

Систематизация опубликованной научной графики, представляющей характеристики континуального поглощения водяного пара. II. Публикации 1981–2000 гг.

Н.А. Лаврентьев, О.Б. Родимова, А.З. Фазлиев*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН
634055, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1*

Поступила в редакцию 30.12.2021 г.

Представлен краткий обзор коллекции графиков GrafOnto по континуальному поглощению воды опубликованных в интервале 1981–2000 гг. Эта коллекция размещена в информационной системе W@DIS (wadis.saga.iao.ru). Большая часть ординат графиков относится к трем группам функций, описывающих зависимость коэффициента поглощения и функции пропускания от волновых чисел, зависимость коэффициента поглощения от температуры и поправочного фактора χ для лоренцевского контура, зависящего от частоты. Дано описание двух способов поиска графиков в коллекции: простой поиск по трем атрибутам публикации и атрибутивный поиск по 14 свойствам, в числе которых свойства примитивного графика, вещество, параметры функции, свойства информационного ресурса и публикации. Такой поиск необходим для нахождения пользователем искомым примитивных графиков и используется при объединении примитивных графиков в составные с учетом требований пользователя.

Ключевые слова: информационная система W@DIS, графики по континуальному поглощению воды, объединение примитивных графиков в составные графики, атрибутивный поиск графиков; W@DIS information system, water continuum absorption plot, combining primitive plots, attribute search for plots.

Введение

Известно, что значительная часть результатов в научных работах представляется в графическом виде. Поэтому задача поиска графиков в сети Интернет, а также их распознавания, сравнения и использования в исследованиях является неизбежной и необходимой. Научных графических ресурсов, относящихся к разным предметным областям, в Вебе огромное множество. Однако количество графической информации все еще не перешло в качество. Для достижения качественного представления рисунков необходимо атрибутировать графические ресурсы таким образом, чтобы соответствующие этим ресурсам цифровые графики и рисунки могли быть найдены и адекватно характеризовали опубликованные научные рисунки.

В информационной системе (ИС) W@DIS (wadis.saga.iao.ru) задача повышения качества представления графических ресурсов, в частности, решается для рисунков, относящихся к спектроскопической проблеме континуального поглощения водяного пара.

Эта проблема обсуждается в литературе с конца XIX в. В появившихся за это время публикациях содержится обширная информация о методах и результатах измерений и расчетов, требующая компьютерной систематизации.

Для решения этой задачи собрана коллекция публикаций, содержащая, на наш взгляд, основные работы по упомянутой проблеме. Имеющиеся публикации были разделены на три периода: до 1980 г., с 1981 по 2000 г. и с 2001 г. по настоящее время. В настоящей работе рассматриваются публикации и рисунки в них, наиболее характерные для проблемы континуального поглощения водяного пара, опубликованные с 1981 по 2000 г. [1–51].

Первая попытка систематизации спектральных функций была сделана в [52] при создании коллекции сечений поглощений для расчета скорости фотохимических реакций. Второй попыткой стали наши работы для слабосвязанных молекулярных комплексов [53–55], в которых рассмотрены коэффициенты поглощения комплексов, смесей комплексов и молекул для пяти атмосферных молекул.

Ранее в [56] были рассмотрены публикации, посвященные континууму водяного пара, опубликованные в 1898–1980 гг. В 59 работах, относящихся к этому периоду, было выбрано 97 рисунков. Из этих рисунков были выделены примитивные графики

* Николай Александрович Лаврентьев (lnick@iao.ru); Ольга Борисовна Родимова (rod@iao.ru); Александр Заппович Фазлиев (faz@iao.ru).

и числовые массивы, соответствующие им, импортированные в графическую систему GrafOnto [57, 58] (<http://wadis.saga.iao.ru/complexes>). Основное внимание было уделено спектральным и температурным зависимостям функций пропускания и коэффициентов поглощения. По сравнению с периодом до 1981 г. в рассматриваемом отрезке времени (1981–2000 гг.) стало меньше работ по измерениям функций пропускания, дающих, скорее, качественное представление о свойствах среды по отношению к излучению. В большинстве работ содержались данные по коэффициентам поглощения. Значительно возросло число работ, в которых исследовалась температурная зависимость коэффициентов поглощения (27 против одной в предыдущем периоде). Среди публикаций, графики из которых загружены в систему GrafOnto, помимо традиционно исследующих окно прозрачности 8–14 мкм (27 работ), в 21 работе есть данные по дальнему ИК-диапазону и в 11 работах – данные по микродиапазону.

Настоящая работа состоит из двух частей. В первой части детально описаны публикации, содержащие рисунки, представляющие функции пропускания и коэффициенты поглощения в различных спектральных диапазонах, графики температурной зависимости коэффициента поглощения H_2O и поправочного фактора для лоренцевского контура χ . Во второй описываются два вида поиска графиков и рисунков (поиск по свойствам публикации и атрибутивный поиск) в системе GrafOnto и определяются основные понятия, необходимые для понимания принципов работы созданной системы [57]; описаны атрибуты цифровых графиков, объяснены некоторые интерфейсы для работы с научной графикой, а также возможности, которые пользователь может получить при работе в GrafOnto. Основная цель второй части статьи – охарактеризовать две разные системы поиска графических ресурсов и продемонстрировать возможность создания в системе индивидуальных составных графиков пользователем.

1. Описание ресурсов коллекции научных графиков

Сведения о графиках, представленных в выбранных работах 1981–2000 гг., приведены в табл. 1–6. Разумеется, работ, посвященных непрерывному поглощению водяного пара, появилось за этот период гораздо больше. При отборе предпочтение отдавалось публикациям, наиболее характерным для проблемы непрерывного поглощения и содержащим рисунки, допускающие оцифровку.

В [55, 56] была отмечена особая роль работ Берча по лабораторному исследованию поглощения атмосферными газами, особенно в участках спектра со слабым поглощением. Их результаты продолжали публиковаться и в рассматриваемом периоде [1, 12, 16]. До сих пор практически ни одна работа по непрерывному H_2O не обходится без ссылок на эти измерения. К 1990 г. накопление результатов изме-

рений, выполненных разными методами, потребовало появления обзора, посвященного их сравнению, который был написан Грантом [32]. Большинство измерений сопровождалось расчетами, которые чаще всего представляли собой численные аппроксимации результатов измерений, отражающие по возможности их зависимости от частоты, температуры и давления. В настоящее время заслуженной известностью пользуются СКД и МТ_СКД-аппроксимации континуума водяного пара как при самоуширении, так и при уширении посторонними газами, начало которым положила работа [27], основанная на измерениях Берча. Программный код этих аппроксимаций доступен через Интернет, периодически обновляется с учетом появляющихся новых данных и широко используется в климатических моделях и спектроскопических расчетах.

Теоретические исследования природы непрерывного поглощения в основном велись в двух направлениях – поглощение далекими крыльями сильных спектральных линий и поглощение димерами воды. В это время появились глубокие работы по поглощению крыльями линий. Розенкранц [23, 59] сформулировал статистическую теорию крыла, используя формализм Фано [60]. Этот подход был далее разработан в 90-е гг. XX в. как квазистатистическая теория крыльев линий в ряде статей Ма и Типпинга [29, 30, 36, 39, 40, 43, 46, 49, 50]. В это же время развивался альтернативный вариант – асимптотическая теория крыльев линий, начатый работой [61] и получивший математическое оформление в монографии [62]. Однако в рассматриваемый период времени основное внимание авторов было посвящено непрерывному поглощению CO_2 (например, [61, 62]).

Многочисленными оказались измерения температурной зависимости поглощения в различных частотных диапазонах (табл. 5). Расчеты с лоренцевским контуром линии и с рядом других предложенных к тому времени контуров не позволяли описать наблюдаемые зависимости как в ИК-, так и в микроволновом диапазонах. В [20] был предложен контур с параметрами, относящимися к далекому крылу, причем разными для линий трех полос H_2O . Он не получил широкого распространения, однако это стало существенным шагом вперед в понимании формы крыльев линий и их связи с потенциалом межмолекулярного взаимодействия. Основными чертами контура, позволяющего описывать частотные зависимости непрерывного поглощения, были экспоненциальный спад на больших расстояниях от центра линии и превышение лоренцевского контура на сравнительно близких расстояниях от центра. В частности, такими свойствами обладал контур, предложенный в [27], послуживший основой для СКД и МТ_СКД-аппроксимаций (табл. 6). Аналогичное поведение обнаруживает контур линии в работах Ма и Типпинга (например, [36, 42]). Во многом благодаря работам Ма и Типпинга объяснение непрерывного поглощения H_2O крыльями линий оказалось преобладающим в рассматриваемый период времени.

