

УДК 551.510 : 541.13

© 1990 г.

## ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ КИНЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПО АТМОСФЕРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ

*Керр Дж. А.*

Рассмотрено развитие баз данных по химической кинетике и фотохимии для применения в модельных исследованиях атмосферы. Приведена сводная таблица по химии образования стратосферного озона, в которой реакции сгруппированы по семействам —  $O_x$ ,  $HO_x$ ,  $NO_x$ ,  $ClO_x$ , органические реакции. Подробно описан подход к выбору рекомендуемых значений кинетических и фотохимических величин, разработанный экспертами CODATA/IUPAC. Обзор завершается кратким обсуждением ближайшей перспективы развития экспертных оценок данных для атмосферной химии.

Библиография — 40 ссылок.

### ОГЛАВЛЕНИЕ

I. Введение	1627
II. Семейства реакций в атмосферной химии	1628
III. Формат представления данных	1630
IV. Составление списков данных	1630
V. Таблица реакций и рекомендуемых кинетических величин	1634

### I. ВВЕДЕНИЕ

Работы по экспертным оценкам кинетических данных для применения в атмосферном моделировании были начаты в 1971 г. Информационным центром по химической кинетике в Национальном Бюро Стандартов (Вашингтон). Толчком послужило предположение о том, что следствием химических превращений с участием окиси азота, выбрасываемой сверхзвуковыми самолетами, может быть существенное уменьшение содержания озона в стратосфере [1, 2]. Работы по экспертным оценкам кинетических данных в Национальном Бюро Стандартов вскоре были включены в Программу оценки влияния на климат (Министерство транспорта США). Эта программа основана в 1970—1971 гг. с целью определения возможных экологических последствий загрязнения стратосферы выхлопами самолетов. Характерную черту программы составляла работа по оценке фотохимических и кинетических параметров стратосферных реакций: эта работа опубликована в открытой печати, а также в докладах Национального Бюро Стандартов [3, 4].

В сентябре 1974 г. Экспертная группа по химической кинетике CODATA провела международный симпозиум «Кинетические данные для верхней и нижней атмосферы». Этот симпозиум и его опубликованные труды [5] явились краеугольным камнем в установлении важности кинетической информации для химии атмосферы.

В 1976 г. Национальное управление по авиации и исследованию космического пространства США (НАСА) взяло на себя обязательство оценить влияние выбросов фреонов на стратосферный озон. Следующей вехой в создании обзоров данных по атмосферным процессам была публикация НАСА 1010 «Хлорфторметаны и стратосфера» [6]. Эта публикация стала первым из регулярных обзоров кинетических и фотохимических данных для стратосферного моделирования, которые готовит экспертная группа НАСА и публикует Лаборатория реактивного движения в Пасадене (Калифорния). В этой серии с 1977 г. выходит пример-

но один обзор каждые 18 месяцев. Уже выпущено сообщение под № 9, и работа продолжается [7].

Одновременно с началом публикаций НАСА было признано необходимым организовать международную экспертную группу по подготовке обзоров кинетических параметров для реакций, относящихся к химии атмосферы. Принципиальной основой такого подхода явилась глобальность объекта исследования. Была вновь создана Рабочая группа CODATA по химической кинетике под эгидой Международного совета научных союзов. Первая публикация этой международной группы [8] относится к 1980 г. Дополнения были выпущены в 1982, 1984, 1989 гг. [9]. Последнее из этих сообщений было подготовлено Подкомитетом IUPAC по оценке данных для атмосферной химии, который заменил рабочую группу CODATA и продолжает выполнять работу по созданию обзоров кинетических данных.

Между экспертной группой НАСА и группой CODATA/IUPAC в течение последних 13 лет существует тесное сотрудничество. Обзоры НАСА публикуются чаще и нацелены на стратосферную химию, тогда как обзоры CODATA/IUPAC включают как стратосферные, так и тропосферные реакции. Обе группы подготовили общий обзор данных для включения в сообщение Всемирной метеорологической организации «Стратосфера» [10].

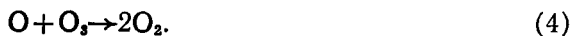
Создание этих двух независимых экспертных групп, дополняющих друг друга, позволяет решать трудную задачу по оценке кинетических и фотохимических данных на коллективной основе. Группа НАСА (США) располагает национальной структурой распространения данных, тогда как международный подкомитет IUPAC имеет более широкую базу, но публикует обзоры реже.

В настоящей работе рассмотрены подход и результаты обзоров подкомитета IUPAC по кинетическим и фотохимическим данным для атмосферной химии.

В качестве иллюстрации приведен список данных для одной из реакций, а полный перечень реакций приведен вместе с рекомендуемыми значениями констант скорости и погрешностями.

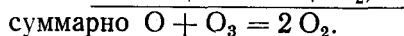
## II. СЕМЕЙСТВА РЕАКЦИЙ В АТМОСФЕРНОЙ ХИМИИ

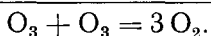
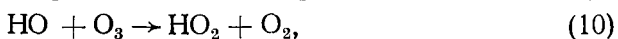
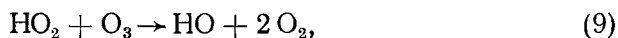
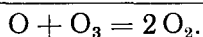
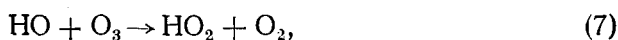
В 1930 г. Чепмен предложил фотохимическую теорию образования стратосферного озона в реакциях с участием частиц, содержащих только кислород [11, 12].



Эти реакции составляют основу семейства  $\text{O}_x$ . В последнее время к нему были добавлены реакции колебательного и электронно-возбужденных частиц (см. гл. V).

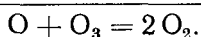
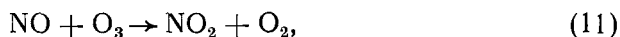
Измерения константы скорости реакции (4), выполненные в 50-х гг. показали, что эта реакция гораздо медленнее, чем считалось в то время, когда Чепмен предложил свою теорию. Значение концентрации озона, вычисленное по реакциям (1)–(4) методом стационарных концентраций, оказалось выше, чем наблюдаемое в атмосфере. Чтобы объяснить это расхождение, Хант [13] предположил, что в каталитических циклах гибели озона принимают участие частицы  $\text{HO}_x$  ( $\text{H}$ ,  $\text{HO}$ ,  $\text{HO}_2$ ), впервые введенные Бейтом и Николе [14]





Реакции (5)—(10) образуют часть семейства реакций  $\text{NO}_x$ , приведенного ниже в табл. 2.

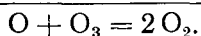
Следующая ступень развития теории фотохимического образования озона пришлась на начало 70-х гг., когда Крутцен [1] предложил каталитический цикл с участием  $\text{NO}_x$ . Вскоре Джонстон [2] предположил, что окислы азота из выхлопов сверхзвуковых самолетов приводят к истощению озонового слоя, что имеет серьезные биологические последствия из-за увеличения прозрачности атмосферы для ультрафиолетовых лучей.



Так было введено в рассмотрение семейство реакций  $\text{NO}_x$ , представленное ниже в табл. 2, из которой видно, что существует значительное взаимодействие между каталитическим циклом  $\text{NO}_x$  и семействами  $\text{HO}_x$  и  $\text{ClO}_x$  (см. ниже). Один из путей такого взаимодействия — реакции, прямо влияющие на переход частиц  $\text{NO}_x$  и  $\text{ClO}_x$  в другие активные формы, например



Еще большую остроту проблеме разрушения озонового слоя придало предположение Молины и Роуленда [15], что атомы хлора, образующиеся при фотохимическом распаде хлорфторуглеводородов (ХФУ) в верхней стратосфере, могут вести к значительной гибели озона в каталитическом цикле



Впоследствии в семейство  $\text{ClO}_x$  было добавлено значительное число дополнительных реакций (см. ниже табл. 2).

Хлорфторуглеводороды быстро накапливаются в атмосфере, и вследствие большого времени жизни было бы невозможно нейтрализовать их действие в обозримое время. Поэтому возникает потребность в предсказательных математических моделях, способных описать поведение атмосферного озона сейчас и в будущем. Такие модели интенсивно разрабатываются в течение последних 15 лет. Одномерные модели с переносом в настоящее время заменяются двумерными (широта — высота). И те и другие модели включают свыше 150 элементарных газофазных химических и фотохимических реакций. Характеристики этих моделей, а также базы кинетических данных периодически рассматриваются в обзорах, так что предсказание изменений содержания озона опирается на надежные научные основания.

Большой неожиданностью явилось в 1985 г. сообщение [16] о существенном уменьшении содержания озона в весеннее время над Антарктидой («озонная дыра»). Модели не предсказывали таких изменений. Последующие интенсивные полевые и лабораторные исследования обнаружили новые химические процессы в нижней стратосфере. К таким процессам относятся гетерогенные реакции на поверхности полярных стратосферных облаков, которые образуются при конденсации паров

воды с примесями азотной кислоты. Эти реакции переводят большую часть хлора в каталитически активную форму. Так было показано, что серьезнейшую угрозу озону представляет хлор. Эти исследования привели к попыткам заменить долгоживущие хлорфторуглеводороды веществами с близкими свойствами, но легче удаляемыми из атмосферы, например в реакции с радикалом HO в тропосфере.

Тропосферная фотохимия стала быстро развиваться после того, как было высказано предположение об относительно больших стационарных концентрациях HO и HO<sub>2</sub> в тропосфере при солнечном свете [17]. Поскольку радикалы HO высокореакционноспособны, реакция с ними — важный сток большинства следовых примесей. Дальнейший прогресс в тропосферной химии связан с изучением фотохимического образования оксидантов или смога. Демерджиан с соавт. [18] впервые сформулировали механизмы окисления углеводородов в присутствии NO<sub>x</sub> с образованием озона в загрязненном воздухе. Кинетические данные для моделирования тропосферной химии представлены в табл. 2 в разделе «Органические реакции».

Сложность как тропосферной, так и стратосферной химии требует точных данных о множестве элементарных газофазных реакций. Экспертная оценка данных сыграла большую роль в соединении экспериментальной и теоретической информации. В следующих главах настоящего обзора описан подход к оценке данных для атмосферной химии.

### III. ФОРМАТ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ

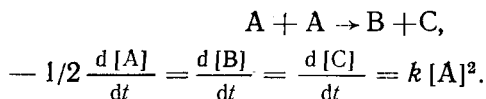
В начале работы по экспертным оценкам химических и фотохимических данных рабочая группа CODATA должна была выбрать подходящий формат представления данных. Предыдущие обзоры были либо подробными, с детальными обсуждениями отдельных измерений, как, например, обзоры по высокотемпературной кинетике [19], либо сокращенными, как в ранних таблицах Национального Бюро Стандартов [4]. Группа CODATA выбрала промежуточную степень подробности: обозначены экспериментальные методы и условия, подробно обсуждены расхождения между результатами различных исследований. Это было достигнуто благодаря использованию подхода «список данных», в котором информация суммируется и обсуждается в стандартизированной форме для каждой элементарной реакции. Реакции сгруппированы по семействам: O<sub>x</sub>, HO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, органические, SO<sub>x</sub>, FO<sub>x</sub>, ClO<sub>x</sub>, BrO<sub>x</sub>, IO<sub>x</sub>.

### IV. СОСТАВЛЕНИЕ СПИСКОВ ДАННЫХ

#### 1. Термические реакции

Список данных [9] начинается с записи уравнения реакции с учетом всех ее осуществимых путей. Затем приводится величина изменения энтальпии при 298 К. Имеющиеся кинетические данные представлены в четырех разделах — константы скорости, полученные из абсолютных и относительных измерений, параметры разветвления, рекомендуемые значения констант с указанием экспертной группы.

Поскольку все рассматриваемые реакции — элементарные химические процессы, то выражение для скорости реакции записывается, согласно уравнению реакции



Таким образом, стехиометрический коэффициент 2 для A появляется в знаменателе перед скоростью изменения [A] (она равна 2k[A]<sup>2</sup>) и в показателе степени в правой части уравнения.

Константы скорости бимолекулярных реакций представлены в форме простого уравнения Аррениуса:  $k = A \cdot \exp(-B/T)$ , где  $B = E/R$  может

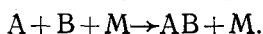
быть как положительным, так и отрицательным. Для констант скорости реакций рекомбинации и диссоциации, зависящих от давления, использована неаррениусовская температурная зависимость, что обсуждается в следующем разделе.

Кинетические данные снабжены комментариями, в которых изложены экспериментальные детали. Рекомендуемые значения констант скорости приведены для 298 К, а также в форме температурной зависимости для указанной области температур. Указаны погрешности в  $\lg k$  при 298 К и в величинах  $E/R$  для области температур рекомендуемого значения констант скорости. В комментарии обоснован выбор рекомендуемых значений и приводится другая сопутствующая информация.

Типичный список данных для термической реакции  $\text{HO} + \text{HCHO} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HCO}$  приведен в табл. 1.

