhouse effect. The absorption of the solar radiation by the gases existing in the Earth atmosphere has been examined. It was demonstrated that, despite the absorption of radiation from the Earth's surface in the middle and long-wave infrared (IR) regions, there is a strong absorption of the overtones and combined frequencies of water vapor in the solar radiation (visible and near IR regions), i.e. the transmittance bandwidth of 'the glass greenhouse'. Thus, the Earth atmosphere does not really function as a greenhouse, and the terms 'greenhouse effect' and 'greenhouse gases' lost their original meaning and have remained symbolical.

ABSORPTION SPECTRUM, GREENHOUSE EFFECT, GREENHOUSE GAS, WATER VAPOR OVERTONE.

REFERENCES

[1] **M.V. Tonkov**, Spektroskopiya parnikovogo effekta [Greenhouse effect spectroscopy], Soros Educational Journal. 7 (10) (2001) 52–58.

[2] **V.Ya. Rabinovich, Z.Ya. Khazov**, Kratkiy khimicheskiy spravochnik [Chemical pocket book], Khimiya, 1978.

[3] Geologo-geograficheskoye i tekhnologicheskoye obozreniye, Water in the atmosphere [www.geoglobus.ru/earth/geo2], URL 31.03.2015.

[4] Kлимат Ленинграда [Leningrad's climate], Leningrad, Gidrometeoizdat, 1982.

[5] **M.A. Elyashevich**, Atomnaya i molekulyarnaya spektroskopiya [Atomic and molecular spectroscopy], Moscow, Editorial URSS, 2001.

[6] **M.A. Elyashevich**, Rotational-vibrational energy of the molecules, Trudy GOI. 12 (106) (1938) 3–134.

[7] **L. Frommhold**, Collision-induced absorption in gases, Cambridge, University Press, 1993.

THE AUTHORS

ОКТЯБРСКИЙ Valery P.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

29 Politekhnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russian Federation

vokt@yandex.ru