Таблица 1

Год	Автор	Область спектра μ	Область спектра, см^{-1}	Буферный газ	Частичное давление H_2O	Полное давление	Температура, К	Единицы оси x	Единицы оси y	Ссылка
Функции пропускания в различных спектральных диапазонах										
Функция пропускания, 12–38 см^{-1} (263–833 $\mu\text{м}$)										
<i>Эксперимент, расчет</i>										
1981	Burch	286–5000	2–35 (80–1020 ГГц, 5–0,3 $\mu\text{м}$)	air	5,9 г/ м^3	1 атм		см^{-1} , ГГц, $\mu\text{м}$	дБ/ $\mu\text{м}$, transmittance	[1]
Функция пропускания, осно прозрачности, 100–1200 см^{-1} (7,7–100 $\mu\text{м}$)										
<i>Эксперимент, расчет</i>										
1987	Varanasi, Chudamani	7,72–14,28	700–1295	H_2O	79,3 торр		333	см^{-1}	transmittance	[24]
1987	Varanasi, Chudamani	7,75–10,64	940–1290	H_2O , N_2	123 торр	762 торр	339	см^{-1}	transmittance	[24]
1987	Varanasi, Chudamani	7,72–14,28	700–1295	H_2O	79,3 торр		333	см^{-1}	transmittance	[24]
1988	Varanasi	7,75–10,64	940–1290	H_2O , N_2	123 торр	762 торр	339	см^{-1}	transmittance	[25]
1988	Varanasi	7,72–14,28	700–1295	H_2O	79,3 торр		333	см^{-1}	transmittance	[25]
1988	Varanasi	7,75–10,64	940–1290	H_2O , N_2	123 торр	762 торр	339	см^{-1}	transmittance	[25]
1988	Varanasi	7,72–14,28	700–1295	H_2O	79,3 торр		333	см^{-1}	transmittance	[25]
1989	Арефьев и др.	8,33–13,00	769,2–1200	air	10 торр	1 атм	296, 303	см^{-1} , $\mu\text{км}$	transmittance	[26]
1991	Арефьев	7,69–14,28	700–1300	air				см^{-1} , $\mu\text{км}$	transmittance	[33]
Функция пропускания, 1400–12500 см^{-1} (0,6–7,14 $\mu\text{м}$)										
<i>Эксперимент</i>										
1993	Hartmann et al.	4,44–5,26 2,22–2,56	1900–2250 3900–4500	H_2O	10,5; 21,3; 38,2 Амага		575	см^{-1}	transmittance	[42]
<i>Эксперимент, расчет</i>										
1982	Tanaka et al.		10000–11200	H_2O	630 торр		334	см^{-1}	absorbance	[4]
1982	Tanaka et al.		11300–12800	H_2O	63 торр		334	см^{-1}	absorbance	[4]
1982	Tanaka et al.		13400–14500	H_2O	63 торр		334	см^{-1}	absorbance	[4]
1993	Hartmann et al.	4,54–5,26	1900–2200	H_2O	2,73; 3,91; 5,70 Амага		475, 575, 675	см^{-1}	transmittance	[42]
1993	Hartmann et al.	2,38–2,56	3900–4200	H_2O	3,83; 3,26; 4,28 Амага		475, 575, 675	см^{-1}	transmittance	[42]
1993	Hartmann et al.	4,54–5,26	1900–2200	H_2O	10,5; 21,3; 38,2; 8,30; 25,6 Амага		575, 775	см^{-1}	transmittance	[42]
1993	Hartmann et al.	2,2–2,56	3900–4550	H_2O	37,7; 28,1; 18,8; 14,2 Амага		575, 765, 875	см^{-1}	transmittance	[42]

Коэффициент поглощения в микроволновом диапазоне

Год	Автор	Область спектра μ	Область спектра, см^{-1}	Буферный газ	Парциальное давление H_2O	Полное давление	Температура, К	Единицы оси x	Единицы оси y	Ссылка
0,65–50 см^{-1} (200–15000 $\mu\text{м}$)										
<i>Эксперимент</i>										
1981	Burch	200–5000	2–50	H_2O	1 атм			см^{-1}	$\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[1]
1984	Fedoseev, Koukin	11364–15385	0,65–0,88	H_2O			263, 278	см^{-1}	$\text{дБ}/\text{км} \cdot \text{м}^3/\text{г}$	[13]
1984	Furashov et al.	689,6–909,1	11–14,5	air	$\rho = 19 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$	730 торр	298,5	см^{-1}	$\text{дБ}/\text{км}$	[14]
1984	Furashov et al.	689,6–909,1	11–14,5	air	$\rho = 8,5 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$	727 торр	281,5	см^{-1}	$\text{дБ}/\text{км}$	[14]
<i>Эксперимент, расчет</i>										
1985	Furashov, Katkov	699,3–892,8	11,2–14,3	air	$\rho = 23 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$	735 торр	306	см^{-1}	$\text{дБ}/\text{км}$	[17]
1985	Liebe		180–260 ГГц	air	$\rho = 1,0 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$	100,3 кПа	278, 283	ГГц	$\text{дБ}/\text{км}$	[19]
1990	Ma, Tipping		20–500 ГГц	air			281,8; 296,1; 315,5	ГГц	$\text{дБ}/\text{км}$	[29]
1991	Bauer et al.		183,31 ГГц	H_2O	1 торр		296	ГГц	см^{-1}	[34]
1992	Godon et al.		180–215 ГГц	H_2O	1 торр		296	ГГц	см^{-1}	[37]
1993	Davis	12,5– ∞	0–800	H_2O				ГГц, см^{-1}	$\text{м}^2 \cdot \text{мол}^{-1}$	[41]
1993	Davis	12,5– ∞	0–800	$\text{H}_2\text{O}, \text{N}_2$				ГГц, см^{-1}	$\text{м}^2 \cdot \text{мол}^{-1}$	[41]
1995	Bauer et al.		140–260 ГГц	H_2O	1 торр		296	ГГц	см^{-1}	[45]
1995	Bauer et al.		140–260 ГГц	$\text{H}_2\text{O}, \text{N}_2$	10 торр	760 торр	296	ГГц	см^{-1}	[45]

Коэффициент поглощения в окне прозрачности в области 100–1200 см^{-1}

Год	Автор	Область спектра μ	Область спектра, см^{-1}	Буферный газ	Парциальное давление H_2O	Полное давление	Температура, К	Единицы оси x	Единицы оси y	Ссылка
<i>Эксперимент</i>										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Эксперимент</i>										
1981	Burch	6,67–16,67	600–1500	H_2O		1 атм	296, 392, 430	см^{-1} , МКМ	$\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[1]
1984	Burch, Alt	9,09–14,3	700–1100	H_2O			296	см^{-1}	$\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[12]
1984	Burch, Alt	9,09–14,3	700–1100	H_2O			296, 284	см^{-1}	$\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[12]
1984	Burch, Alt	8,33–14,3	700–1200	N_2			296	см^{-1}	$\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[12]
1990	Grant	9,09–14,3	700–1100	H_2O			296	см^{-1}	$\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[32]
1994	Devir et al.	13,2–25	400–760	H_2O			280,7; 282,4; 284,5; 287,3	см^{-1} , МКМ	$\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[44]
<i>Эксперимент, расчет</i>										
1981	Burch	12,2–33,3	300–820	H_2O		1 атм	296	см^{-1} , МКМ	$\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[1]
1981	Burch	15,39–33,3	300–650	N_2		1 атм	296	см^{-1} , МКМ	$\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[1]
1982	Thomas, Nordstrom	8–14,3	700–1250	H_2O			296	см^{-1} , МКМ	$\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[5]
1983	Телегин, Фоми	8,33–14,3	700–1200	$\text{H}_2\text{O}, \text{N}_2$		1 атм	296	см^{-1}	$\text{Г}^{-1} \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[11]
1985	Thomas, Nordstrom	8,33–11,76	850–1200	H_2O			296, 392	см^{-1}	$\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[20]
1987	Rosenkranz	9,09–33,3	300–1100	$\text{H}_2\text{O}, \text{N}_2$			296	см^{-1}	$\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[23]
1987	Rosenkranz	9,09–33,3	300–1100	$\text{H}_2\text{O}, \text{N}_2$			338	см^{-1}	$\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[23]