## 2. Реакции рекомбинации и диссоциации

Скорости реакций рекомбинации и диссоциации зависят от температуры  $T$ , природы частиц и концентрации третьей частицы  $M$



Константы скорости таких реакций должны выражаться в более сложной форме, чем константы простых бимолекулярных реакций. Реакции рекомбинации описываются законом псевдо-второго порядка

$$\frac{d[AB]}{dt} = k[A][B].$$

Здесь константа скорости второго порядка  $k$  зависит от  $[M]$ . Предел низкого давления для константы третьего порядка характеризуется величиной  $k_0$ , пропорциональной  $[M]$

$$k_0 = \lim_{[M] \rightarrow 0} k([M]).$$

Предел высокого давления (бимолекулярная константа) характеризуется величиной  $k_\infty$ , не зависящей от  $[M]$

$$k_\infty = \lim_{[M] \rightarrow \infty} k([M]).$$

Для реакций рекомбинации в области низких давлений в таблице представлены константы второго порядка, выраженные произведением константы третьего порядка на концентрацию третьей частицы. Переход между областями третьего и второго порядка описывается приведенным выражением спада  $k/k_\infty$  как функции

$$k_0/k_\infty = [M]/[M]_c,$$

где «центр кривой спада»  $[M]_c$  обозначает такую концентрацию третьей частицы, при которой экстраполированное значение  $k_0$  совпадает с  $k_\infty$ . Это показано на рисунке. Зависимость  $k$  от  $[M]$ , вообще говоря, сложная, и для ее анализа необходимо применять теорию мономолекулярных реакций. Для умеренно сложных молекул в области не очень высоких температур, однако, применимо приближенное выражение

$$k = \frac{k_0 k_\infty}{k_0 + k_\infty} F = k_0 \frac{1}{1 + [M]/[M]_c} F = k_\infty \frac{[M]/[M]_c}{1 + [M]/[M]_c} F,$$

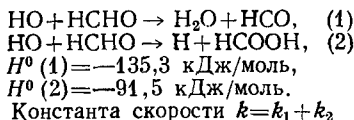
где первые члены представляют собой выражение Линдемана — Хиншельвуда, а дополнительный расширяющий множитель  $F$  при не очень высоких температурах задается [35—37]

$$\lg F \cong \frac{\lg F_c}{1 + [\lg ([M]/[M]_c)]^2}.$$

Таким образом, три величины —  $k_0$ ,  $k_\infty$  и  $F_c$  вместе с

$$[M]_c = \frac{k_\infty}{k_0/[M]}$$

## Типичный список данных из обзора CODATA [9]



$k$ , $\text{см}^3 \cdot \text{с}^{-1}$	$T$ , К	Ссылки	Примечание **
Абсолютные измерения			
$(8,1 \pm 0,5) \cdot 10^{-12}$	296	[20]	1
$(1,66 \pm 0,20) \cdot 10^{-11} \exp(-86/T)$	296—576	[21]	2
$(1,25 \pm 0,11) \cdot 10^{-11}$	298		
Относительные измерения			
$(8,4 \pm 0,5) \cdot 10^{-12}$	299	[22]	3
Параметры разветвления			
$k_1/k = 1,00 \pm 0,05$	296	[20]	1
$k_2/k < 0,02$	299	[22]	3
Ранее рекомендованные значения			
$1,1 \cdot 10^{-11}$	200—425	[23]	4
$5,0 \cdot 10^{-11} \exp(-600/T)$	300—2500	[24]	5
$1,0 \cdot 10^{-11}$	228—426	[25]	6
$9,0 \cdot 10^{-12}$	228—426	[26]	7
$5,7 \cdot 10^{-15} T^{1,18} \exp(225/T)$	300—1660	[27]	8
$1,0 \cdot 10^{-11}$	228—426	[28]	6
Рекомендуемые значения *			
$1,1 \cdot 10^{-11}$	298	—	—
$1,6 \cdot 10^{-11} \exp(-110/T)$	230—580	—	—
$k_1/k = 1,0$	298	—	—
Надежность			
$\Delta \lg k = \pm 0,1$ при 298 К			
Определение погрешностей			
$\Delta(E/R) = \pm 150 \text{ К};$			
$\Delta(k_1/k) = \pm 0,1$ при 298 К.			

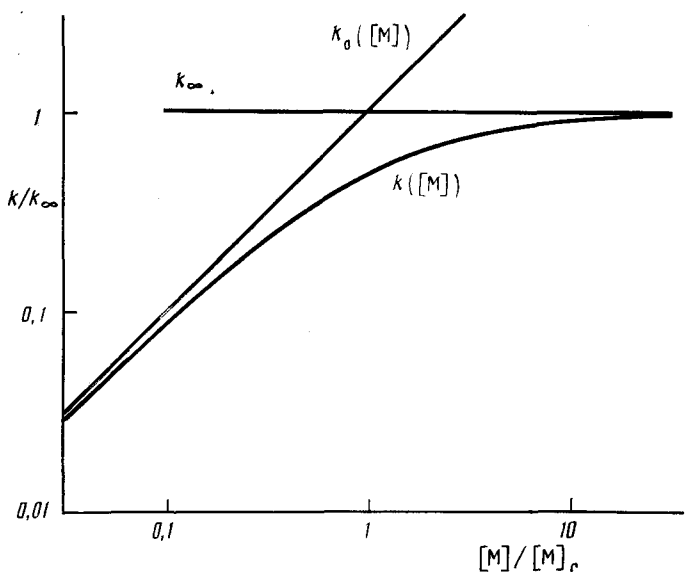
\* Рекомендуемые значения получены по методу наименьших квадратов с использованием абсолютных констант скорости, определенных в [20, 21, 30, 31] и хорошо согласующихся между собой при комнатной температуре. Результаты относительных измерений, полученные в [22, 29, 34], соответствуют рекомендуемым значениям при 298 К: анализ продуктов [20, 22] показывает, что при 298 К эта реакция идет преимущественно по пути 1 с образованием  $\text{H}_2\text{O} + \text{HCO}$ .

\*\* Цифры в графе примечание означают: 1) разряд в потоке—детектирование радикалов HO и HCO методом лазерного магнитного резонанса. Отношение  $k_1/k$  получено по количеству образовавшегося HCO в сравнении с прореагировавшим HO; 2) лазерный фотолиз—детектирование HO методом лазерно-индуцированной флуоресценции; 3) метод относительных скоростей. Радикалы HO генерировали фотолизом смесей  $\text{CH}_3\text{ONO}-\text{NO}$ —воздух и  $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONO}-\text{NO}$ —воздух, при общем давлении воздуха 700 мм рт. ст. Скорости исчезновения  $\text{H}^18\text{CHO}$  и  $\text{C}_2\text{H}_4$  определяли методом ИК-спектроскопии. От отношения констант  $k/k$  ( $\text{HO} + \text{C}_2\text{H}_4$ ) =  $0,99 \pm 0,06$  переходили к абсолютному значению, принимая  $k$  ( $\text{HO} + \text{C}_2\text{H}_4$ ) =  $8,5 \cdot 10^{-12} \text{ см}^3/\text{с}$  [26]. Изотопным эффектом  $^{13}\text{C}$  пренебрегали. Отношение  $k_2/k$  0,02 было оценено, исходя из отсутствия в продуктах  $\text{H}^{18}\text{COOH}$ ; 4) получено как среднее констант скорости, определенных в [29—31]; 5) основано главным образом на данных о константе скорости [30, 32, 33]; 6) значение константы скорости при 298 К является средним абсолютных значений, определенных в [30, 31]. Эти данные не свидетельствуют о какой-либо температурной зависимости констант скорости; 7) получено по значениям, определенным в [20, 22, 30, 31] в предположении, что константа не зависит от температуры [24, 30]; 8) основано на данных [30—33].

характеризуют кривые спада для рассматриваемых целей. Могут также быть использованы величины  $k_\infty$ ,  $[M]_c$  и  $F_c$  или  $k_0$ ,  $[M]_c$ ,  $F_c$ . Температурная зависимость  $F_c$ , существенная в некоторых случаях, может быть оценена по методу Трое [35—37]. Результаты обычно представляются приближенным уравнением

$$F_c = (1-a) \exp(-T/T^{***}) + a \exp(-T/T^*) + \exp(-T^{**}/T).$$

Первые два слагаемых существенны в атмосферных условиях, а третье в большинстве случаев начинает давать вклад при гораздо более высоких температурах. В первых обзорах для простоты принималось  $a=1$  и  $T_c^{**} \approx 4 T^*$ . Если известны значения  $F_c$  только для одной температуры,



Приведенная кривая спада  $k/k_{\infty}$  как функция  $[M]/[M]_c$ .

подход остается таким же. Часто член  $\exp(-T^{**}/T)$  пренебрежимо мал при температурах ниже 300 К. Для более подробного рассмотрения, однако, потребуется определять  $a$ ,  $T^{***}$ ,  $T^*$  и  $T^{**}$ . Теоретические предсказания [35—37] были сделаны при помощи строгих моделей типа РРКМ с учетом влияния слабых столкновений. Для реакций, существенных в атмосфере, систематические вычисления такого типа представлены Патриком и Голденом [38]. Остается открытым вопрос, применимы ли эти вычисления к безбарьерным реакциям рекомбинации радикалов, где важны вращательные эффекты. Изменения  $F_c$  могут потребовать изменения значений пределов  $k_0$  и  $k_{\infty}$ . Для целей настоящего обзора это в большинстве случаев несущественно, если рекомендуемые  $k_0$  и  $k_{\infty}$  согласуются с рекомендуемыми  $F_c$ .

Зависимость  $k_0$  и  $k_{\infty}$  от температуры  $T$  имеет степенной вид:  $K \sim T^{-n}$  (кроме случаев с заметной величиной энергетического барьера). Такая форма температурной зависимости использована потому, что она часто дает лучшее согласие с экспериментальными данными в широком диапазоне температур, чем закон Аррениуса. Зависимость  $k_0$  от природы третьей частицы обычно отражена в относительных эффективностях  $M_1$  и  $M_2$

$$\{k_0(M_1)/[M_1]\} : \{k_0(M_2)/[M_2]\}.$$

Несколько термических реакций диссоциации, представляющих интерес, рассмотрены аналогично реакциям рекомбинации с константами псевдопервого порядка  $k(M)$ . Константы скорости, выраженные в  $\text{с}^{-1}$ , обозначены в таблицах символами  $k_0/\text{с}^{-1}$  и  $k_{\infty}/\text{с}^{-1}$ . Множитель  $F_c$  имеет один и тот же смысл в реакциях рекомбинации и диссоциации.

### 3. Фотохимические реакции

В обзорах CODATA/IUPAC таблицы данных начинаются с перечня первичных фотохимических переходов при длинах волн не меньше 170 нм, приведены также соответствующие изменения энтальпии при 0 К, где это возможно, в противном случае при 298 К. Приведены также пороговые значения длин волн, соответствующие этим изменениям энтальпии.

Затем собраны имеющиеся экспериментальные данные о сечениях поглощения и квантовых выходах. Эти данные сопровождаются комментариями. Затем приведены рекомендуемые значения сечений поглощения и квантовых выходов для длин волн с интервалом 5 нм, где это возможно. Во многих случаях дополнительно показаны диаграммы зависимости сечений поглощения и квантовых выходов от длины волны. В коммен-

тариях обоснован выбор рекомендуемых значений и рассмотрены некоторые другие вопросы.

#### 4. Сечения поглощения

В сборниках данных CODATA/IUPAC эти величины приводятся под названием «сечения поглощения на молекулу, основание е». Они определены в соответствии с уравнениями

$$I/I_0 = \exp(-\sigma Nl), \\ \sigma = (1/(Nl)) \cdot \ln(I_0/I),$$

где  $I_0$  и  $I$  есть интенсивности падающего и прошедшего света,  $\sigma$  — сечение поглощения,  $\text{см}^2$ ,  $N$  — число частиц поглощающего вещества,  $\text{см}^{-3}$ ,  $l$  — длина прохода луча, см. Используются и другие определения и единицы измерения. Нередко приводятся тесно связанные величины «коэффициент поглощения» и «коэффициент экстинкции», но не следует смешивать их определения. Всегда необходимо обращать внимание на единицы измерения концентрации, длины прохода, а также на тип используемого в определении логарифма (натуральный или десятичный).

#### 5. Определение погрешностей

В таблицах CODATA/IUPAC под заголовком «надежность» оценена абсолютная погрешность рекомендуемых величин  $k$  при 298 К и величин  $E/R$  в указанном интервале температур. Эти пределы ошибок также приведены ниже в табл. 2. Погрешности рекомендуемых значений констант скорости при 298 К выражены членом

$$\Delta \lg k = D; \lg k = C \pm D.$$

Это равнозначно определению  $k$  с точностью до множителя  $F$ , где  $D = \lg F$ . Точность рекомендуемых значений  $E/R$  выражена членом  $\Delta(E/R)$ , где  $\Delta(E/R) = G$ , и  $G$  определяется уравнением  $E/R = H \pm G$ .

Определение абсолютных ошибок  $k$  и  $E/R$  выполнено экспертной группой. Опыт показывает, что для реакций атомов и свободных радикалов в газовой фазе точность (воспроизводимость) измерений обычно хорошая. Так, для отдельного исследования определенной реакции одним методом стандартное отклонение (или даже 90% доверительный интервал) составляет, как сообщается в литературе, не более  $\pm 10\%$ . К сожалению, при сравнении данных, полученных разными группами с использованием разных методов по одной и той же реакции часто оказывается, что константы скорости различаются в 2 раза или даже больше. Это означает, что одно или несколько исследований содержат большие систематические ошибки, которые трудно обнаружить. И это неудивительно, так как в отличие от молекулярных реакций, не всегда возможно изучать реакции атомов и радикалов изолированно, и, следовательно, часто возникают экспериментальные трудности.

Критические оценки ошибок в выборках CODATA/IUPAC основаны, главным образом, на состоянии наших знаний по определенной реакции, зависящих от числа выполненных исследований и от количества использованных методов. В целом, пределы ошибок расширены. Так, в случае единственного исследования одним методом, не подтвержденного независимыми работами, принимаются как минимум двукратные пределы ошибок.

#### У. ТАБЛИЦА РЕАКЦИЙ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ КИНЕТИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Полный перечень химических реакций и рекомендуемых кинетических параметров из последнего обзора IUPAC приведен в табл. 2. К сожалению, оказалось невозможно представить в сжатой форме фотохимические данные, и мы отсылаем читателя к полным публикациям CODATA/IUPAC [9].