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1987	Rosenkranz	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O, N ₂			4430	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[23]
1990	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[30]
1990	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[30]
1990	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O			430	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[30]
1990	Thomas	9,09–14,3	700–1100	H ₂ O			295	см ⁻¹	м ² ·мол ⁻¹ ·кПа ⁻¹	[31]
1990	Thomas	9,09–14,3	700–1100	N ₂			295	см ⁻¹	м ² ·мол ⁻¹ ·кПа ⁻¹	[31]
1990	Grant	9,09–11,9	840–1100	H ₂ O, N ₂	14,3; 10 торр	760 торр	296	см ⁻¹	см ⁻¹	[32]
1990	Grant	9,09–11,9	840–1100	H ₂ O, N ₂	10 торр	760 торр	296	см ⁻¹	см ⁻¹	[32]
1990	Grant	9,09–11,9	840–1100	H ₂ O, N ₂	10 торр	760 торр	300	см ⁻¹	см ⁻¹	[32]
1990	Grant	9,09–11,9	840–1100	H ₂ O, N ₂	10 торр	760 торр	300	см ⁻¹	см ⁻¹	[32]
1990	Grant	9,09–11,9	840–1100	H ₂ O, N ₂	10 торр	760 торр	296	см ⁻¹	см ⁻¹	[32]
1991	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[36]
1991	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O			338	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[36]
1991	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O			430	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[36]
1992	Kilsby et al.	10–14,3	700–1000	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[38]
1992	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O, N ₂			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[40]
1992	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O, N ₂			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[40]
1992	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O, N ₂			338	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[40]
1992	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O, N ₂			430	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[40]
1993	Davis	12,5–∞	0–800	H ₂ O				ТПП, см ⁻¹	м ² ·мол ⁻¹	[41]
1993	Davis	12,5–∞	0–800	H ₂ O, N ₂				ТПП, см ⁻¹	м ² ·мол ⁻¹	[41]
1994	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[43]
1995	Tipping, Ma	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[46]
1995	Tipping, Ma	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O, N ₂			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[46]
1999	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[49]
1999	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O			430	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[49]
1999	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O, N ₂			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[49]
1999	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O, N ₂			430	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[49]
2000	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O, N ₂			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[50]
2000	Ma, Tipping	9,09–33,3	300–1100	H ₂ O, N ₂			430	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[50]

Расчет

1983	Kuznetsov	8,33–14,3	700–1200	air			300	см ⁻¹	см ² ·атм ⁻¹	[8]
1989	Clough et al.	6,67–14,3	700–1500	H ₂ O			284, 296, 308, 353, 358	см ⁻¹	(см ⁻¹ ·мол/см ²) ⁻¹ = = см ³ ·мол ⁻¹	[27]
1994	Devir et al.	13,2–25	400–760	H ₂ O				см ⁻¹ , МКМ	см ² ·мол ⁻¹	[44]

Коэффициент поглощения в области 1200–10000 см⁻¹

Год	Автор	Область спектра μ	Область спектра, см ⁻¹	Буферный газ	Парциальное давление H ₂ O	Полное давление	Температура, К	Единицы оси х	Единицы оси y	Ссылка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Эксперимент</i>										
1981	Burch	3,5–4,17	2400–2850	H ₂ O			296, 338, 384, 428	см ⁻¹ , МКМ	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[1]
1981	Burch	4,55–8,33	1200–2200	H ₂ O, N ₂			308–428	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[1]
1984	Burch, Alt	3,7–4,17	2400–2700	H ₂ O			296, 328	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[12]
1984	Burch, Alt	3,57–4,17	2400–2800	H ₂ O			296, 328, 338, 384, 428	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[12]
<i>Эксперимент, расчет</i>										
1981	Burch	5,4–7,14	1400–1850	H ₂ O	1 атм		308	см ⁻¹ , МКМ	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[1]
1982	Burch	3,2–∞	0–3100	H ₂ O			296	см ⁻¹ , МКМ	см ² ·мол ⁻¹	[3]
1982	Thomas et al.		2470–2870	H ₂ O, N ₂	15 торр	760 торр	296	см ⁻¹	км ⁻¹	[5]
1985	Burch	2,38–3,33	3000–4200	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[16]
1985	Burch	2,38–3,33	3000–4200	N ₂			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[16]
1985	Burch	2,38–3,33	3000–4200	H ₂ O			308	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[16]
1985	Burch	2,38–3,33	3000–4200	H ₂ O, N ₂			308–428	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[16]
1985	Thomas et al.	3,57–4,17	2400–2800	H ₂ O, N ₂	72; 14,3 торр	760 торр	296, 338	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[20]
1990	Thomas	3,45–14,17	2400–2900	H ₂ O			686	см ⁻¹	км ⁻¹	[31]
1990	Thomas	3,45–14,17	2000–6000	H ₂ O	7,82; 24,15; 47,6		296	см ⁻¹	м ² ·мол ⁻¹ ·кПа ⁻¹ , км ⁻¹	[31]
1991	Delaye, Thomas	3,7–4,25	2400–2900	H ₂ O, air	1,9 кПа	101,6 кПа	296	см ⁻¹ , МКМ	км ⁻¹	[35]
1992	Ma, Tipping	4,5–6,4	2350–2700	H ₂ O			296, 338, 428	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[39]
1992	Ma, Tipping	2,32–3,33	1560–2220	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[39]
1992	Ma, Tipping	4,54–8,33	3000–4300	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[39]
1992	Ma, Tipping	4,35–7,69	1200–2200	H ₂ O, N ₂			353	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[40]
1992	Ma, Tipping	2,44–3,33	1300–2300	H ₂ O, N ₂			308, 428	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[40]
1992	Ma, Tipping	2,44–3,33	3000–4100	H ₂ O, N ₂			296	см ⁻¹	см ² ·мол ⁻¹ ·атм ⁻¹	[40]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Эксперимент, расчет</i>										
1993	Hartmann et al.	2,2–5	2000–6000	H ₂ O	24,15 Амага		686	см ⁻¹	см ⁻¹	[42]
1994	Ma, Tipping	4,5–5,05	1980–2220	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[43]
1994	Ma, Tipping	2,32–3,33	3000–4300	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[43]
1995	Tipping, Ma	3,7–4,25	2350–2700	H ₂ O			296, 328, 428	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[46]
1996	Tobin et al.	5–8,33	1200–2000	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[47]
1996	Tobin et al.	4,95–5,26	1900–2020	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[47]
1996	Tobin et al.	5–7,69	1300–2000	H ₂ O, N ₂			296	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[47]
1996	Tobin et al.	5–7,69	1300–2000	H ₂ O, N ₂			296	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[47]
<i>Расчет</i>										
1981	Robertson et al.	2,7–2,9	3450–3700	H ₂ O			200, 300	см ⁻¹	см ⁻¹ · Амага ⁻¹	[2]
1989	Clough et al.	3,31–∞	0–3020	H ₂ O			338, 296, 260	см ⁻¹	(см ⁻¹ · мол/см ²) ⁻¹ = = см ³ · мол ⁻¹	[27]
1992	Ma, Tipping	1–∞	0–10000	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[39]
1992	Ma, Tipping	1–∞	0–10000	H ₂ O			296, 338, 430	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[39]
1992	Ma, Tipping	1–∞	0–10000	H ₂ O, N ₂ , CO ₂			296	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[40]
1994	Ma, Tipping	1–∞	0–10000	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[43]
1994	Ma, Tipping	1–∞	0–10000	H ₂ O			430	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[43]
1995	Tipping, Ma	1–∞	0–10000	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[46]
1995	Tipping, Ma	2,32–3,33	3000–4300	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[46]
1995	Tipping, Ma	4,54–8,33	1200–2200	H ₂ O, N ₂			353	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[46]
1995	Tipping, Ma	2,44–3,33	3000–4100	H ₂ O, N ₂			296	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[46]
1996	Tobin et al.	4,54–10	1000–2200	H ₂ O			296	см ⁻¹	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[47]