Сводные данные по реакциям и рекомендуемым значениям констант скорости

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$ , К
Реакции $O_x$					
$O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$	$6,2 \cdot 10^{-34} [O_2] (k_0)$ $5,7 \cdot 10^{-32} [N_2] (k_0)$ $2,8 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$ $F_c = 0,65$	$\pm 0,1$ $\pm 0,1$ $\pm 0,2$ $\Delta F_c = \pm 0,1$	$6,2 \cdot 10^{-34} (T/300)^{-2} [O_2]$ $5,7 \cdot 10^{-34} (T/300)^{-2,8} [N_2]$ $2,8 \cdot 10^{-12}$ $F_c = \exp(-T/696)$	200—300 200—300 200—300 200—300	$\Delta n = \pm 0,5$ $\Delta n = \pm 0,5$ $\Delta n = \pm 0,5$ —
$O + O_2 \rightarrow O_3^*$	см. [9]				
$O_3^* + M \rightarrow O_3 + M$	см. [9]				
$O + O_3 \rightarrow 2O_2$	$8,0 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,08$	$8,0 \cdot 10^{-12} \exp(-2060/T)$	220—400	$\pm 200$
$O + O_3 \rightarrow \text{продукты}$	$1,5 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,5$	—	—	—
$O(^1D) + O_2 \rightarrow O(^3P) + O_2$	$4,0 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$3,2 \cdot 10^{-11} \exp(+67/T)$	200—350	$\pm 100$
$O(^1D) + O_3 \rightarrow O_2 + 2O(^3P)$	$1,2 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,1$	$1,2 \cdot 10^{-10}$	100—400	$\pm 100$
$\rightarrow 2O_2(^3\Sigma_g^-)$	$1,2 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,1$	$1,2 \cdot 10^{-10}$	100—400	$\pm 100$
$O_2^* + O_3 \rightarrow$	см. [9]				
$O_2(^1\Delta_g) + M \rightarrow O_2(^3\Sigma_g^-) + M$	$1,6 \cdot 10^{-18} (M = O_2)$ $\leq 1,4 \cdot 10^{-19} (M = N_2)$ $5 \cdot 10^{-18} (M = H_2O)$ $\leq 2 \cdot 10^{-20} (M = CO_2)$	$\pm 0,2$ — $\pm 0,3$ —	$3,0 \cdot 10^{-18} \exp(-200/T)$ — — —	100—450 — — —	$\pm 200$ — — —
$O_2(^1\Sigma_g^+) + M \rightarrow O_2(^3\Sigma_g^-) + M$	$8,0 \cdot 10^{-14} (M = O)$ $4,0 \cdot 10^{-17} (M = O_2)$ $2,0 \cdot 10^{-15} (M = N_2)$ $4,0 \cdot 10^{-12} (M = H_2O)$ $4,1 \cdot 10^{-13} (M = CO_2)$	$\pm 0,3$ $\pm 0,3$ $\pm 0,1$ $\pm 0,3$ $\pm 0,1$	— — $2,0 \cdot 10^{-15}$ — $4,1 \cdot 10^{-13}$	— — 200—300 — 245—350	— — $\pm 200$ — $\pm 200$
$O_2(^1\Sigma_g^+) + O_3 \rightarrow \text{продукты}$	$2,2 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,06$	$2,2 \cdot 10^{-11}$	295—360	$\pm 300$
$O_3(^1\Sigma_g^+) + O_2 \rightarrow O_2(^3\Sigma_g^-) + O_2$	см. [9]				
$O_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$O_3 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				

Таблица 2\* (продолжение)

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$ , К
Реакции $\text{HO}_x$					
$\text{H} + \text{HO}_2 \rightarrow \text{H}_2 + \text{O}_2$	$5,6 \cdot 10^{-12}$ —	$\pm 0,5$	$5,6 \cdot 10^{-12}$	245—300	$\pm 200$
$\rightarrow 2\text{HO}$	$7,2 \cdot 10^{-11}$ —	$\pm 0,1$	$7,2 \cdot 10^{-11}$	245—300	$\pm 200$
$\rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}$	$2,4 \cdot 10^{-12}$ —	$\pm 0,5$	$2,4 \cdot 10^{-12}$	245—300	$\pm 200$
$\text{H} + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{HO}_2 + \text{M}$	$5,9 \cdot 10^{-32} [\text{O}_2] (k_0)$	$\pm 0,1$	$5,9 \cdot 10^{-32} (T/300)^{-1,0} [\text{O}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 0,6$
	$5,9 \cdot 10^{-32} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,1$	$5,9 \cdot 10^{-32} (T/300)^{-1,0} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 0,6$
	$7,5 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,2$	$7,5 \cdot 10^{-11} (T/300)^{+0,8}$	200—300	$\Delta n = \pm 0,6$
	$F_c = 0,55$	$\Delta F_c = \pm 0,15$	$F_c = \exp(-T/502)$	200—300	—
$\text{H} + \text{O}_3 \rightarrow \text{HO} + \text{O}_2$	$2,8 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,2$	$1,4 \cdot 10^{-10} \exp(-480/T)$	220—360	$\pm 100$
$\text{H} + \text{O}_3 \rightarrow \text{HO}^* + \text{O}_2$	см. [9]	—	—	—	—
$\text{O} + \text{H}_2 \rightarrow \text{HO} + \text{H}$	$9 \cdot 10^{-18}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\text{O} + \text{HO} \rightarrow \text{O}_2 + \text{H}$	$3,3 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$2,3 \cdot 10^{-11} \exp(+110/T)$	220—500	$\pm 100$
$\text{O} + \text{HO}_2 \rightarrow \text{HO} + \text{O}_2$	$5,7 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,08$	$2,9 \cdot 10^{-11} \exp(+200/T)$	200—400	$\pm 100$
$\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{HO} + \text{HO}_2$	$1,7 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,3$	$1,4 \cdot 10^{-12} \exp(-2000/T)$	250—390	$\pm 1000$
$\text{O}(^4\text{D}) + \text{H}_2 \rightarrow \text{HO} + \text{H}$	$1,1 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,1$	$1,1 \cdot 10^{-10}$	200—350	$\pm 100$
$\text{O}(^4\text{D}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HO}$	$2,3 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,1$	$2,3 \cdot 10^{-10}$	200—350	$\pm 100$
$\text{HO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{H}$	$6,7 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,1$	$7,7 \cdot 10^{-12} \exp(-2100/T)$	200—450	$\pm 200$
$\text{HO} + \text{H}_2(v=1) \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{H}$	$8,7 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{HO} + \text{HO} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}$	$1,8 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,15$	—	—	—
$\text{HO} + \text{HO} + \text{M} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{M}$	$6,9 \cdot 10^{-31} [\text{O}_2] (k_0)$	$\pm 0,5$	$6,9 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-0,8} [\text{O}_2]$	200—300	$\Delta n = {}^{+2}_{-0,8}$
	$6,9 \cdot 10^{-31} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,5$	$6,9 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-0,8} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = {}^{+2}_{-0,8}$
	$3,0 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,5$	$3,0 \cdot 10^{-11}$	200—300	$\Delta n = \pm 0,5$
	$F_c = 0,72$	$\Delta F_c = \pm 0,1$	$F_c = \exp(-T/913)$	200—300	—
$\text{HO} + \text{HO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$	$1,1 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,1$	$4,8 \cdot 10^{-11} \exp(+250/T)$	250—400	$\pm 200$
$\text{HO} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HO}_2$	$1,7 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,1$	$2,9 \cdot 10^{-12} \exp(-160/T)$	240—460	$\pm 100$
$\text{HO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{HO}_2 + \text{O}_2$	$6,7 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,15$	$1,9 \cdot 10^{-12} \exp(-1000/T)$	220—450	$\pm 300$
$\text{HO}^* + \text{M} \rightarrow \text{HO} + \text{M}$	см. [9]	—	—	—	—
$\text{HO}^* + \text{O}_3 \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]	—	—	—	—
$\text{HO}_2 + \text{HO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$	$1,6 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,15$	$2,2 \cdot 10^{-13} \exp(+600/T)$	230—420	$\pm 200$

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$ , К
Реакции $\text{HO}_x$					
$\text{HO}_2 + \text{HO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2 + \text{M}$	$4,5 \cdot 10^{-32} [\text{O}_2]$ $5,2 \cdot 10^{-32} [\text{N}_2]$ влияние $\text{H}_2\text{O}$ см. [9]	$\pm 0,15$ $\pm 0,15$	— $1,9 \cdot 10^{-33} \exp(+980/T) [\text{N}_2]$	— 230—420	— $\pm 300$
$\text{HO}_2 + \text{O}_3 \rightarrow \text{HO} + 2\text{O}_2$	$2,0 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,2$	$1,4 \cdot 10^{-14} \exp(-600/T)$	250—350	$+500$ $-100$
$\text{H}_2\text{O} + h\nu \rightarrow \text{HO} + \text{H}$	см. [9]				
$\text{H}_2\text{O}_2 + h\nu \rightarrow 2\text{HO}$	см. [9]				
Реакции $\text{NO}_x$					
$\text{O} + \text{NO} + \text{M} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{M}$	$8,6 \cdot 10^{-32} [\text{O}_2] (k_0)$ $1,0 \cdot 10^{-31} [\text{N}_2] (k_0)$ $3,0 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$ $F_c = 0,85$	$\pm 0,2$ $\pm 0,1$ $\pm 0,2$ $\Delta F_c = \pm 0,1$	$8,6 \cdot 10^{-32} (T/300)^{-1,8} [\text{O}_2]$ $1,0 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-1,6} [\text{N}_2]$ $3,0 \cdot 10^{-11} (T/300)^{+0,3}$ $F_c = \exp(-T/1850)$	200—300 200—300 300—1500 200—300	$\Delta n = \pm 0,5$ $\Delta n = \pm 0,5$ $\Delta n = \pm 0,5$ —
$\text{O} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{O}_2 + \text{NO}$	$9,7 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,06$	$6,5 \cdot 10^{-12} \exp(+120/T)$	230—350	$\pm 120$
$\text{O} + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{NO}_3 + \text{M}$	$9 \cdot 10^{-32} [\text{O}_2] (k_0)$ $9 \cdot 10^{-32} [\text{N}_2] (k_0)$ $2,2 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$ $F_c = 0,8$	$\pm 0,3$ $\pm 0,1$ $\pm 0,1$ $\Delta F_c = \pm 0,1$	$9 \cdot 10^{-32} (T/300)^{-2,0} [\text{O}_2]$ $9 \cdot 10^{-32} (T/300)^{-2,0} [\text{N}_2]$ $2,2 \cdot 10^{-11}$ $F_c = \exp(-T/1300)$	200—400 200—400 200—400 200—400	$\Delta n = \pm 1,0$ $\Delta n = \pm 1,0$ $\Delta n = \pm 0,5$ —
$\text{O} + \text{NO}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{NO}_2$	$1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,5$	—	—	—
$\text{O} + \text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{продукты}$	$\leq 3 \cdot 10^{-16}$	—	$\leq 3 \cdot 10^{-16}$	220—300	—
$\text{O}(^1D) + \text{N}_2 \rightarrow \text{O}(^3P) + \text{N}_2$	$2,6 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$1,8 \cdot 10^{-11} \exp(+107/T)$	200—350	$\pm 100$
$\text{O}(^1D) + \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2 + \text{O}_2$	$4,4 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,15$	$4,4 \cdot 10^{-11}$	200—350	$\pm 100$
$\rightarrow 2\text{NO}$	$7,2 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,15$	$7,2 \cdot 10^{-11}$	200—350	$\pm 100$
$\text{N} + \text{HO} \rightarrow \text{NO} + \text{H}$	$4,9 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,15$	$3,8 \cdot 10^{-11} \exp(+85/T)$	250—500	$\pm 100$
$\text{N} + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{O}$	$8,9 \cdot 10^{-17}$	$\pm 0,1$	$4,4 \cdot 10^{-12} \exp(-3220/T)$	280—333	$\pm 350$
$\text{N} + \text{O}_2(^1\Delta_g) \rightarrow \text{NO} + \text{O}$	$\leq 1 \cdot 10^{-16}$	—	$\leq 1 \cdot 10^{-16}$	200—300	—
$\text{N} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO} + \text{O}_2$	$1 \cdot 10^{-16}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{N} + \text{NO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{O}$	$3,1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,15$	$3,1 \cdot 10^{-11}$	200—400	$\pm 100$
$\text{N} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + \text{O}$	$3,0 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\text{HO} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_2$	$1,6 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,15$	$3,5 \cdot 10^{-12} \exp(-925/T)$	230—450	$\pm 200$

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$ , К
Реакции NO <sub>x</sub>					
HO + HONO → H <sub>2</sub> O + NO <sub>2</sub>	4,9 · 10 <sup>-12</sup>	±0,3	1,8 · 10 <sup>-11</sup> exp(-390/T)	280—340	±400
HO + HONO <sub>2</sub> → H <sub>2</sub> O + NO <sub>3</sub>	1,5 · 10 <sup>-13</sup> (1 атм)	±0,1	см. [9]		
HO + HO <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> → продукты	5,0 · 10 <sup>-12</sup>	±0,2	1,5 · 10 <sup>-12</sup> exp(+360/T)	240—340	+300 -600
HO + NO + M → HONO + M	7,4 · 10 <sup>-31</sup> [O <sub>2</sub> ] (k <sub>0</sub> )	±0,2	7,4 · 10 <sup>-31</sup> (T/300) <sup>-2,4</sup> [O <sub>2</sub> ]	200—440	Δn = ±1,0
	7,4 · 10 <sup>-31</sup> [N <sub>2</sub> ] (k <sub>0</sub> )	±0,1	7,4 · 10 <sup>-31</sup> (T/300) <sup>-2,4</sup> [N <sub>2</sub> ]	200—440	Δn = ±0,5
	1,0 · 10 <sup>-11</sup> (k <sub>∞</sub> )	±0,2	1,0 · 10 <sup>-11</sup>	200—400	Δn = ±0,5
	F <sub>c</sub> = 0,8	ΔF <sub>c</sub> = ±0,1	F <sub>c</sub> = exp(-T/1300)	200—400	—
HO + NO <sub>2</sub> + M → HONO <sub>2</sub> + M	2,2 · 10 <sup>-30</sup> [O <sub>2</sub> ] (k <sub>0</sub> )	±0,1	2,2 · 10 <sup>-30</sup> (T/300) <sup>-2,9</sup> [O <sub>2</sub> ]	200—300	Δn = ±0,5
	2,6 · 10 <sup>-30</sup> [N <sub>2</sub> ] (k <sub>0</sub> )	±0,1	2,6 · 10 <sup>-30</sup> (T/300) <sup>-2,9</sup> [N <sub>2</sub> ]	200—300	Δn = ±0,5
	5,2 · 10 <sup>-11</sup> (k <sub>∞</sub> )	±0,2	5,2 · 10 <sup>-11</sup>	200—300	Δn = ±0,5
	F <sub>c</sub> = 0,43	ΔF <sub>c</sub> = ±0,1	F <sub>c</sub> = exp(-T/353)	200—300	—
HO + NO <sub>3</sub> → HO <sub>2</sub> + NO <sub>2</sub>	2,3 · 10 <sup>-11</sup>	±0,2	—	—	—
HO <sub>2</sub> + NO → HO + NO <sub>2</sub>	8,3 · 10 <sup>-12</sup>	±0,1	3,7 · 10 <sup>-12</sup> exp(+240/T)	230—500	±100
HO <sub>2</sub> + NO <sub>2</sub> + M → HO <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> + M	1,5 · 10 <sup>-31</sup> [O <sub>2</sub> ] (k <sub>0</sub> )	±0,1	1,5 · 10 <sup>-31</sup> (T/300) <sup>-3/2</sup> [O <sub>2</sub> ]	220—360	Δn = ±1
	1,8 · 10 <sup>-31</sup> [N <sub>2</sub> ] (k <sub>0</sub> )	±0,1	1,8 · 10 <sup>-31</sup> (T/300) <sup>-3/2</sup> [N <sub>2</sub> ]	220—360	Δn = ±1
	4,7 · 10 <sup>-12</sup> (k <sub>∞</sub> )	±0,1	4,7 · 10 <sup>-12</sup>	200—300	Δn = ±1
	F <sub>c</sub> = 0,6	ΔF <sub>c</sub> = ±0,1	см. [9]		
HO <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> + M → HO <sub>2</sub> + NO <sub>2</sub> + M	9,3 · 10 <sup>-21</sup> [O <sub>2</sub> ] (k <sub>0</sub> /c <sup>-1</sup> )	±0,3	3,6 · 10 <sup>-6</sup> exp(-10 000/T) [O <sub>2</sub> ] c <sup>-1</sup>	260—300	±500
	1,3 · 10 <sup>-20</sup> [N <sub>2</sub> ] (k <sub>0</sub> /c <sup>-1</sup> )	±0,3	5 · 10 <sup>-6</sup> exp(-10 000/T) [N <sub>2</sub> ] c <sup>-1</sup>	260—300	±500
	0,23 (k <sub>∞</sub> /c <sup>-1</sup> )	±0,6	3,4 · 10 <sup>14</sup> exp(-10420/T) c <sup>-1</sup>	250—300	±500
	F <sub>c</sub> = 0,6	ΔF <sub>c</sub> = ±0,1	—	—	—
HO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub> → O <sub>2</sub> + NONO <sub>2</sub> }	4,3 · 10 <sup>-12</sup>	±0,2	—	—	—
HO + NO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> }					
NH <sub>2</sub> + HO → продукты	рекомендуемого значения нет				
	см. [9]				
NH <sub>2</sub> + HO <sub>2</sub> → продукты	3,4 · 10 <sup>-11</sup>	±0,4	—	—	—
NH <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> → продукты	< 3 · 10 <sup>-18</sup>				
NH <sub>2</sub> + O <sub>3</sub> → продукты	1,7 · 10 <sup>-13</sup>	±0,5	4,9 · 10 <sup>-12</sup> exp(-1000/T)	250—380	±500
NH <sub>2</sub> + NO → продукты	1,6 · 10 <sup>-11</sup>	±0,3	1,6 · 10 <sup>-11</sup> (T/298) <sup>-1,5</sup>	240—500	Δn = ±0,5
NH <sub>2</sub> + NO <sub>2</sub> → продукты	1,9 · 10 <sup>-11</sup>	±0,3	1,9 · 10 <sup>-11</sup> (T/298) <sup>-2,2</sup>	250—500	Δn = ±1,5
2NO + O <sub>2</sub> → 2NO <sub>2</sub>	2,0 · 10 <sup>-38</sup>	±0,1	3,3 · 10 <sup>-39</sup> exp(+530/T)	273—600	±400
NO + O <sub>3</sub> → NO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>	1,8 · 10 <sup>-14</sup>	±0,08	1,8 · 10 <sup>-12</sup> exp(-1370/T)	195—304	±200
NO + NO <sub>3</sub> → 2NO <sub>2</sub>	2,7 · 10 <sup>-11</sup>	±0,12	1,6 · 10 <sup>-11</sup> exp(+150/T)	200—300	±100

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$ , К
Реакции NO <sub>x</sub>					
NO <sub>2</sub> + O <sub>3</sub> → NO <sub>3</sub> + O <sub>2</sub>	3,2 · 10 <sup>-17</sup>	±0,06	1,2 · 10 <sup>-13</sup> exp(−2450/T)	230—360	±150
NO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub> + M → N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + M	2,7 · 10 <sup>-30</sup> [N <sub>2</sub> ] (k <sub>0</sub> )	±0,1	2,7 · 10 <sup>-30</sup> (T/300) <sup>-3,4</sup> [N <sub>2</sub> ]	200—300	Δn = ±0,5
	2,0 · 10 <sup>-12</sup> (k <sub>∞</sub> )	±0,1	2,0 · 10 <sup>-12</sup> (T/300) <sup>+0,2</sup>	200—500	Δn = ±0,6
	F <sub>c</sub> = 0,34				
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + M → NO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub> + M	1,6 · 10 <sup>-19</sup> [N <sub>2</sub> ] (k <sub>0</sub> /с <sup>-1</sup> )	±0,2	2,2 · 10 <sup>-3</sup> (T/300) <sup>-4,4</sup> exp(−11080/T) [N <sub>2</sub> ] с <sup>-1</sup>	200—300	±500
	6,9 · 10 <sup>-2</sup> (k <sub>∞</sub> /с <sup>-1</sup> )	±0,3	9,7 · 10 <sup>14</sup> (T/300) <sup>+0,1</sup> exp(−11080/T) с <sup>-1</sup>	200—300	±500
	F <sub>c</sub> = 0,34	—	—	—	—
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ⇌ NO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub>	см. [9]	—	—	—	—
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + H <sub>2</sub> O → 2HONO <sub>2</sub>	< 2 · 10 <sup>-21</sup>	—	—	—	—
HONO + hν → продукты	см. [9]				
HONO <sub>2</sub> + hν → продукты	см. [9]				
HO <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> + hν → продукты	см. [9]				
NO + hν → продукты	см. [9]				
NO <sub>2</sub> + hν → продукты	см. [9]				
NO <sub>3</sub> + hν → продукты	см. [9]				
N <sub>2</sub> O + hν → продукты	см. [9]				
N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + hν → продукты	см. [9]				
Органические реакции					
O + CH <sub>3</sub> → HCHO + H	1,4 · 10 <sup>-10</sup>	±0,1	1,4 · 10 <sup>-10</sup>	200—900	±100
O + CN <sub>2</sub> → CO + N( <sup>2</sup> D)	1,4 · 10 <sup>-11</sup>	±0,2	—	—	—
→ CO + N( <sup>4</sup> S)	3,4 · 10 <sup>-12</sup>	±0,2	—	—	—
O( <sup>1</sup> D) + CH <sub>4</sub> → HO + CH <sub>3</sub>	1,4 · 10 <sup>-10</sup>	±0,1	1,4 · 10 <sup>-10</sup>	200—300	±100
→ HCHO + H <sub>2</sub>	1,5 · 10 <sup>-11</sup>	±0,1	1,5 · 10 <sup>-11</sup>	200—300	±100
HO + CH <sub>4</sub> → H <sub>2</sub> O + CH <sub>3</sub>	8,3 · 10 <sup>-15</sup>	±0,1	3,7 · 10 <sup>-12</sup> exp(−1820/T)	240—300	±100
HO + C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> + M → C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> OH + M	5 · 10 <sup>-30</sup> [N <sub>2</sub> ] (k <sub>0</sub> )	±0,1	5 · 10 <sup>-30</sup> [N <sub>2</sub> ]	220—300	Δn = ±1
	8,3 · 10 <sup>-13</sup> (k <sub>∞</sub> )	±0,1	8,3 · 10 <sup>-13</sup> (T/300) <sup>+2</sup>	220—300	Δn = ±1
	F <sub>c</sub> = 0,6	ΔF <sub>c</sub> = ±0,2	—	—	—
HO + C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> + M → C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> OH + M	9,5 · 10 <sup>-29</sup> [O <sub>2</sub> ] (k <sub>0</sub> )	±0,3	9,5 · 10 <sup>-29</sup> (T/300) <sup>-3,1</sup> [O <sub>2</sub> ]	200—300	Δn = ±2
	9,5 · 10 <sup>-29</sup> [N <sub>2</sub> ] (k <sub>0</sub> )	±0,3	9,5 · 10 <sup>-29</sup> (T/300) <sup>-3,1</sup> [N <sub>2</sub> ]	200—300	Δn = ±2
	9 · 10 <sup>-12</sup> (k <sub>∞</sub> )	±0,3	9 · 10 <sup>-12</sup>	200—300	Δn = ±1
	F <sub>c</sub> = 0,7	ΔF <sub>c</sub> = 0,2	F <sub>c</sub> = exp(−T/840)	200—300	—

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$ , К
Органические реакции					
$\text{HO} + \text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{C}_2\text{H}_5$	$2,7 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,1$	$7,4 \cdot 10^{-12} \exp(-990/T)$	230—300	$\pm 100$
$\text{HO} + \text{C}_3\text{H}_8 + \text{M} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + \text{M}$	$8 \cdot 10^{-27} [\text{O}_2] (k_0)$	$\pm 1$	$8 \cdot 10^{-27} (T/300)^{-3,5} [\text{O}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$8 \cdot 10^{-27} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 1$	$8 \cdot 10^{-27} (T/300)^{-3,5} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$3,0 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,1$	$3,0 \cdot 10^{-11}$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$F_c = 0,5$	$\Delta F_c = \pm 0,2$	$F_c = \exp(-T/433)$	—	—
$\text{HO} + \text{C}_3\text{H}_8 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{C}_3\text{H}_7$	$1,1 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,15$	$8,6 \cdot 10^{-12} (-610/T)$	~300	$\pm 200$
$\text{HO} + \text{CO} \rightarrow \text{H} + \text{CO}_2$	$(1,5 \cdot 10^{-13}) \cdot [1 + 0,6 (P/\text{атм})]$	$\pm 0,1$	$(1,5 \cdot 10^{-13}) [1 + 0,6 (P/\text{атм})]$	200—300	$\pm 300$
	(0—760 мм рт. ст. воздух)		(0—760 мм рт. ст. воздух)		
$\text{HO} + \text{HCHO} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HCO}$	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$1,6 \cdot 10^{-11} \exp(-110/T)$	230—580	$\pm 150$
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{CO}$	$1,6 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$5,6 \cdot 10^{-12} \exp(+310/T)$	240—530	$\pm 200$
$\text{HO} + \text{C}_2\text{H}_5\text{CHO} \rightarrow \text{продукты}$	$2,0 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,15$	—	—	—
$\text{HO} + (\text{CHO})_2 \rightarrow \text{продукты}$	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{HO} + \text{HOCH}_2\text{CHO} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HOCH}_2\text{CO}$	$8,0 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\quad \quad \quad \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HOCHCHO}$	$2,0 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{COCCHO} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COCO}$	$1,7 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{COCCH}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COCCH}_3$	$2,3 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,2$	$1,7 \cdot 10^{-12} \exp(-600/T)$	240—440	$\pm 300$
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_2\text{OH}$	$9,0 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,2$	$9,1 \cdot 10^{-12} \exp(-690/T)$	240—1000	$\pm 250$
$\quad \quad \quad \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{O}$			$9,3 \cdot 10^{-12} \exp(-300/T)$	250—450	$\pm 200$
$\text{HO} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{продукты}$	$3,4 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$			
$\text{HO} + n\text{-C}_3\text{H}_7\text{OH} \rightarrow \text{продукты}$	$5,3 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$			
$\text{HO} + \text{изо-C}_3\text{H}_7\text{OH} \rightarrow \text{продукты}$	$5,6 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$	$5,6 \cdot 10^{-12}$	240—440	$\pm 200$
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{OOH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{OOH}$	$4,4 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\quad \quad \quad \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{OO}$	$6,6 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{HO} + \text{HCOOH} \rightarrow \text{продукты}$	$4,8 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,2$	$4,8 \cdot 10^{-13}$	290—430	$\pm 150$
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{продукты}$	$7,4 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,3$	$1,3 \cdot 10^{-12} \exp(-170/T)$	290—440	$\pm 300$
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{CO}_2\text{NO}_2 \rightarrow \text{продукты}$	$1,4 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,2$	$1,2 \cdot 10^{-12} \exp(-650/T)$	270—300	$\pm 400$
$\text{HO} + \text{HCN} \rightarrow \text{продукты}$	$3 \cdot 10^{-14} (1 \text{ атм})$	$\pm 0,5$	$1,2 \cdot 10^{-13} \exp(-400/T) (1 \text{ атм})$	296—433	$\pm 300$
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{CN} \rightarrow \text{продукты}$	$2,0 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,2$	$6,3 \cdot 10^{-13} \exp(-1030/T)$	250—360	$\pm 250$
$\text{HO}_2 + \text{CH}_3\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + \text{CH}_3\text{O}_2\text{H}$	$4,9 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	$1,7 \cdot 10^{-13} \exp(+1000/T)$	250—380	$\pm 500$
$\text{HO}_2 + \text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + \text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{H}$	$5,8 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$	$6,5 \cdot 10^{-13} \exp(+650/T)$	240—380	$\pm 200$
$\text{HO}_2 + \text{HCHO} \rightarrow \text{HOCH}_2\text{OO}$	$7,9 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,2$	$9,7 \cdot 10^{-15} \exp(+625/T)$	220—420	$\pm 600$
$\text{HOCH}_2\text{OO} \rightarrow \text{HO}_2 + \text{HCHO}$	$1,5 \cdot 10^2 \text{ с}^{-1}$	$\pm 0,2$	$2,4 \cdot 10^{12} \exp(-7000/T)$	220—420	$\pm 1000$
$\text{NO}_3 + \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{продукты}$	$< 1 \cdot 10^{-16}$	—	—	—	—
$\text{NO}_3 + \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{продукты}$	$2,1 \cdot 10^{-16}$	$\pm 0,3$	—	—	—