Температурная зависимость коэффициента поглощения H₂O

Год	Автор	Набор частот ω	Буферный газ	Парциальное давление H ₂ O	Полное давление	Температура, К	Единицы осл. x	Единицы осл. y	Ссылка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1982	Thomas, et al.	944, 1945 см ⁻¹	H ₂ O		1 атм	285–365	T, K	см ⁻¹ · Амага ⁻¹	[5]
1983	Арефьев и др.	пропускание (T), 1203 см ⁻¹	air		1 атм	300–470	T, K	пропускание	[6]
1983	Hinderling et al.	10, 25 мкм	H ₂ O	0–40 мбар	950 мбар	296	P _{H₂O} , мбар	см ⁻¹	[7]
1983	Loper et al.	944, 1945 см ⁻¹				200–550	T, K	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[9]
1983	Saliman, Hanson	1901, 762 см ⁻¹	H ₂ O, O ₂ , Ar		0, 28–1, 22	1300–2300	T, K	см ⁻¹ · атм ⁻¹	[10]
1983	Телегин, Фомин	оптическая толща $\tau(\omega) = \rho(AC)$ на разных высотах (0–11 км)	H ₂ O, N ₂				ω , см ⁻¹	τ	[11]
1984	Burch, Alt	700, 1000 см ⁻¹	H ₂ O			260–430	T (K), T (K ⁻¹)	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[12]
1984	Burch, Alt	2400, 2500, 2600 см ⁻¹	H ₂ O			296–428	T (K), T (K ⁻¹)	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[12]
1984	Hinderling et al.	AC(P _{H₂O}), laser line P(20)			950 мбар	295–355	T, K	см ² · мбар ⁻¹	[15]
1985	Hinderling et al.	AC(P _{H₂O, N₂}), laser line 10P(40)	H ₂ O, N ₂		950 мбар	273–309	T, K	см ⁻²	[18]
1985	Hinderling et al.	AC(P _{H₂O, N₂}), laser line 10R(20)	H ₂ O, N ₂		950 мбар	273–309	T, K	см ⁻²	[18]
1985	Hinderling et al.	AC(P _{H₂O, N₂}), laser line 9P(38)	H ₂ O, N ₂		950 мбар	273–309	T, K	см ⁻²	[18]
1985	Hinderling et al.	(P _{H₂O, N₂}), laser line 9R(34)	H ₂ O, N ₂		950 мбар	273–309	T, K	см ⁻²	[18]
1985	Thomas et al.	944, 195 см ⁻¹	H ₂ O			280–420	T, K	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[20]
1985	Thomas et al.	1203 см ⁻¹	H ₂ O			280–420	T, K	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[20]
1985	Thomas et al.	2500 см ⁻¹	H ₂ O			280–420	T, K	см ² · мол ⁻¹ · атм ⁻¹	[20]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1986	Hinderling et al.	$AC(P_{\text{H}_2\text{O}, \text{N}_2})$, laser line $10P(30)$	$\text{H}_2\text{O}, \text{N}_2$		950 мбар	273–309	T, K	$\text{cm}^2 \cdot \text{mбар}^{-1}$	[21]
1987	Hinderling et al.	$AC(P_{\text{H}_2\text{O}})$, laser lines $10P(20)$, $10P(24)$, $10P(30)$	H_2O		950 мбар	295–355	T, K	$\text{cm}^2 \cdot \text{mбар}^{-1}$	[22]
1987	Hinderling et al.	$AC(P_{\text{H}_2\text{O}})$, laser lines $10P(20)$, $10P(24)$, $10P(30)$, $10P(38)$	H_2O		950 мбар	273–309	T, K	$\text{cm}^2 \cdot \text{mбар}^{-1}$	[22]
1987	Hinderling et al.	$AC(P_{\text{H}_2\text{O}})$, laser lines $10P(20)$, $10P(24)$	H_2O		950 мбар	240–300	T, K	$\text{cm}^2 \cdot \text{mбар}^{-1}$	[22]
1987	Varanasi et al.	1000 cm^{-1}	H_2O		950 мбар	294–339	1000/T	$\text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[24]
1988	Varanasi	1000 cm^{-1}	H_2O			294–339	1000/T	$\text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[25]
1988	Varanasi	1000 cm^{-1}	H_2O			250–500	T	$\text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[25]
1989	Арефьев и др.	$T_\lambda(T)$, 1203 cm^{-1}	H_2O	$a = 10 \text{ г/м}^3$		330–470	T	пропускание	[26]
1989	Davidson et al.	193 мм	H_2O	0,9–1,8%	1,2 атм	400–4000	T	$\text{cm}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[28]
1990	Ma, Tipping	30, 120, 360 ГГц	H_2O			280–320	T, K	дБ/км	[29]
1990	Thomas	$AC(1/T \cdot 1000)$, $\omega = 1000 \text{ cm}^{-1}$	H_2O			250–1000	1000/T	$\text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[31]
1990	Thomas	$AC(1000/T)$, 2400, 2500, 2600 cm^{-1}	H_2O			296–428	1000/T	$\text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{кПа}^{-1}$	[31]
1991	Арефьев	$T_\lambda(T)$, 1203 cm^{-1}				330–430	T, K	пропускание	[33]
1991	Delaye et al.					250–1000	1000/T	$\text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[35]
1992	Godon et al.	213,525 ГГц	H_2O	1 торр		290–360	T, K	cm^{-1}	[37]
1992	Godon et al.	213,525 ГГц	$\text{H}_2\text{O}, \text{N}_2$	10 торр	760 торр	290–360	T, K	cm^{-1}	[37]
1992	Kilsby et al.	$AC(1000/T)$, 1000 cm^{-1}	H_2O			263–312	1000/T	$\text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[38]
1993	Hartmann et al.	$AC(1000/T)$, 2400, 2500, 2600 cm^{-1}	H_2O			300–700	1000/T	$\text{cm}^{-1} \cdot \text{Амага}^2$	[42]
1995	Tipping, Ma	944,195 cm^{-1}	H_2O			240–350	T, K	$\text{cm}^2 \cdot \text{mбар}^{-1}$	[46]
1995	Tipping, Ma	1000 cm^{-1}	H_2O			200–550	T, K	$\text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[46]
1996	Rosenkranz	$\ln(AC) \ln(T/300)$	H_2O			271–366	$\ln(T/300)$	$\text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$	[48]
2000	Vigasini	153, 190, 239 ГГц	H_2O			290–380	T, K	cm^{-1}	[51]
2000	Vigasini	190, 239 ГГц, $10P(20)$, $10P(24)$	H_2O			250–380	T, K	cm^{-1} , отн. ед.	[51]

Отличие контура линии от лоренцевского

Год	Автор	Функция отклонения от лоренцевского контура	Буферный газ	Температура, К	Единицы оси x , см^{-1}	Единицы оси y	Ссылка
1989	Clough et al.	$\chi(\Delta\omega)$	$\text{H}_2\text{O}, \text{N}_2$	296	$\Delta\omega$	χ ($\text{см}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$)	[27]
1991	Ma, Tipping	$\Phi(\omega), \Psi(\omega)$	H_2O	296	$\Delta\omega$	$\Phi(\omega), \Psi(\omega)$ ($\text{см}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$)	[36]
1993	Hartmann et al.	$\chi(\Delta\omega)$	H_2O	296–765	$\Delta\omega$	χ ($\text{см}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$)	[42]

2. Поиск графиков и рисунков в информационной системе GrafOnto

Информационный ресурс – это любой идентифицированный и доступный ресурс. Научный графический ресурс является информационным ресурсом, содержащим графику, представляющую результаты научных исследований. В настоящей работе мы ограничились научными графиками в декартовой системе координат.

Поскольку созданная нами коллекция представляется в информационной системе в цифровой форме, то далее используемые в работе термины «график» и «рисунок» нужно понимать как «цифровой график» и «цифровой рисунок», т.е. график и его свойства в форме числовых массивов.

В [57] даны определения, уточняемые ниже.

Определение 1. Прimitивным графиком называется кривая или набор точек в декартовой системе координат, извлеченные из опубликованного рисунка и дополненные набором метаданных, которые содержат функцию и аргумент, их единицы измерений, указания на вещество, термодинамические условия и прочие параметры, необходимые для понимания смысла оригинального графика.

Определение 2. Составным называется график, содержащий более одного примитивного графика, каждый из которых представлен в одной и той же системе координат, соответствующей одному опубликованному графику.