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta(E/R)$ , К
Органические реакции					
$\text{NO}_3 + \text{C}_3\text{H}_6 \rightarrow \text{продукты}$	$9,4 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\text{NO}_3 + \text{HCHO} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{HCO}$	$6 \cdot 10^{-16}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{NO}_3 + \text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{CH}_3\text{CO}$	$2,7 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,2$	$1,4 \cdot 10^{-12} \exp(-1860/T)$	260—370	$\pm 500$
$\text{NO}_3 + \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{продукты}$	$< 1 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
$\text{NO}_3 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{продукты}$	$< 2 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
$\text{NO}_3 + \text{изо-C}_3\text{H}_7\text{OH} \rightarrow \text{продукты}$	$< 5 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
$\text{CH}_3 + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CH}_3\text{O}_2 + \text{M}$	$8 \cdot 10^{-31} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,2$	$8 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-3,3} [\text{N}_2]$	200—600	$\Delta n = \pm 1$
	$2,2 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,3$	$2,2 \cdot 10^{-12} (T/300)^1$	200—400	$\Delta n = \pm 1$
	$F_c = 0,27$	—	—	—	—
$\text{C}_2\text{H}_5 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{HO}_2$	$< 2 \cdot 10^{-15}$	—	$1,4 \cdot 10^{-12} \exp(-1950/T)$	300—2500	$\pm 600$
$\text{C}_2\text{H}_5 + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2 + \text{M}$	$2,0 \cdot 10^{-28} [\text{O}_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$2,0 \cdot 10^{-28} (T/300)^{-3,8} [\text{O}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$2,0 \cdot 10^{-28} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$2,0 \cdot 10^{-28} (T/300)^{-3,8} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$5,0 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,3$	$5 \cdot 10^{-12}$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$F_c = 0,7$	—	$F_c = \exp(-T/840)$	—	—
$n\text{-C}_3\text{H}_7 + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow n\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 + \text{M}$	$6 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,3$	$6 \cdot 10^{-12}$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
$\text{изо-C}_3\text{H}_7 + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{изо-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 + \text{M}$	$1,5 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,3$	$1,5 \cdot 10^{-11}$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
$\text{HCO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{HO}_2$	$5,6 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$	$3,5 \cdot 10^{-12} \exp(+140/T)$	300—500	$\pm 150$
$\text{CH}_3\text{CO} + \text{O}_2 (+\text{M}) \rightarrow \text{CH}_3\text{CO} (+\text{M})$	$2 \cdot 10^{-12} (1\text{—}4 \text{ мм рт. ст.})$	—	—	—	—
	$5 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,5$	$5 \cdot 10^{-12}$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
$\text{CH}_3\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{HCHO} + \text{HO}_2$	$1,9 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,2$	$7,2 \cdot 10^{-14} \exp(-1080/T)$	298—610	$\pm 300$
$\text{C}_2\text{H}_5\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO} + \text{HO}_2$	$8,0 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$n\text{-C}_3\text{H}_7\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{CHO} + \text{HO}_2$	$8 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,5$	—	—	—
$\text{изо-C}_3\text{H}_7\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COCH}_3 + \text{HO}_2$	$8 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,3$	$1,5 \cdot 10^{-14} \exp(-200/T)$	290—390	$\pm 200$
$\text{CH}_2\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{HCHO} + \text{HO}_2$	$9,8 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,15$	—	—	—
$\text{CH}_3 + \text{O}_3 \rightarrow \text{продукты}$	$2,5 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	$5,1 \cdot 10^{-12} \exp(-210/T)$	240—400	$\pm 200$
$\text{CH}_3\text{O} + \text{NO} + \text{M} \rightarrow \text{CH}_3\text{ONO} + \text{M}$	$3 \cdot 10^{-28} [\text{He}] (k_0)$	$\pm 0,5$	—	—	—
	$6 \cdot 10^{-28} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,5$	—	—	—
	$2 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,3$	$2 \cdot 10^{-11}$	200—400	—
	$F_c = 0,6$	—	—	—	—
$\text{RO} + \text{NO} + \text{M} \rightarrow \text{RONO} + \text{M}$	см. [9]	—	—	—	—
$\text{RO} + \text{NO} \rightarrow \text{R'O} + \text{HNO}$	см. [9]	—	—	—	—
$\text{CH}_3\text{CH}_3\text{O} + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CH}_3\text{ONO}_2 + \text{M}$	$2,6 \cdot 10^{-29} [\text{He}] (k_0)$	$\pm 0,5$	$2,6 \cdot 10^{-29} (T/300)^{-4,5} [\text{He}]$	200—400	$\Delta n = \pm 2$
	$1,5 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,3$	$1,5 \cdot 10^{-11}$	300—400	—
	$F_c = 0,4$	—	—	—	—
$\text{CH}_3\text{O} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{HCHO} + \text{HONO}$	$< 3 \cdot 10^{-13}$	—	$< 3 \cdot 10^{-13}$	200—300	—

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$ , К
Органические реакции					
RO + NO <sub>2</sub> + M → RONO <sub>2</sub> + M	см. [9]				
RO + NO <sub>2</sub> → R'O + HONO	см. [9]				
CH <sub>3</sub> O <sub>2</sub> + NO → CH <sub>3</sub> O + NO <sub>2</sub>	$7,6 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,1$	$4,2 \cdot 10^{-12} \exp(+180/T)$	240—360	$\pm 180$
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub> + NO → C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O + NO <sub>2</sub>	$8,8 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub> + NO (+M) → C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ONO <sub>2</sub> (+M)	$\leq 1,3 \cdot 10^{-13}$	—	—	—	—
n-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub> + NO → n-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> O + NO <sub>2</sub>	$8,7 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
n-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub> + NO (+M) → n-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ONO <sub>2</sub> (+M)	$1,8 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,3$	—	—	—
изо-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub> + NO → изо-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> O + NO <sub>2</sub>	$8,5 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
изо-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub> + NO (+M) → изо-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ONO <sub>2</sub> (+M)	$3,8 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,3$	—	—	—
CH <sub>3</sub> CO <sub>3</sub> + NO → CH <sub>3</sub> + CO <sub>2</sub> + NO <sub>2</sub>	$1,4 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,7$	—	—	—
CH <sub>3</sub> O <sub>2</sub> + NO <sub>2</sub> + M → CH <sub>3</sub> O <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> + M	$2,3 \cdot 10^{-30} [\text{O}_2] (k_0)$	$\pm 0,2$	$2,3 \cdot 10^{-30} (T/300)^{-4,0} [\text{O}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 2$
	$2,3 \cdot 10^{-30} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,1$	$2,3 \cdot 10^{-30} (T/300)^{-4,0} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 2$
	$8,0 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,2$	$8 \cdot 10^{-12}$	200—300	$\Delta n = \pm 0,5$
	$F_c = 0,4$	$\Delta F_c = \pm 0,1$	$F_c = \exp(-T/327)$		
CH <sub>3</sub> O <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> + M → CH <sub>3</sub> O <sub>2</sub> + NO <sub>2</sub> + M	$6,8 \cdot 10^{-19} [\text{N}_2] (k_0/\text{с}^{-1})$	$\pm 0,3$	$9 \cdot 10^{-5} \exp(-9690/T) [\text{N}_2] \text{ с}^{-1}$	250—300	$\pm 500$
	$4,5 (k_\infty/\text{с}^{-1})$	$\pm 0,3$	$1,1 \cdot 10^{16} \exp(-10560/T) \text{ с}^{-1}$	250—300	$\pm 500$
	$F_c = 0,4$				
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub> + NO <sub>2</sub> + M → C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> + M	$5 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,5$	$5 \cdot 10^{-12}$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> + M → C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub> + NO <sub>2</sub> + M	рекомендуемого значения нет				
CH <sub>3</sub> CO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> + M → CH <sub>3</sub> CO <sub>3</sub> NO <sub>2</sub> + M	см. [9]				
	$2 \cdot 10^{-28} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,5$	—	—	—
	$8,4 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,3$	—	—	—
	$F_c = 0,27$	—	—	—	—
CH <sub>3</sub> CO <sub>3</sub> NO <sub>2</sub> + M → CH <sub>3</sub> CO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> + M	$1,5 \cdot 10^{-20} [\text{N}_2] (k_0/\text{с}^{-1})$	$\pm 0,5$	$6,3 \cdot 10^{-2} \exp(-12785/T) [\text{N}_2] \text{ с}^{-1}$	300—320	$\pm 1000$
	$5,8 \cdot 10^{-4} (k_\infty/\text{с}^{-1})$	$\pm 0,3$	$2,2 \cdot 10^{16} \exp(-13435/T) \text{ с}^{-1}$	300—320	$\pm 500$
	$F_c = 0,27$				
CH <sub>3</sub> O <sub>2</sub> + CH <sub>3</sub> O <sub>2</sub> → CH <sub>3</sub> OH + HCHO + O <sub>2</sub>	$\geq 2,1 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,3$	$1,7 \cdot 10^{-13} \exp(+220/T)$	200—400	$\pm 220$
→ 2CH <sub>3</sub> O + O <sub>2</sub>	$1,3 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,3$	—	—	—
→ CH <sub>3</sub> OOCH <sub>3</sub> + O <sub>2</sub>	$\leq 3 \cdot 10^{-14}$	—	—	—	—
CH <sub>3</sub> O <sub>2</sub> + CH <sub>3</sub> CO <sub>3</sub> → CH <sub>3</sub> O + CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>	$5,5 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,5$	$2,2 \cdot 10^{-12} \exp(+490/T)$	250—370	$\pm 500$
→ CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> H + HCHO + O <sub>2</sub>	$5,5 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,5$	—	—	—
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub> + C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub> → C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH + CH <sub>3</sub> CHO + O <sub>2</sub>	$8,6 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,12$	$1,2 \cdot 10^{-13} \exp(-110/T)$	250—450	$\pm 300$ $-100$
→ 2C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O + O <sub>2</sub>					
→ C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> + O <sub>2</sub>					

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$ , К
Органические реакции					
$n\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 + n\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 \rightarrow n\text{-C}_3\text{H}_7\text{OH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{CHO} + \text{O}_2$	$3 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,5$	—	—	—
$n\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 + n\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 \rightarrow 2n\text{-C}_3\text{H}_7\text{O} + \text{O}_2$	$4,4 \cdot 10^{-16}$	$\pm 0,3$	$6,0 \cdot 10^{-14} \exp(-1460/T)$	300—400	$\pm 300$
$изо\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 + изо\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 \rightarrow изо\text{-C}_3\text{H}_7\text{OH} + \text{CH}_3\text{COCH}_3 + \text{O}_2$	$5,6 \cdot 10^{-16}$	$\pm 0,3$	$3,2 \cdot 10^{-12} \exp(-2580/T)$	300—400	$\pm 300$
$изо\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 + изо\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 \rightarrow 2изо\text{-C}_3\text{H}_7\text{O} + \text{O}_2$	$1,6 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,5$	$2,8 \cdot 10^{-12} \exp(+530/T)$	250—370	$\pm 500$
$\text{CH}_3\text{CO}_3 + \text{CH}_3\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{CO}_2 + \text{O}_2$	рекомендуемого значения нет см. [9]				
$\text{RCHO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{RCOOH} + \text{H}_2\text{O}$					
$\text{RCHO} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{RCHO} + \text{NO}_3$					
$\text{RCHO} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{продукты}$					
$\text{RCHO} + \text{HCHO} \rightarrow \text{продукты}$					
$\text{CN} + \text{O}_2 \rightarrow \text{продукты}$	$2,1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,15$	$1,1 \cdot 10^{-11} \exp(+205/T)$	290—760	$\pm 200$
$\text{O}_3 + \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{продукты}$	$1 \cdot 10^{-20}$	$\pm 1,0$	$1,2 \cdot 10^{-14} \exp(-2630/T)$ $1,3 \cdot 10^{-14} \exp(-2105/T)$	180—360 250—360	$\pm 100$ $\pm 400$
$\text{O}_3 + \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{продукты}$	$1,7 \cdot 10^{-18}$	$\pm 0,1$			
$\text{O}_3 + \text{C}_3\text{H}_6 \rightarrow \text{продукты}$	$1,1 \cdot 10^{-17}$	$\pm 0,15$			
$\text{HCHO} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{CH}_3\text{CHO} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{C}_2\text{H}_5\text{CHO} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$(\text{CHO})_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{CH}_3\text{COCHO} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{CH}_3\text{COCH}_3 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{CH}_3\text{OOH} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{CH}_3\text{O}_2\text{NO}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{CH}_3\text{CO}_3\text{NO}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
Реакции $\text{SO}_x$					
$\text{O} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{HO} + \text{HS}$	$2,2 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,3$	$1,4 \cdot 10^{-11} \exp(-1920/T)$	290—500	$\pm 750$
$\text{O} + \text{CS} \rightarrow \text{CO} + \text{S}$	$2,1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$2,7 \cdot 10^{-10} \exp(-760/T)$	150—300	$\pm 250$
$\text{O} + \text{CH}_3\text{SCH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{SO} + \text{CH}_3$	$5,0 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$1,3 \cdot 10^{-11} \exp(+409/T)$	270—560	$\pm 100$
$\text{O} + \text{CS}_2 \rightarrow \text{SO} + \text{CS}$	$3,6 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$	$3,2 \cdot 10^{-11} \exp(-650/T)$	200—500	$\pm 100$
$\text{O} + \text{CH}_3\text{SSCH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{SO} + \text{CH}_3\text{S}$	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,3$	$5,5 \cdot 10^{-11} \exp(+250/T)$	290—570	$\pm 100$
$\text{O} + \text{OCS} \rightarrow \text{SO} + \text{CO}$	$1,4 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,2$	$2,6 \cdot 10^{-11} \exp(-2250/T)$	220—600	$\pm 150$
$\text{O} + \text{SO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{SO}_3 + \text{M}$	$1,4 \cdot 10^{-33} [\text{O}_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$4,0 \cdot 10^{-32} \exp(-1000/T) [\text{O}_2]$	200—400	$\pm 200$ $-100$

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \log k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$ , К
Реакции SO <sub>x</sub>					
O + SO <sub>2</sub> + M → SO <sub>3</sub> + M	1,4 · 10 <sup>-33</sup> [N <sub>2</sub> ] ( $k_0$ )	±0,3	4,0 · 10 <sup>-32</sup> exp(-1000/T) [O <sub>2</sub> ]	200—400	+200 -100
S + O <sub>2</sub> → SO + O	2,3 · 10 <sup>-12</sup>	±0,2	2,3 · 10 <sup>-12</sup>	230—400	±200
S + O <sub>3</sub> → SO + O <sub>2</sub>	1,2 · 10 <sup>-11</sup>	±0,3			
HO + H <sub>2</sub> S → H <sub>2</sub> O + HS	4,8 · 10 <sup>-12</sup>	±0,08	6,3 · 10 <sup>-12</sup> exp(-80/T)	200—300	±80
HO + CH <sub>3</sub> SH → продукты	3,3 · 10 <sup>-11</sup>	±0,1	9,9 · 10 <sup>-12</sup> exp(+356/T)	240—430	±100
HO + CH <sub>3</sub> SCH <sub>3</sub> → H <sub>2</sub> O + CH <sub>2</sub> SCH <sub>3</sub>	4,4 · 10 <sup>-12</sup>	±0,1	9,6 · 10 <sup>-12</sup> exp(-234/T)	250—400	±300
HO + CH <sub>3</sub> SCH <sub>3</sub> → CH <sub>3</sub> S(OH)CH <sub>3</sub>	1,7 · 10 <sup>-12</sup> (1 атм. воздух)	±0,3	см. [9]		
HO + CS <sub>2</sub> → продукты	≤ 7,0 · 10 <sup>-15</sup> ([O <sub>2</sub> ] = 0)				
HO + CH <sub>3</sub> SSCH <sub>3</sub> → продукты	2,0 · 10 <sup>-12</sup> (1 атм. воздух)	±0,3	8,8 · 10 <sup>-16</sup> exp(+2300/T)	260—300	±500
HO + OCS → продукты	2,0 · 10 <sup>-10</sup>	±0,1	6,0 · 10 <sup>-14</sup> exp(+380/T)	250—370	±300
HO + SO <sub>2</sub> + M → HOSO <sub>2</sub> + M	2,0 · 10 <sup>-15</sup>	±0,3	1,1 · 10 <sup>-13</sup> exp(-1200/T)	250—500	±500
	5,0 · 10 <sup>-31</sup> [O <sub>2</sub> ] ( $k_0$ )	±0,3	5,0 · 10 <sup>-31</sup> (T/300) <sup>-3,3</sup> [O <sub>2</sub> ]	200—300	Δn = ±0,5
	5,0 · 10 <sup>-31</sup> [N <sub>2</sub> ] ( $k_0$ )	±0,3	5,0 · 10 <sup>-31</sup> (T/300) <sup>-3,3</sup> [N <sub>2</sub> ]	200—300	Δn = ±0,5
	2 · 10 <sup>-12</sup> ( $k_\infty$ )	±0,3	2 · 10 <sup>-12</sup>	200—300	Δn = ±1
	F <sub>c</sub> = 0,45	ΔF <sub>c</sub> = ±0,1	F <sub>c</sub> = exp(-T/380)	200—300	—
HOSO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> → HO <sub>2</sub> + SO <sub>3</sub>	4,0 · 10 <sup>-13</sup>	±0,1	—	—	—
HO <sub>2</sub> + SO <sub>2</sub> → продукты	≤ 1 · 10 <sup>-18</sup>	—	—	—	—
NO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> S → продукты	< 1 · 10 <sup>-15</sup>	—	—	—	—
NO <sub>3</sub> + CS <sub>2</sub> → продукты	< 1 · 10 <sup>-15</sup>	—	—	—	—
NO <sub>3</sub> + OCS → продукты	< 3 · 10 <sup>-15</sup>	—	—	—	—
NO <sub>3</sub> + SO <sub>2</sub> → продукты	< 1 · 10 <sup>-19</sup>	—	—	—	—
NO <sub>3</sub> + CH <sub>3</sub> SH → продукты	9,2 · 10 <sup>-13</sup>	±0,15	9,2 · 10 <sup>-13</sup>	250—370	±400
NO <sub>3</sub> + CH <sub>3</sub> SCH <sub>3</sub> → продукты	1,0 · 10 <sup>-12</sup>	±0,15	1,9 · 10 <sup>-13</sup> exp(+500/T)	250—380	±300
NO <sub>3</sub> + CH <sub>3</sub> SSCH <sub>3</sub> → продукты	7 · 10 <sup>-13</sup>	±0,3	7 · 10 <sup>-13</sup>	300—380	±500
CH <sub>3</sub> O <sub>2</sub> + SO <sub>2</sub> → CH <sub>3</sub> O + SO <sub>3</sub>	< 5 · 10 <sup>-17</sup>	—	—	—	—
CH <sub>3</sub> O <sub>2</sub> + SO <sub>2</sub> → CH <sub>3</sub> O <sub>2</sub> SO <sub>2</sub>	рекомендуемого значения нет	—	—	—	—
HS + O <sub>2</sub> → HO + SO	см. [9]	—	—	—	—
HS + O <sub>3</sub> → HSO + O <sub>2</sub>	≤ 4 · 10 <sup>-19</sup>	—	—	—	—
HS + NO + M → HSNO + M	3,6 · 10 <sup>-42</sup>	±0,2	—	—	—
	2,4 · 10 <sup>-31</sup> [N <sub>2</sub> ] ( $k_0$ )	±0,3	2,4 · 10 <sup>-31</sup> (T/300) <sup>-2,5</sup> [N <sub>2</sub> ]	200—300	Δn = ±1
	2,7 · 10 <sup>-11</sup> ( $k_\infty$ )	±0,5	2,7 · 10 <sup>-11</sup>	200—300	—
	F <sub>c</sub> = 0,6	—	—	—	—
HS + NO <sub>2</sub> → HSO + NO	5,8 · 10 <sup>-11</sup>	±0,3	2,6 · 10 <sup>-11</sup> exp(+240/T)	220—450	+200

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$ , К
Реакции SO <sub>x</sub>					
HSO + O <sub>2</sub> → продукты	$\leq 2 \cdot 10^{-17}$	—	—	—	—
HSO + O <sub>3</sub> → продукты	$1,1 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,8$	—	—	—
HSO + NO → продукты	$\leq 1 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
HSO + NO <sub>2</sub> → продукты	$9,6 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
HSO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> → продукты	$3 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,8$	—	—	—
SO + O <sub>2</sub> → SO <sub>2</sub> + O	$6,7 \cdot 10^{-17}$	$\pm 0,15$	$1,4 \cdot 10^{-13} \exp(-2275/T)$	230—420	$\pm 500$
SO + O <sub>3</sub> → SO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>	$8,9 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,1$	$4,5 \cdot 10^{-12} \exp(-1170/T)$	230—420	$\pm 150$
SO + NO <sub>2</sub> → SO <sub>2</sub> + NO	$1,4 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$1,4 \cdot 10^{-11}$	210—360	$\pm 100$
SO <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O → продукты	рекомендуемого значения нет см. [9]	—	—	—	—
CS + O <sub>2</sub> → продукты	рекомендуемого значения нет см. [9]	—	—	—	—
O <sub>3</sub> + CH <sub>3</sub> SCH <sub>3</sub> → продукты	$< 1 \cdot 10^{-18}$	—	—	—	—
OCS + $h\nu$ → продукты	см. [9]	—	—	—	—
CS <sub>2</sub> + $h\nu$ → продукты	см. [9]	—	—	—	—
CH <sub>3</sub> SSCH <sub>3</sub> + $h\nu$ → продукты	см. [9]	—	—	—	—
Реакции FO <sub>x</sub>					
O + FO → O <sub>2</sub> + F	$5 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,5$	—	—	—
O + FO <sub>2</sub> → O <sub>2</sub> + FO	$5 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,7$	—	—	—
O( <sup>1</sup> D) + HF → HO + F	$1 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,5$	—	—	—
O( <sup>1</sup> D) + COF <sub>2</sub> → CO <sub>2</sub> + F <sub>2</sub>	$2,2 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,2$	—	—	—
→ O( <sup>3</sup> P) + COF <sub>2</sub>	$5,2 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,2$	—	—	—
F + H <sub>2</sub> → HF + H	$2,8 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$1,9 \cdot 10^{-10} \exp(-570/T)$	190—770	$\pm 150$
F + H <sub>2</sub> O → HF + HO	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,5$	$4,2 \cdot 10^{-11} \exp(-400/T)$	240—370	$\pm 200$
F + O <sub>2</sub> + M → FO <sub>2</sub> + M	$4,3 \cdot 10^{-33} [N_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$4,3 \cdot 10^{-33} (T/300)^{-1,4} [N_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$3 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,5$	$3 \cdot 10^{-11}$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$F_c = 0,85$	$\Delta F_c = \pm 0,1$	$F_c = \exp(-T/1850)$	200—300	—
FO <sub>2</sub> + M → F + O <sub>2</sub> + M	$2,2 \cdot 10^{-17} [N_2] (k_0/c^{-1})$	$\pm 0,5$	$6,3 \cdot 10^{-9} \exp(-5800/T) [N_2] c^{-1}$	200—400	$\pm 1000$
F + O <sub>3</sub> → FO + O <sub>2</sub>	$1,3 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,3$	$2,8 \cdot 10^{-11} \exp(-226/T)$	250—365	$\pm 200$
F + NO <sub>2</sub> + M → FONO + M	$1,0 \cdot 10^{-30} [O_2] (k_0)$	$\pm 0,5$	$1,0 \cdot 10^{-30} (T/300)^{-2,0} [O_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$1,0 \cdot 10^{-30} [N_2] (k_0)$	$\pm 0,5$	$1,0 \cdot 10^{-30} (T/300)^{-2,0} [N_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$2 \cdot 10^{-10} (k_\infty)$	$\pm 0,8$	$2 \cdot 10^{-10}$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$F_c = 0,6$	$\Delta F_c = \pm 0,2$	$F_c = \exp(-T/587)$	200—300	—

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$ , К
Реакции FO <sub>x</sub>					
F + CH <sub>4</sub> → HF + CH <sub>3</sub>	8,0 · 10 <sup>-11</sup>	±0,2	3,0 · 10 <sup>-10</sup> exp(−400/ <i>T</i> )	250—450	±200
HO + CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> → продукты	3,4 · 10 <sup>-14</sup>	±0,2	—	—	—
HO + CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub> → H <sub>2</sub> O + CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	8,4 · 10 <sup>-15</sup>	±0,2	6,6 · 10 <sup>-13</sup> exp(−1300/ <i>T</i> )	250—440	±300
FO + O <sub>3</sub> → продукты	рекомендуемого значения нет	—	—	—	—
	см. [9]	—	—	—	—
FO + NO → F + NO <sub>2</sub>	2,6 · 10 <sup>-11</sup>	±0,3	—	—	—
FO + NO <sub>2</sub> + M → FONO <sub>2</sub> + M	1,6 · 10 <sup>-31</sup> [O <sub>2</sub> ] ( <i>k</i> <sub>0</sub> )	±0,7	1,6 · 10 <sup>-31</sup> ( <i>T</i> /300) <sup>−3,4</sup> [O <sub>2</sub> ]	200—300	Δ <i>n</i> = ±1,0
	1,6 · 10 <sup>-31</sup> [N <sub>2</sub> ] ( <i>k</i> <sub>0</sub> )	±0,7	1,6 · 10 <sup>-31</sup> ( <i>T</i> /300) <sup>−3,4</sup> [N <sub>2</sub> ]	200—300	Δ <i>n</i> = ±1,0
	2 · 10 <sup>-11</sup> ( <i>k</i> <sub>∞</sub> )	±0,5	2 · 10 <sup>-11</sup>	200—300	Δ <i>n</i> = ±0,5
	<i>F</i> <sub>c</sub> = 0,5	Δ <i>F</i> <sub>c</sub> = ±0,1	<i>F</i> <sub>c</sub> = exp(− <i>T</i> /433)	200—300	—
FO + FO → продукты	1,5 · 10 <sup>-11</sup>	±0,3	—	—	—
HF + <i>hν</i> → продукты	см. [9]	—	—	—	—
FONO <sub>2</sub> + <i>hν</i> → продукты	см. [9]	—	—	—	—
COF <sub>2</sub> + <i>hν</i> → продукты	см. [9]	—	—	—	—
Реакции ClO <sub>x</sub>					
O + HCl → HO + Cl	1,4 · 10 <sup>-16</sup>	±0,3	1,0 · 10 <sup>-11</sup> exp(−3340/ <i>T</i> )	293—718	±350
O + HOCl → HO + ClO	рекомендуемого значения нет	—	—	—	—
	см. [9]	—	—	—	—
O + ClO → O <sub>2</sub> + Cl	3,8 · 10 <sup>-11</sup>	±0,4	3,8 · 10 <sup>-11</sup>	200—300	±250
O + OClO → O <sub>2</sub> + ClO } → O + ClOO }	5 · 10 <sup>-13</sup>	±0,5	—	—	—
O + ClONO <sub>2</sub> → продукты	1,9 · 10 <sup>-13</sup>	±0,1	3,0 · 10 <sup>-12</sup> exp(−808/ <i>T</i> )	213—295	±200
O ( <sup>1</sup> D) + CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> → продукты	1,4 · 10 <sup>-10</sup>	±0,1	—	—	—
O ( <sup>1</sup> D) + CFCI <sub>3</sub> → продукты	2,3 · 10 <sup>-10</sup>	±0,1	—	—	—
O ( <sup>1</sup> D) + CCl <sub>4</sub> → продукты	3,3 · 10 <sup>-10</sup>	±0,1	—	—	—
Cl + H <sub>2</sub> → HCl + H	1,6 · 10 <sup>-14</sup>	±0,1	3,7 · 10 <sup>-11</sup> exp(−2300/ <i>T</i> )	200—300	±200
Cl + HO <sub>2</sub> → HCl + O <sub>2</sub>	3,2 · 10 <sup>-11</sup>	±0,2	1,8 · 10 <sup>-11</sup> exp(+170/ <i>T</i> )	250—420	±250
→ ClO + HO	9,1 · 10 <sup>-12</sup>	±0,3	4,1 · 10 <sup>-11</sup> exp(−450/ <i>T</i> )	250—420	±250
Cl + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> → HCl + HO <sub>2</sub>	4,3 · 10 <sup>-13</sup>	±0,2	1,1 · 10 <sup>-11</sup> exp(−980/ <i>T</i> )	265—424	±500
Cl + O <sub>2</sub> + M → ClOO + M	1,7 · 10 <sup>-33</sup> [N <sub>2</sub> ]	±0,3	—	—	—
ClOO + M → Cl + O <sub>2</sub> + M	2,5 · 10 <sup>-13</sup> [N <sub>2</sub> ] ( <i>k</i> /c <sup>−1</sup> )	±0,5	1,5 · 10 <sup>-8</sup> exp(−3285/ <i>T</i> ) [N <sub>2</sub> ] c <sup>−1</sup>	200—300	±1250
Cl + O <sub>3</sub> → ClO + O <sub>2</sub>	1,2 · 10 <sup>-11</sup>	±0,06	2,7 · 10 <sup>-14</sup> exp(−257/ <i>T</i> )	205—298	±100
Cl + HONO <sub>2</sub> → HCl + NO <sub>3</sub>	< 2,0 · 10 <sup>-16</sup>	—	—	—	—