Определение 3. Составным рисунком называется набор примитивных или составных графиков, каждый из которых связан со своей системой координат, и их набор содержится в опубликованном рисунке.

Определение 4. Прimitивный рисунок содержит один примитивный или составной график.

2.1. Поиск графиков по году опубликования, авторам и номеру рисунка

Простой текстовый поиск, использующий три атрибута (год опубликования статьи, фамилии авторов публикации и номер рисунка), можно проводить как во множестве примитивных, так и составных графиков и рисунков. При поиске примитивного графика результатом будет один примитивный график, а при поиске составного графика результатом будет искомым составной график и то число примитивных графиков, которое относится к иско-

мому составному графику вместе с метаданными для каждого из них.

Результат поиска примитивного графика – сгенерированный график и таблица, содержащая свойства, относящиеся к нему, включая пиктограмму небольшого размера.

Результатом поиска составного графика будет сгенерированный составной график и таблица с пиктограммой каждого примитивного графика, относящегося к данному составному графику, а также соответствующие ему метаданные.

В публикации рисункам принадлежат номера и подписи. В графической системе GrafOnto оригинальная подпись к рисунку сохраняется у составных и примитивных рисунков. В публикациях примитивные графики, входящие в составной рисунок, как правило, не имеют оригинальных подписей. По этой причине в системе каждому примитивному графику присвоена подпись, семантика которой основана на тексте подписи к рисунку или следует из текста публикации. Например, неоригинальные подписи могут содержать условия (термодинамические и иные), при которых получен числовой массив, отображенный на графике. Для цитируемого графика указана ссылка на публикацию в подписи к графику.

Две компоненты библиографической ссылки выделены для ее представления при поиске: год публикации статьи и фамилии первых нескольких авторов.

При поиске примитивных графиков выкидное меню содержит информацию, представленную в виде:

2011_ М.А. Koshelev, Е.А. Serov, V.V. Par...
Рисунок 3. Experiment (271 К, 105–145 GHz)
Рисунок 3. Experiment (286 К, 105–145 GHz)
Рисунок 3. Experiment (299 К, 105–145 GHz),

для составных графиков – в виде:

2011_ М.А. Koshelev, Е.А. Serov, V.V. Par...
Рисунок 3.

Четырехзначный номер примитивного или составного графика указывает на то, что график построен по значениям, опубликованным в статье в форме таблицы, а трехзначные – на то, что примитивные графики являются частью составного рисунка. Последние две цифры в четырех- или трехзначных номерах графиков – указание на номер оригинального графика в публикации.

Число примитивных и составных графиков на порядок превышает число составных рисунков.

По этой причине поиск составных рисунков проводится в таблице, содержащей информацию о них. Таблица для поиска составных рисунков содержит четыре колонки: год публикации статьи, библиографическую ссылку и номер рисунка, количество частей рисунка и размер рисунка в пикселях.

Порядок следования составных рисунков в таблице на рис. 1 определяется годом публикации статьи, размещенном в первой колонке. На рис. 1 приведен фрагмент таблицы, используемой для поиска составных рисунков.

1.1. Абсцисса графика (аргумент, физическая величина (единица измерения)).

1.2. Ордината графика (функция, физическая величина (единица измерения)).

1.3. Оригинальное название функции (физическая величина (единица измерения)).

2. Вещество (молекула, комплекс, смесь молекул и (или) комплексов).

3. Физические параметры функции (температура, полное давление, парциальное давление (для смесей), длина пути поглощения, плотность газа,

Год	Подпись к составному рисунку	Количество графиков в составном рисунке	Размер составного рисунка
2016	<p><i>Yu.I. Baranov,</i> On the significant enhancement of the continuum-collision induced absorption in H₂O+CO₂ mixtures, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 2016, Volume 175, Pages 100-106, DOI: 10.1016/j.jqsrt.2016.02.017, https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2016.02.017.</p> <p>Annotation</p> <p>Figure 5. Spectral behavior of the water-carbon dioxide continuum in the 3–4 μm region. The data are a result of averaging over all four temperatures. The insert represents the temperature dependence of the binary absorption coefficients at three selected wavenumbers, designated in the plot by arrows. The bottom solid line shows the spectral behavior of the self-continuum [11] scaled roughly to the experimental data.</p> <p>[11] Baranov Yu.I., The continuum absorption in H₂O+N₂ mixtures in the 3-5 μm spectral region at temperatures from 326° to 363°K. J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer, 112, 2281-2286. 2011, (doi: 10.1016/j.jqsrt.2011.06.005)</p>	1 x 2	800 x 1280

Рис. 1. Пример строки из таблицы, содержащей список составных рисунков в графической системе GrafOnto

2.2. Атрибутивный поиск примитивных и составных графиков

В системе GrafOnto при создании цифрового графика (рисунка) в базу данных загружается числовой массив данных, характеризующий опубликованный примитивный график, и метаданные, характеризующие свойства этого графика. Эти свойства (атрибуты) разделены на пять групп (рис. 2).

1. Графические характеристики:

волновое число (в случае, когда абсцисса графика – температура)).

4. Информационные характеристики числового массива (тип источника данных, метод измерения (решения), тип данных, происхождение данных).

5. Библиографическая ссылка (автор, ключевые слова из ссылки и подписи к рисунку, номер рисунка в публикации).

Смысл информационных характеристик числового массива состоит в следующем. Тип источника

Графические характеристики			
<input checked="" type="checkbox"/>	Ось абсцисс (X) (Размерность)*	Волновое число (см ⁻¹) (v)	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Ось ординат (Y) (Размерность)*	Коэффициент поглощен v	
Вещество. Физические и информационные характеристики вещества и среды			
<input checked="" type="checkbox"/>	Вещество*	H ₂ O (2205) v	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Температура	0 - 500 К <input type="checkbox"/> Температура не задана	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Давление (полное)	0 - 10 атм <input type="checkbox"/> Давление не задано	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Тип источника*	Первичный (4050) v	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	У*	∅ (2871) v	
<input type="checkbox"/>	Метод измерения (решения), Модель, Аппроксимация*	∅ (4381) v	
<input checked="" type="checkbox"/>	Тип данных*	Экспериментальные (25 v)	
<input type="checkbox"/>	Происхождение данных*	Оцифрованные (5357) v	
Библиографическая ссылка			
<input type="checkbox"/>	Поиск библиографической ссылки	Введите ключевое слово или имя автор	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Номер рисунка в публикации	13	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Временной интервал публикации (годы)	2010 - 2016	
<input type="checkbox"/>	Подпись к графику	Введите ключевое слово	
Найти запрашиваемые графики		* В выкидных меню в скобках (N) указано число загруженных графиков, относящихся к выбираемой величине	

Рис. 2. Внешний вид интерфейса для атрибутивного поиска графиков

данных характеризует источник данных по его содержанию. Он может быть первичным (когда весь массив чисел оригинален и опубликован в указанной статье), может – цитированным из другой статьи, причем числовой массив этого графика может быть как больше, так и меньше оригинального (цитируемого) массива данных. Также значение атрибута «Тип источника» может быть экспертным, т.е. указывать на необходимость его экспертного отнесения к одному из предыдущих двух значений этого типа. Атрибут «Тип данных» в некотором смысле дополняет атрибут «Метод измерения...» и имеет значения: экспериментальный, теоретический, эмпирический и результат подгонки. Наконец, атрибут «Происхождение данных» указывает на то, каким образом был получен цифровой массив данных: сканированный (и распознанный) или оригинальный (извлечен из таблицы или передан авторами).

На рис. 2 показан запрос на поиск цифровых графиков в системе координат волновое число (см^{-1}), коэффициент поглощения ($\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$) для мо-

лекулы воды, являющихся первичными и экспериментальными и относящихся к «рис. 13 в некоторой публикации» во временном интервале 2010–2016 гг.

Результат поиска по запросу показан на рис. 3. Заметим, что, несмотря на выбор определенной системы координат, в результат поиска попадают все графики из эквивалентных систем координат. Поскольку абсциссы и ординаты графика – физические величины, имеющие единицы измерений, с помощью адекватной замены единиц измерения физических величин можно переходить от одной системы координат к другой. Результат поиска представлен в виде таблицы из пяти (четырёх) столбцов, содержащих информацию о найденных примитивных (и составных) графиках. В колонке «Вещество...» указаны параметры функции, изображенной на пиктограмме во второй колонке. В четвертой колонке даны названия функции и аргумента и интервалы их изменения. Третья строка таблицы представляет составной график, в который входят оба найденных примитивных графика.