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$ , К
Реакции ClO <sub>x</sub>					
Cl + NO <sub>3</sub> → ClO + NO <sub>2</sub>	2,6 · 10 <sup>-11</sup>	±0,3	2,6 · 10 <sup>-11</sup>	200—300	±400
Cl + CH <sub>4</sub> → HCl + CH <sub>3</sub>	1,0 · 10 <sup>-13</sup>	±0,1	9,6 · 10 <sup>-12</sup> exp(−1350/ <i>T</i> )	200—300	±250
Cl + C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> → HCl + C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	5,7 · 10 <sup>-11</sup>	±0,06	7,7 · 10 <sup>-11</sup> exp(−90/ <i>T</i> )	220—350	±100
Cl + C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> → HCl + C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	1,5 · 10 <sup>-10</sup>	±0,2	1,3 · 10 <sup>-10</sup> exp(+40/ <i>T</i> )	220—600	±200
Cl + HCHO → HCl + HCO	7,3 · 10 <sup>-11</sup>	±0,06	8,2 · 10 <sup>-11</sup> exp(−34/ <i>T</i> )	200—500	±100
Cl + CH <sub>3</sub> CHO → HCl + CH <sub>3</sub> CO	7,6 · 10 <sup>-11</sup>	±0,3	—	—	—
Cl + CH <sub>3</sub> CN → продукты	≤ 2 · 10 <sup>-15</sup>	—	—	—	—
Cl + OClO → 2ClO	5,8 · 10 <sup>-11</sup>	±0,1	3,4 · 10 <sup>-11</sup> exp(+160/ <i>T</i> )	298—450	±200
Cl + ClONO <sub>2</sub> → Cl <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub>	1,2 · 10 <sup>-11</sup>	±0,12	6,8 · 10 <sup>-12</sup> exp(+160/ <i>T</i> )	219—298	±200
Cl + CH <sub>3</sub> Cl → HCl + CH <sub>2</sub> Cl	4,9 · 10 <sup>-13</sup>	±0,1	3,4 · 10 <sup>-11</sup> exp(−1260/ <i>T</i> )	233—350	±200
Cl + CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub> → HCl + CH <sub>2</sub> CCl <sub>3</sub>	< 4 · 10 <sup>-14</sup>	±0,1	—	—	—
HO + HCl → H <sub>2</sub> O + Cl	8,1 · 10 <sup>-13</sup>	±0,1	2,4 · 10 <sup>-12</sup> exp(−330/ <i>T</i> )	200—300	±150
HO + HOCl → H <sub>2</sub> O + ClO	5,0 · 10 <sup>-13</sup>	±0,5	3,0 · 10 <sup>-12</sup> exp(−500/ <i>T</i> )	200—300	±500
HO + ClO → HO <sub>2</sub> + Cl → HCl + O <sub>2</sub>	1,7 · 10 <sup>-11</sup>	±0,2	1,1 · 10 <sup>-11</sup> exp(+120/ <i>T</i> )	200—373	±150
HO + OClO → HOCl + O <sub>2</sub>	7,0 · 10 <sup>-12</sup>	±0,3	4,5 · 10 <sup>-13</sup> exp(+800/ <i>T</i> )	290—480	±200
HO + ClONO <sub>2</sub> → продукты	3,9 · 10 <sup>-13</sup>	±0,2	1,2 · 10 <sup>-12</sup> exp(−330/ <i>T</i> )	246—387	±200
HO + CH <sub>3</sub> Cl → H <sub>2</sub> O + CH <sub>2</sub> Cl	4,2 · 10 <sup>-14</sup>	±0,1	1,9 · 10 <sup>-12</sup> exp(−1120/ <i>T</i> )	247—350	±200
HO + CH <sub>2</sub> FCl → H <sub>2</sub> O + CHFCl	4,4 · 10 <sup>-14</sup>	±0,1	2,6 · 10 <sup>-12</sup> exp(−1210/ <i>T</i> )	245—350	±100
HO + CHF <sub>2</sub> Cl → H <sub>2</sub> O + CF <sub>2</sub> Cl	4,7 · 10 <sup>-15</sup>	±0,1	1,1 · 10 <sup>-12</sup> exp(−1620/ <i>T</i> )	250—360	±100
HO + CHFCl <sub>2</sub> → H <sub>2</sub> O + CFCl <sub>2</sub>	3,0 · 10 <sup>-14</sup>	±0,1	1,1 · 10 <sup>-12</sup> exp(−1070/ <i>T</i> )	240—350	±100
HO + CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> → H <sub>2</sub> O + CHCl <sub>2</sub>	1,4 · 10 <sup>-13</sup>	±0,1	4,4 · 10 <sup>-12</sup> exp(−1030/ <i>T</i> )	240—300	±250
HO + CHCl <sub>3</sub> → H <sub>2</sub> O + CCl <sub>3</sub>	1,0 · 10 <sup>-13</sup>	±0,1	3,3 · 10 <sup>-12</sup> exp(−1030/ <i>T</i> )	240—300	±100
HO + CFCl <sub>3</sub> → HOCl + CFCl <sub>2</sub>	< 5 · 10 <sup>-18</sup>	—	< 1 · 10 <sup>-12</sup> exp(−3650/ <i>T</i> )	250—480	—
HO + CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> → HOCl + CF <sub>2</sub> Cl	< 7 · 10 <sup>-18</sup>	—	< 1 · 10 <sup>-12</sup> exp(−3540/ <i>T</i> )	250—478	—
HO + CCl <sub>4</sub> → HOCl + CCl <sub>3</sub>	< 4 · 10 <sup>-16</sup>	—	< 1 · 10 <sup>-12</sup> exp(−2320/ <i>T</i> )	—	—
HO + C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub> → продукты	2,2 · 10 <sup>-12</sup>	±0,1	5,0 · 10 <sup>-13</sup> exp(+445/ <i>T</i> )	230—420	±200
HO + C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> → продукты	1,7 · 10 <sup>-13</sup>	±0,1	9,4 · 10 <sup>-12</sup> exp(−1200/ <i>T</i> )	300—420	±200
HO + CH <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> Cl → H <sub>2</sub> O + CH <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> Cl	3,6 · 10 <sup>-15</sup>	±0,2	1,6 · 10 <sup>-12</sup> exp(−1820/ <i>T</i> )	270—380	±300
HO + CHFClCF <sub>3</sub> → H <sub>2</sub> O + CFCICF <sub>3</sub>	1,0 · 10 <sup>-14</sup>	±0,2	6,4 · 10 <sup>-13</sup> exp(−1240/ <i>T</i> )	250—380	±300
HO + CH <sub>2</sub> CICF <sub>2</sub> Cl → H <sub>2</sub> O + CHCICF <sub>2</sub> Cl	1,5 · 10 <sup>-14</sup>	±0,3	3,0 · 10 <sup>-12</sup> exp(−1580/ <i>T</i> )	250—350	±500
HO + CHCl <sub>2</sub> CF <sub>3</sub> → H <sub>2</sub> O + CCl <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	3,4 · 10 <sup>-14</sup>	±0,2	1,2 · 10 <sup>-12</sup> exp(−1060/ <i>T</i> )	245—375	±300
HO + CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub> → H <sub>2</sub> O + CH <sub>2</sub> CCl <sub>3</sub>	1,2 · 10 <sup>-14</sup>	±0,15	5,1 · 10 <sup>-12</sup> exp(−1800/ <i>T</i> )	250—460	±200
NO <sub>3</sub> + C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub> → продукты	2,9 · 10 <sup>-16</sup>	±0,3	—	—	—

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$ , К
Реакции $\text{ClO}_x$					
$\text{NO}_3 + \text{C}_2\text{Cl}_4 \rightarrow \text{продукты}$	$< 1 \cdot 10^{-16}$	—	—	—	—
$\text{ClO} + \text{HO}_2 \rightarrow \text{HOCl} + \text{O}_2$	$5,0 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,15$	$4,6 \cdot 10^{-13} \exp(+710/T)$	200—300	$\pm 300$
$\quad \rightarrow \text{HCl} + \text{O}_3$	$\leq 2 \cdot 10^{-14}$	—	—	—	—
$\text{ClO} + \text{O}_2 (^1\Delta_g) \rightarrow \text{сим-ClO}_3$	$< 3,0 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
$\text{ClO} + \text{NO} \rightarrow \text{Cl} + \text{NO}_2$	$1,7 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$6,2 \cdot 10^{-12} \exp(+294/T)$	202—415	$\pm 100$
$\text{ClO} + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{ClONO}_2 + \text{M}$	$1,7 \cdot 10^{-31} [\text{O}_2] (k_0)$	$\pm 0,1$	$1,7 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-3,4} [\text{O}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 1,0$
	$1,7 \cdot 10^{-31} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,1$	$1,7 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-3,4} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 1,0$
	$2 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,3$	$2 \cdot 10^{-11}$	200—300	$\Delta n = \pm 0,5$
	$F_c = 0,5$	$\Delta F_c = \pm 0,1$	$F_c = \exp(-T/430)$	—	—
$\text{ClO} + \text{NO}_3 \rightarrow \text{ClOO} + \text{NO}_2$	$4,0 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\quad \rightarrow \text{OClO} + \text{NO}_2$	—	—	—	—	—
$\text{ClO} + \text{HCHO} \rightarrow \text{продукты}$	$< 10^{-15}$	—	—	—	—
$\text{ClO} + \text{ClO} \rightarrow \text{ClOO} + \text{Cl}$	$3,4 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\quad \rightarrow \text{OClO} + \text{Cl}$	$1,7 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\quad \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{O}_2$	$4,9 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\text{ClO} + \text{ClO} + \text{M} \rightarrow \text{Cl}_2\text{O}_2 + \text{M}$	$4,0 \cdot 10^{-32} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,2$	$4,0 \cdot 10^{-32} (T/300)^{-2,0} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 1,0$
$\text{Cl}_2\text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{ClO} + \text{ClO} + \text{M}$	$6,1 \cdot 10^{-18} [\text{N}_2] (k_0/c^{-1})$	$\pm 0,5$	$3,1 \cdot 10^{-5} (T/300)^{-3} \exp(-8720/T) \cdot [\text{N}_2] \text{ c}^{-1}$	230—300	$\pm 500$
$\text{OClO} + \text{NO} \rightarrow \text{ClO} + \text{NO}_2$	$3,4 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{ClONO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{HONO}_2$	$< 5,0 \cdot 10^{-21}$	—	—	—	—
$\text{ClONO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{HONO}_2$	$< 2,0 \cdot 10^{-20}$	—	—	—	—
$\text{CF}_3 + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CF}_3\text{O}_2 + \text{M}$	$1,9 \cdot 10^{-29} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,2$	$1,9 \cdot 10^{-29} (T/300)^{-4,7} [\text{N}_2]$	200—400	$\Delta n = \pm 1$
	$1 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,2$	$1 \cdot 10^{-11}$	200—400	—
	$F_c = 0,4-0,5$	—	—	—	—
$\text{CFCl}_2 + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CFCl}_2\text{O}_2 + \text{M}$	$5 \cdot 10^{-30} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,4$	$5 \cdot 10^{-30} (T/300)^{-4} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 2$
	$6 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,5$	$6 \cdot 10^{-12}$	200—300	—
	$F_c = 0,6$	—	—	—	—
$\text{CCl}_3 + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CCl}_3\text{O}_2 + \text{M}$	$1,5 \cdot 10^{-30} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,5$	$1,5 \cdot 10^{-30} (T/300)^{-4} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 2$
	$5 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,5$	$5 \cdot 10^{-12}$	200—300	—
	$F_c = 0,25$	—	—	—	—
$\text{CCl}_3\text{O} \rightarrow \text{CCl}_2\text{O} + \text{Cl}$	$> 1 \cdot 10^5 \text{ c}^{-1}$ (233 К, 7,5 мм рт. ст.)	—	—	—	—
$\text{CCl}_2\text{FO} \rightarrow \text{CClFO} + \text{Cl}$	$> 3 \cdot 10^4 \text{ c}^{-1}$ (253 К, 6,7 мм рт. ст.)	—	—	—	—
$\text{CF}_3\text{O}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{CF}_3\text{O} + \text{NO}_2$	$1,6 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,2$	$1,6 \cdot 10^{-11} (T/300)^{-1,2}$	230—430	—
$\text{CF}_2\text{ClO}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{CF}_2\text{ClO} + \text{NO}_2$	$1,6 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,3$	$1,6 \cdot 10^{-11} (T/300)^{-1,5}$	230—430	—