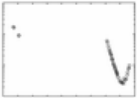

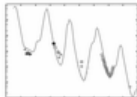
Результат поиска графиков					
Найдено запрашиваемых графиков: 2			Уникальных статей, содержащих запрошенные графики: 1		
Просмотр выбранных графиков					
#	Изображение	Подпись к примитивному графику	Вещество Температура, Давление	(по оси Y, X) Физ. величина (Размерность)	Библиографическая ссылка
<input type="checkbox"/>		13. This work (CRDS). The experiment determinations of self-continuum cross sections of water vapor near room temperature to the MT_CKD2.8 model.	H ₂ O T = ∅ P = ∅ Точек: 44	Y. Коэффициент поглощения ($\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$) 2.52695e-25 - 1.69122e-23 X. Волновое число (см^{-1}) 4344.65 - 8309.43	<i>Campargue, A., Kassj, S., Mondelain, D., Vasilchenko, S., and Romanini,</i> Accurate laboratory determination of the near infrared water vapor self-continuum: A test of the MT_CKD model, <i>Journal of Geophysical Research: Atmospheres</i> , 2016, Volume 121 , Pages 13,180–13,203, DOI: 10.1002/2016JD025531, https://doi.org/10.1002/2016JD025531 . Annotation
<input type="checkbox"/>		13. This work (OF-CEAS). The experiment determinations of self-continuum cross sections of water vapor near room temperature.	H ₂ O T = ∅ P = ∅ Точек: 1	Y. Коэффициент поглощения ($\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$) 1.26e-23 - 1.26e-23 X. Волновое число (см^{-1}) 2281.76 - 2281.76	<i>Campargue, A., Kassj, S., Mondelain, D., Vasilchenko, S., and Romanini,</i> Accurate laboratory determination of the near infrared water vapor self-continuum: A test of the MT_CKD model, <i>Journal of Geophysical Research: Atmospheres</i> , 2016, Volume 121 , Pages 13,180–13,203, DOI: 10.1002/2016JD025531, https://doi.org/10.1002/2016JD025531 . Annotation
		13. Comparison of the experiment determinations of self-continuum cross sections of water vapor near room temperature to the MT_CKD2.8 model. Burch, D. E., and R. L. Alt (1984), Continuum absorption by H ₂ O in the 700–1200 см^{-1} and 2400–2800 см^{-1} windows. Report AFGL-TR-84-0128, Air Force Geophys. Laboratory, Hanscom AFB, Mass. Baranov, Y. I., and W. J. Lafferty (2011), The water-vapor continuum and selective absorption in the 3–5- μm spectral region at temperatures from 311 to 363 K, <i>J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer</i> , 112, 1304–1313, doi:10.1016/j.jqsrt.2011.01.024. Bicknell, W. E., S. D. Cucco, and M. K. Griffin (2006), Search for low-absorption regimes in the 1.6 and 2.1 μm atmospheric windows, <i>J. Dir. Energy</i> , 2, 151–161. Fulghum, S. F., and M. M. Tilleman (1991), Interferometric calorimeter for the measurement of water-vapor absorption, <i>J. Opt. Soc. Am. B-Opt. Phys.</i> , 8, 2401–2413, doi:10.1364/josab.8.002401. Ptashnik, I. V., T. M. Petrova, Y. N. Ponomarev, K. P. Shine, A. A. Solodov, and A. M. Solodov (2013), Near-infrared water vapour self-continuum at close to room temperature, <i>J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer</i> , 120, 23–35, doi:10.1016/j.jqsrt.2013.02.016.		Y. Коэффициент поглощения ($\text{см}^2 \cdot \text{мол}^{-1} \cdot \text{атм}^{-1}$) X. Волновое число (см^{-1})	<i>Campargue, A., Kassj, S., Mondelain, D., Vasilchenko, S., and Romanini,</i> Accurate laboratory determination of the near infrared water vapor self-continuum: A test of the MT_CKD model, <i>Journal of Geophysical Research: Atmospheres</i> , 2016, Volume 121 , Pages 13,180–13,203, DOI: 10.1002/2016JD025531, https://doi.org/10.1002/2016JD025531 . Annotation
#	Изображение	Подпись к примитивному графику	Вещество Температура, Давление	(по оси Y, X) Физ. величина (Размерность)	Библиографическая ссылка
Просмотр выбранных графиков					

Рис. 3. Результат поиска по запросу, показанному на рис. 2

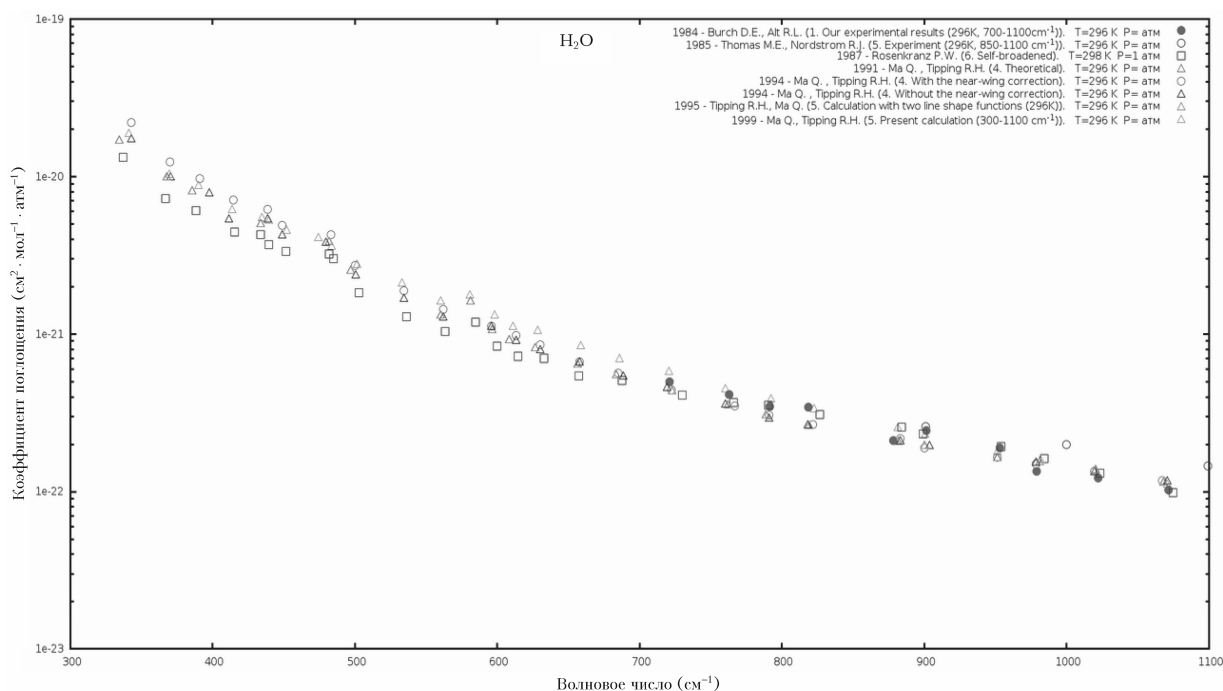


Рис. 4. Экспериментальные и теоретические работы в области 8–14 мкм по континууму водяного пара

3. Построение пользователем составного цифрового графика

Необходимость построения составных рисунков для представления научных результатов и их сравнения с результатами, полученными ранее, возникает часто. Замечательной особенностью системы атрибутивного поиска графиков является возможность построения индивидуальных *цифровых* составных графиков пользователем без ручного перевода единиц измерений физических величин по обеим осям и наличие коллекции экспертно отобранных и протестированных цифровых графиков. В частности, составные графики могут демонстрировать результаты лучших работ, подборки часто цитируемых работ и т.д. за определенные периоды времени.

Такие подборки предполагается выделить в отдельную часть коллекции научной графики. В качестве примера на рис. 4 показана подборка работ, появившихся в интервале 1984–1999 гг., представляющих экспериментальные и теоретические результаты [12, 20, 23, 36, 43, 46, 49] по континууму в области 8–14 мкм.

Заключение

В настоящей работе дан краткий обзор коллекции графиков по континуальному поглощению воды в промежуток времени 1981–2000 гг. Большая часть графиков относится к трем группам графиков, описывающих зависимость коэффициента поглощения и функции пропускания от волновых чисел, зависимость коэффициента поглощения от температуры и поправочного фактора χ для лоренцевского контура от частоты. В таблицах представлены все частотные интервалы (для функции пропускания 12–

38; 100–1200; 1400–12500 см⁻¹, для коэффициентов поглощения 0,65–50; 100–1200; 1200–10000 см⁻¹), в которых имеются данные.

Представлено два способа поиска: простой поиск по трем атрибутам публикации и атрибутивный поиск по 14 свойствам, в числе которых свойства примитивного графика, вещество, параметры функции, свойства информационного ресурса и свойства публикации. Атрибутивный поиск необходим для поиска требуемого примитивного графика и интеграции примитивных графиков в составные графики с учетом требований пользователя.

В графической системе GrafOnto существует также семантический поиск, осуществляемый в онтологическом представлении описаний графических ресурсов. Этот тип поиска будет описан в следующей публикации.

Работа выполнена при финансировании из государственного бюджета.

1. Burch D.E. Continuum absorption by atmospheric H₂O // Proc. SPIE. 1981. V. 277. P. 28–39. DOI: 10.1117/12.931899.
2. Robertson D.C., Bernstein L.S., Haines R., Wunderlich J., Vega L. 5 cm⁻¹ band model option to LOWTRAN5 // Appl. Opt. 1981. V. 20. P. 3218–3226. DOI: 10.1364/AO.20.003218.
3. Burch D.E. Continuum Absorption by H₂O. Report AFGL-TR-81-00300. 1982. 46 p.
4. Tanaka M., Nakazawa T., Fukabori M. Absorptions of the $\rho_{\text{от}}$, 0.8 μm and a bands of the water vapor // J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer. 1982. V. 28, N 6. P. 463–470. DOI: 10.1016/0022-4073(82)90012-7.
5. Thomas M.E., Nordstrom R.J. The N₂-broadened water vapor absorption line shape and infrared continuum absorption – II. Implementation of the line shape //

- J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer. 1982. V. 28, N 2. P. 103–112. DOI: 10.1016/0022-4073(82)90086-3.
6. *Арефьев В.Н., Погадаев Б.Н., Сизов Н.И.* Исследование поглощения излучения перестраиваемого CO₂-лазера водяным паром в диапазоне 9–11 мкм // Квант. электрон. 1983. Т. 10, № 3. С. 496–502.
 7. *Hinderling J., Sigrist M.W., Kneubuhl F.K.* Laser photoacoustic spectroscopy in supersaturated water vapor // J. Phys. Colloque. 1983. V. 44, N C6. P. C6-559–C6-564.
 8. *Кузнецов М.Н.* Расчет поглощения в крыльях мономера H₂O в окне 8–13 мкм // Изв. АН СССР. Физ. атмосф. океана. 1983. Т. 19. С. 163–166.
 9. *Loper G.L., O'Neil M.A., Gelbwachs J.A.* Water-vapor continuum CO₂ laser absorption spectra between 27 °C and –10 °C // Appl. Opt. 1983. V. 22. P. 3701–3710. DOI: 10.1364/AO.22.003701.
 10. *Salimian S., Hanson R.K.* Absorption measurements of H₂O at high temperatures using a CO laser // J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer. 1983. V. 30, N 1. P. 1–7. DOI: 10.1016/0022-4073(83)90066-3.
 11. *Телегин Г.В., Фомин В.В.* Изменение с высотой континуального поглощения в атмосферном окне прозрачности 8–12 мкм // Изв. АН СССР. Физ. атмосф. океана. 1983. Т. 19, № 9. С. 995–998.
 12. *Burch D.E., Alt R.L.* Continuum Absorption by H₂O in the 700–1200 cm⁻¹ and 2400–2800 cm⁻¹ Windows. Report AFGL-TR-84-0128 1984. 31 p.
 13. *Fedoseev L.I., Koukin L.M.* Comparison of the results of summer and winter measurements of atmospheric water vapor absorption at wavelengths 1.5–1.55 mm // Int. J. Infrared Millim. Waves. 1984. V. 5. P. 953–963.
 14. *Furashov N.I., Katkov V.Yu., Ryadov V.Ya.* On the anomalies in submillimeter absorption spectrum of atmospheric water vapor // Int. J. Infrared Millim. Waves. 1984. V. 5, N 7. P. 971–984. DOI: 10.1007/BF01009586.
 15. *Hinderling J., Meyer P., Sigrist M.W.* Temperature dependence of the IR water-vapor absorption // Int. J. Infrared Millim. Waves. 1984. V. 5, N 4. P. 547–558. DOI: 10.1007/BF01010151.
 16. *Burch D.E.* Absorption by H₂O in Narrow Windows between 3000–4200 cm⁻¹. Report AFGL-TR-85-0036. 1985. 37 p.
 17. *Furashov N.I., Katkov V.Yu.* Humidity dependence of the atmospheric absorption coefficient in the transparency windows centered at 0.88 and 0.73 mm // Int. J. Infrared Millim. Waves. 1985. V. 6, N 8. P. 751–764. DOI: 10.1007/BF01011951.
 18. *Hinderling J., Sigrist M.W., Kneubuhl F.K.* Pure rotational transitions of H₂O molecule in the 8–14 μm atmospheric window // Infrared Phys. 1985. V. 25, iss. 1–2. P. 491–496. DOI: 10.1016/0020-0891(85)90126-5.
 19. *Liebe H.J.* An updated model for millimeter wave propagation in moist air // Radio Sci. 1985. V. 20, N 5. P. 1069–1089.
 20. *Thomas M.E., Nordstrom R.J.* Line shape model for describing infrared-absorption by water vapor // Appl. Opt. 1985. V. 24, N 21. P. 3526–3530.
 21. *Hinderling J., Sigrist M.W., Kneubuhl F.K.* Field and laboratory experiments on the 8 to 14 μm spectral window of the terrestrial atmosphere // Int. J. Infrared Millim. Waves. 1986. V. 7, N 4. P. 683–713.
 22. *Hinderling J., Sigrist M.W., Kneubuhl F.K.* Laser-photoacoustic spectroscopy of water-vapor continuum and line absorption in the 8 to 14-μm atmospheric window // Infrared Phys. 1987. V. 27, N 2. P. 63–120. DOI: 10.1016/0020-0891(87)90013-3.
 23. *Rosenkranz P.W.* Pressure broadening of rotational bands. II. Water vapor from 300 to 1100 cm⁻¹ // J. Chem. Phys. 1987. V. 87, N 1. P. 163–170.
 24. *Varanasi P., Chudamani S.* Self- and N₂-broadened spectra of water vapor between 7.5 and 14.5 μm // J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer. 1987. V. 38, N 6. P. 407–412. DOI: 10.1016/0022-4073(87)90094-X.
 25. *Varanasi P.* On the nature of the infrared spectrum of water vapor between 8 and 14 μm // J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer. 1988. V. 40, N 3. P. 169–175. DOI: 10.1016/0022-4073(88)90110-0.
 26. *Арефьев В.Н.* Молекулярное поглощение водяным паром излучения в окне относительной прозрачности атмосферы 8–13 мкм // Оптика атмосф. 1989. Т. 2, № 10. С. 1034–1054.
 27. *Clough S.A., Kneizys F.X., Davies R.W.* Line shape and the water vapor continuum // Atmos. Res. 1989. V. 23, iss. 3–4. P. 229–241.
 28. *Davidson D.F., Chang A.Y., Kohse-Höinghaus K., Hanson R.K.* High temperature absorption coefficients of O₂, NH₃, and H₂O for broadband ArF excimer laser radiation // J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer. 1989. V. 42, N 4. P. 267–278. DOI: 10.1016/0022-4073(89)90073-3.
 29. *Ma Q., Tipping R.H.* Water vapor continuum in the millimeter spectral region // J. Chem. Phys. 1990. V. 93, N 9. P. 6127–6139. DOI: 10.1063/1.458984.
 30. *Ma Q., Tipping R.H.* The atmospheric water continuum in the infrared: Extension of the statistical theory of Rozenkranz // J. Chem. Phys. 1990. V. 93, N 10. P. 7066–7075. DOI: 10.1063/1.459429.
 31. *Thomas M.E.* Infrared and millimetre-wavelength absorption in the atmospheric windows by water vapour and nitrogen: Measurements and models // Infrared Phys. 1990. V. 30, N 2. P. 161–174. DOI: 10.1016/0020-0891(90)90027-S.
 32. *Grant W.B.* Water vapor absorption coefficients in the 8–13 μm spectral region: A critical review // Appl. Opt. 1990. V. 29, N 4. P. 451–462.
 33. *Арефьев В.Н.* Молекулярное поглощение излучения в атмосферном окне относительной прозрачности 8–13 мкм (Обзор) // Изв. АН СССР. Физ. атмосф. океана. 1991. Т. 27, № 11. С. 1187–1225.
 34. *Bauer A., Godon M.* Temperature dependence of water-vapor absorption in line wings at 190 GHz // J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer. 1991. V. 46, N 3. P. 211–220.
 35. *Delaye C.T., Thomas M.E.* Atmospheric continuum absorption models // Proc. SPIE. 1991. V. 1487. P. 91–298. DOI: 10.1117/12.46570.
 36. *Ma Q., Tipping R.H.* A far wing line shape theory and its application to the water continuum. I // J. Chem. Phys. 1991. V. 95, N 9. P. 6290–6301. DOI: 10.1063/1.461549.
 37. *Godon M., Carlier J., Bauer A.* Laboratory studies of water vapor absorption in the atmospheric window at 213 GHz // J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer. 1992. V. 47, N 4. P. 275–285.
 38. *Kilsby C.G., Edwards D.P., Saunders R.W., Foot J.S.* Water-vapour continuum absorption in the tropics: Aircraft measurements and model comparisons // Q. J. R. Meteorol. Soc. 1992. V. A118, iss. 506. P. 715–748. DOI: 10.1002/qj.49711850606.
 39. *Ma Q., Tipping R.H.* A far wing line shape theory and its application to the water vibrational bands. II // J. Chem. Phys. 1992. V. 96, N 12. P. 8655–8663. DOI: 10.1063/1.462272.
 40. *Ma Q., Tipping R.H.* A far wing line shape theory and its application to the foreign-broadened water continuum absorption. III // J. Chem. Phys. 1992. V. 97, N 2. P. 818–828. DOI: 10.1063/1.463184.

41. *Davis G.R.* The far-infrared continuum absorption of water vapour // *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer.* 1993. V. 50, N 6. P. 673–694.
42. *Hartmann J.M., Perrin M.Y., Ma Q., Tipping R.H.* The infrared continuum of pure water vapor: Calculations and high-temperature measurements // *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer.* 1993. V. 49, N 6. P. 675–691. DOI: 10.1016/0022-4073(93)90010-F.
43. *Ma Q., Tipping R.H.* A near-wing correction to the quasistatic far-wing line shape theory // *J. Chem. Phys.* 1994. V. 100, N 4. P. 2537–2546.
44. *Devir A.D., Neumann M., Lipson S.G., Oppenheim U.P.* Water vapour continuum absorption in the 15- to 25 μm spectral region: Evidence for $(\text{H}_2\text{O})_2$ in the atmosphere // *Opt. Eng.* 1994. V. 33, N 3. P. 746–750.
45. *Bauer A., Godon M., Carlier J., Ma Q.* Water vapor absorption in the atmospheric window at 239 GHz // *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer.* 1995. V. 53, N 4. P. 411–423. DOI: 10.1016/0022-4073(95)90016-0.
46. *Tipping R.H., Ma Q.* Theory of the water continuum and validations // *Atmos. Res.* 1995. V. 36, N 1–2. P. 69–94. DOI: 10.1016/0169-8095(94)00028-C.
47. *Tobin D.C., Strow L.L., Lafferty W.J., Olson W.B.* Experimental investigation of the self- and N_2 -broadened continuum within the ν_2 band of water vapor // *Appl. Opt.* 1996. V. 35, N 24. P. 4724–4734. DOI: 10.1364/AO.35.004724.
48. *Rosenkranz P.W.* Water vapor microwave continuum absorption: A comparison of measurements and models // *Radio Sci.* 1998. V. 33, N 4. P. 919–928. DOI: 10.1029/98RS01182.
49. *Ma Q., Tipping R.H.* The averaged density matrix in the coordinate representation: Application to the calculation of the far-wing line shapes for H_2O // *J. Chem. Phys.* 1999. V. 111, N 13. P. 5909–5921. DOI: 10.1063/1.479886.
50. *Ma Q., Tipping R.H.* The density matrix of $\text{H}_2\text{O}-\text{N}_2$ in the coordinate representation: A Monte Carlo calculation of the far-wing line shape // *J. Chem. Phys.* 2000. V. 112, N 2. P. 574–584. DOI: 10.1063/1.480550.
51. *Vigasin A.A.* Water vapor continuous absorption in various mixtures: Possible role of weakly bound complexes // *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer.* 2000. V. 64, N 1. P. 25–40.
52. *Keller-Rudek H., Moortgat G.K., Sander R., Sørensen R.* The MPI-Mainz UV/VIS spectral atlas of gaseous molecules of atmospheric interest // *Earth Sys. Sci. Data.* 2013. V. 5. P. 365–373.
53. *Laurentiev N.A., Rodimova O.B., Fazliev A.Z.* Systematization of graphically plotted published spectral functions of weakly bound water complexes // *Proc. SPIE.* 2016. V. 10035. P. 100350C-1–100360C-12.
54. *Laurentiev N.A., Rodimova O.B., Fazliev A.Z., Vigasin A.A.* Systematization of published research graphics characterizing weakly bound molecular complexes with carbon dioxide // *Proc. SPIE.* 2017. V. 10466. P. OE [10455-286].
55. *Akhlestin A.Yu., Laurentiev N., Rodimova O., Fazliev A.* The continuum absorption: trust assessment of published graphical information // *Proc. SPIE.* 2019. V. 11208. P. 112080. DOI: 10.1117/12.2541741.
56. *Laurent'ev N.A., Rodimova O.B., Fazliev A.Z.* Systematization of published scientific graphics characterizing the water vapor continuum absorption. I. Publications of 1898–1980 // *Proc. SPIE.* 2018. V. 10833. P. 108330A-9. DOI: 10.1117/12.2504325.
57. *Rosenkranz P.W.* Pressure broadening of rotational bands. I. A statistical theory // *J. Chem. Phys.* 1985. V. 83, N 12. P. 6139–6144.
58. *Fano U.* Pressure broadening as a prototype of relaxation // *Phys. Rev.* 1963. V. 131, N 1. P. 259–268.
59. *Творогов С.Д., Несмелова Л.И.* Радиационные процессы в крыльях полос атмосферных газов // *Изв. АН СССР. Физ. атмосф. и океана.* 1976. Т. 12, № 6. С. 627–633.
60. *Несмелова Л.И., Родимова О.Б., Творогов С.Д.* Контур спектральной линии и межмолекулярное взаимодействие. Новосибирск: Наука, 1986. 216 с.
61. *Несмелова Л.И., Родимова О.Б., Творогов С.Д.* Коэффициент поглощения света в крыле полосы 4,3 μm CO_2 // *Изв. вузов. Физ.* 1980. Вып. 10. С. 106–107.
62. *Несмелова Л.И., Родимова О.Б., Творогов С.Д.* Температурная зависимость коэффициента поглощения за кантом полосы 4,3 μm CO_2 // *Докл. АН. СССР.* 1987. Т. 294, № 1. С. 68–71.

N.A. Laurentiev, O.B. Rodimova, A.Z. Fazliev. **Systematization of published scientific graphics characterizing the water vapor continuum absorption: II. Publications of 1981–2000.**

The article provides a brief overview of the collection of GrafOnto water absorption plots in the 1981–2000 interval. This collection is hosted in the W@DIS information system (wadis.saga.iao.ru). Most of the ordinates of the plots belong to three groups of functions describing the dependence of the absorption coefficient and the transmission function on wavenumber, the dependence of the absorption coefficient on temperature and the correction factor χ for the frequency-dependent Lorentz contour. The article describes two ways to find plots in the collection: a simple search by three publication attributes and an attribute search by 14 properties, including the properties of a primitive plot, substance, and function parameters and properties of an information resource and publication. Such a search is necessary for users to find the desired primitive plots, and is used when combining primitive plots into a compound plot taking into account the user's requirements.