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$ , К
Реакции $\text{ClO}_x$					
$\text{CFCl}_2\text{O}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{CFCl}_2\text{O} + \text{NO}_2$	$1,5 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,2$	$1,5 \cdot 10^{-11} (T/300)^{-1,3}$	230—430	—
$\text{CCl}_3\text{O}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{CCl}_3\text{O} + \text{NO}_2$	$1,8 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,2$	$1,8 \cdot 10^{-11} (T/300)^{-1,0}$	230—430	—
$\text{CF}_3\text{O}_2 + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CF}_3\text{O}_2\text{NO}_2 + \text{M}$	$2,7 \cdot 10^{-29} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$2,7 \cdot 10^{-29} (T/300)^{-5} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 2$
	$9 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,5$	$9 \cdot 10^{-12} (T/300)^{-0,7}$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$F_c = 0,49$	—	$F_c = \exp(-T/416)$	—	—
$\text{CF}_2\text{ClO}_2 + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CF}_2\text{ClO}_2\text{NO}_2 + \text{M}$	$4,0 \cdot 10^{-29} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,4$	$4,0 \cdot 10^{-29} (T/300)^{-5} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 2$
	$1,0 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,5$	$1,0 \cdot 10^{-11} (T/300)^{-0,7}$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$F_c = 0,45$	—	$F_c = \exp(-T/373)$	—	—
$\text{CF}_2\text{ClO}_2\text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CF}_2\text{ClO}_2 + \text{NO}_2 + \text{M}$	$1,5 \cdot 10^{-17} [\text{N}_2] (k_0/\text{с}^{-1})$	$\pm 0,3$	$5,6 \cdot 10^{-4} \exp(-9310/T) [\text{N}_2] \text{ с}^{-1}$	260—290	$\pm 1000$
	$4,9 \cdot 10^{-2} (k_\infty/\text{с}^{-1})$	$\pm 0,3$	$1,0 \cdot 10^{16} \exp(-11880/T) \text{ с}^{-1}$	260—290	$\pm 1000$
	$F_c = 0,4$	—	—	—	—
$\text{CFCl}_2\text{O}_2 + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CFCl}_2\text{O}_2\text{NO}_2 + \text{M}$	$5,5 \cdot 10^{-29} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$5,5 \cdot 10^{-29} (T/300)^{-5} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$8,3 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,3$	$8,3 \cdot 10^{-12} (T/300)^{-0,7}$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$F_c = 0,42$	—	$F_c = \exp(-T/342)$	—	—
$\text{CFCl}_2\text{O}_2\text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CFCl}_2\text{O}_2 + \text{NO}_2 + \text{M}$	$1,2 \cdot 10^{-18} [\text{N}_2] (k_0/\text{с}^{-1})$	$\pm 0,3$	$3 \cdot 10^{-3} \exp(-10570/T) [\text{N}_2] \text{ с}^{-1}$	270—290	$\pm 1000$
	$7,3 \cdot 10^{-2} (k_\infty/\text{с}^{-1})$	$\pm 0,3$	$2,1 \cdot 10^{16} \exp(-11980/T) \text{ с}^{-1}$	270—290	$\pm 1000$
	$F_c = 0,4$	—	$F_c = \exp(-T/342)$	—	—
$\text{CCl}_3\text{O}_2 + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CCl}_3\text{O}_2\text{NO}_2 + \text{M}$	$9,2 \cdot 10^{-29} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$9,2 \cdot 10^{-29} (T/300)^{-8} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 2$
	$1,5 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,3$	$1,5 \cdot 10^{-11} (T/300)^{-0,3}$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$F_c = 0,32$	—	$F_c = \exp(-T/260)$	—	—
$\text{CCl}_3\text{O}_2\text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CCl}_3\text{O}_2 + \text{NO}_2 + \text{M}$	$1,5 \cdot 10^{-17} [\text{N}_2] (k_0/\text{с}^{-1})$	$\pm 0,3$	$5,6 \cdot 10^{-4} \exp(-9310/T) [\text{N}_2]$	260—300	$\pm 1000$
	$1,6 \cdot 10^{-1} (k_\infty/\text{с}^{-1})$	$\pm 0,3$	$9,1 \cdot 10^{14} \exp(-10820/T) \text{ с}^{-1}$	260—300	$\pm 1000$
	$F_c = 0,20$	—	—	—	—
$\text{CH}_2\text{ClO}_2\text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CH}_2\text{ClO}_2 + \text{NO}_2 + \text{M}$	см. [9]	—	—	—	—
$\text{O}_3 + \text{C}_2\text{HCl}_3 \rightarrow \text{продукты}$	$< 5 \cdot 10^{-20}$	—	—	—	—
$\text{O}_3 + \text{C}_2\text{Cl}_4 \rightarrow \text{продукты}$	$< 10^{-21}$	—	—	—	—
$\text{HOCl} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]	—	—	—	—
$\text{OCIO} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]	—	—	—	—
$\text{Cl}_2\text{O}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]	—	—	—	—
$\text{ClONO}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]	—	—	—	—
$\text{COFCl} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]	—	—	—	—
$\text{COCl}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]	—	—	—	—
$\text{CF}_2\text{Cl}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]	—	—	—	—
$\text{CFCl}_3 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]	—	—	—	—
$\text{CCl}_4 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]	—	—	—	—

(Таблица 2 продолжение)

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$ , К
Реакции BrO <sub>x</sub>					
O + HBr → HO + Br	$3,7 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,12$	$6,6 \cdot 10^{-12} \exp(-1540/T)$	220—455	$\pm 200$
O + Br <sub>2</sub> → BrO + Br	$1,4 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,2$	—	—	—
O + BrO → O <sub>2</sub> + Br	$3 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,5$	—	—	—
Br + HO <sub>2</sub> → HBr + O <sub>2</sub>	$2,0 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	$1,4 \cdot 10^{-11} \exp(-590/T)$	260—390	$\pm 200$
Br + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> → HBr + HO <sub>2</sub> } → HOBr + HO }	$< 5 \cdot 10^{-16}$	—	—	—	—
Br + O <sub>3</sub> → BrO + O <sub>2</sub>	$1,2 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,1$	$1,7 \cdot 10^{-11} \exp(-800/T)$	220—360	$\pm 200$
Br + HCHO → HBr + HCO	$1,0 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,15$	$1,7 \cdot 10^{-11} \exp(-800/T)$	223—480	$\pm 250$
Br + CH <sub>3</sub> CHO → HBr + CH <sub>3</sub> CO	$3,6 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$	—	—	—
Br + OClO → BrO + ClO	$3,4 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,3$	$2,6 \cdot 10^{-11} \exp(-1300/T)$	200—450	$\pm 300$
HO + HBr → H <sub>2</sub> O + Br	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$1,1 \cdot 10^{-11}$	249—416	$\pm 250$
HO + Br <sub>2</sub> → HOBr + Br	$4,5 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,15$	$1,2 \cdot 10^{-11} \exp(+400/T)$	260—360	$\pm 400$
HO + CH <sub>3</sub> Br → H <sub>2</sub> O + CH <sub>2</sub> Br	$3,8 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,1$	$7,6 \cdot 10^{-13} \exp(-890/T)$	244—350	$\pm 200$
BrO + HO <sub>2</sub> → HOBr + O <sub>2</sub> } → HBr + O <sub>3</sub> }	$5 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,5$	—	—	—
BrO + O <sub>3</sub> → Br + 2O <sub>2</sub>	$< 5 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
BrO + NO → Br + NO <sub>2</sub>	$2,1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$8,7 \cdot 10^{-12} \exp(+260/T)$	224—425	$\pm 100$
BrO + NO <sub>2</sub> + M → BrONO <sub>2</sub> + M	$5,0 \cdot 10^{-31} [\text{O}_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$5,0 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-3,0} [\text{O}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$5,0 \cdot 10^{-31} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$5,0 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-3,0} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$2 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,3$	$2 \cdot 10^{-11}$	200—300	$\Delta n = \pm 0,5$
	$F_c = 0,4$	$\Delta F_c = \pm 0,1$	$F_c = \exp(-T/327)$	200—300	—
BrO + ClO → Br + OClO	$6,9 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,1$	$1,9 \cdot 10^{-12} \exp(+390/T)$	200—400	$\pm 400$
→ Br + ClOO }	$6,4 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,1$	$3,9 \cdot 10^{-12} \exp(+140/T)$	200—400	$\pm 200$
→ BrCl + O <sub>2</sub> }	$2,2 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,1$	$1,1 \cdot 10^{-12} \exp(+255/T)$	223—398	$\pm 300$
BrO + BrO → 2Br + O <sub>2</sub>	$4,5 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,2$	—	—	—
→ Br <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>	см. [9]	—	—	—	—
HOBr + $h\nu$ → продукты	см. [9]	—	—	—	—
BrO + $h\nu$ → продукты	см. [9]	—	—	—	—
BrONO <sub>2</sub> + $h\nu$ → продукты	см. [9]	—	—	—	—

Таблица 2 (окончание)

Реакция	$k_{298}$ , см <sup>3</sup> /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость $K$ , см <sup>3</sup> /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$ , К
Реакции $\text{IO}_x$					
$\text{O} + \text{I}_2 \rightarrow \text{IO} + \text{I}$	$1,4 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,3$	$1,4 \cdot 10^{-10}$	200—400	$\pm 250$
$\text{O} + \text{IO} \rightarrow \text{O}_2 + \text{I}$	$5 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,5$	—	—	—
$\text{I} + \text{HO}_2 \rightarrow \text{HI} + \text{O}_2$	рекомендуемого значения нет				
	см. [9]				
$\text{I} + \text{O}_3 \rightarrow \text{IO} + \text{O}_2$	$9,5 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,2$			
$\text{I} + \text{NO} + \text{M} \rightarrow \text{INO} + \text{M}$	$1,8 \cdot 10^{-32} [\text{O}_2] (k_0)$	$\pm 0,2$	$1,8 \cdot 10^{-32} (T/300)^{-1,0} [\text{O}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 0,5$
	$1,8 \cdot 10^{-32} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,1$	$1,8 \cdot 10^{-32} (T/300)^{-1,0} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 0,5$
	$1,7 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,3$	$1,7 \cdot 10^{-11}$	200—300	$\Delta n = \pm 0,5$
	$F_c = 0,75$	$\Delta F_c = \pm 0,15$	$F_c = \exp(-T/1043)$		
$\text{I} + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{INO}_2 + \text{M}$	$2,9 \cdot 10^{-31} [\text{O}_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$2,9 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-1,0} [\text{O}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 0,5$
	$2,9 \cdot 10^{-31} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$2,9 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-1,0} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 0,5$
	$6,6 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,3$	$6,6 \cdot 10^{-11}$	200—300	$\Delta n = \pm 0,5$
	$F_c = 0,63$	$\Delta F_c = \pm 0,1$	$F_c = \exp(-T/650)$	—	—
$\text{HO} + \text{HI} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{I}$	$1,3 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,5$	—	—	—
$\text{HO} + \text{I}_2 \rightarrow \text{HOI} + \text{I}$	$1,8 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{IO} + \text{HO}_2 \rightarrow \text{продукты}$	рекомендуемого значения нет				
$\text{IO} + \text{IO} \rightarrow \text{продукты}$	$5,2 \cdot 10^{-14} (1 \text{ атм})$	$\pm 0,5$	$1,7 \cdot 10^{-12} \exp(+1020/T) (1 \text{ атм})$	250—373	$\pm 200$
$\text{IO} + \text{NO} \rightarrow \text{I} + \text{NO}_2$	$1,7 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{IO} + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{IONO}_2 + \text{M}$	$3,4 \cdot 10^{-31} [\text{O}_2] (k_0)$	$\pm 0,5$	$3,4 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-3,0} [\text{O}_2]$	200—400	$\Delta n = \pm 1$
	$3,4 \cdot 10^{-31} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,5$	$3,4 \cdot 10^{-31} (T/300)^{3,0} [\text{N}_2]$	200—400	$\Delta n = \pm 1$
	$1,6 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,5$		200—400	$\Delta n = \pm 0,5$
	$F_c = 0,4$	$\Delta F_c = \pm 0,1$	$F_c = \exp(-T/327)$	—	—
$\text{IO} + \text{CH}_3\text{SCH}_3 \rightarrow \text{продукты}$	рекомендуемого значения нет				
$\text{INO} + \text{INO} \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{NO}$	$1,3 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,4$	$8,4 \cdot 10^{-11} \exp(-2620/T)$	298—450	$\pm 600$
$\text{INO}_2 + \text{NIO}_2 \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{NO}_2$	$4,7 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,5$	$2,9 \cdot 10^{-11} \exp(-2600/T)$	298—400	$\pm 1000$
$\text{HOI} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{IO} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{INO} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{INO}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{IONO}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				

Ко времени выхода обзоров CODATA (дополнение 11) [39] и НАСА № 7 [40] считалось, что основные черты стратосферной газовой химии, в том числе константы ключевых реакций хорошо установлены. В настоящее время к этому выводу должны быть прибавлены дополнительные требования к гетерогенной химии полярных стратосферных облаков, что может помочь объяснить появление антарктических «озонных дыр». В настоящее время активно создается база кинетических данных по химии полярных стратосферных облаков, что будет отражено в расширенных обзорах как группы НАСА, так и Подкомитета IUPAC по оценке газокинетических данных для химии атмосферы. Вторая из этих групп начала также формировать обзор кинетических данных по реакциям, в основном органических частиц, играющим ключевую роль в химии тропосферы.

Выражаю признательность за большой вклад в работу коллегам по Подкомитету IUPAC Роджеру Аткинсону, Дону Болчу, Тони Коксу, Бобу Хэмпсону и Юргену Трое.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Cruzen P. J.*//Quant. J. Roy. Met. Soc. 1970. V. 96. P. 320.
2. *Johnston H. S.*//Science. 1971. V. 173. P. 517.
3. *Hampson R. F.*//J. Phys. Chem. Ref. Data. 1973. V. 2. P. 267.
4. Chemical Kinetic and Photochemical Data for Modelling Atmospheric Chemistry/Eds R. F. Hampson, Jr., and D. Garvin. Washington: Goernment Printing Office, National Bureau of Standards Technical Note 866, 1975.
5. Chemical Kinetic Data for the Upper and Lower Atmosphere/Ed. S. W. Benson. Int. J. Chem. Kinet. Symp. No. 1. 1975.
6. Chlorofluoromethanes and the Stratosphere/Ed. R. D. Hudson. NASA Reference Publication 1010, 1977.
7. *DeMore W. B., Molina M. J., Sander S. P. et al.* Chemical Kinetics and Photochemical Data for Use in Stratospheric Modelling. Evaluation № 9. JPL Publ. 90—1990.
8. *Baulch D. L., Cox R. A., Hampson R. F. et al.*//J. Phys. Chem. Ref. Data. 1980. V. 9. P. 295.
9. *Atkinson R., Baulch D. L., Cox R. A. et al.*//J. Phys. Chem. Ref. Data. 1989. V. 18. P. 881.
10. The Stratosphere 1981 Theory and Measurements./Ed. R. D. Hudson. WMO Global Ozone Research and Monitoring Project Report No. 11, 1982.
11. *Chapman S.*//Mem. Roy. Met. Soc. 1930. V. 3. P. 103.
12. *Chapman S.*//Philos. Mag. 1930. V. 10. P. 369.
13. *Hunt B. G.*//J. Geophys. Res. 1966. V. 71. P. 1385.
14. *Bates D. R., Nicolet M.*//Ibid. 1950. V. 55. P. 301.
15. *Molina M. J., Rowland F. S.*//Nature. 1974. V. 249. P. 810.
16. *Farman J. C., Gardiner B. G., Shanklin J. D.*//Ibid. 1985. V. 315. P. 207.
17. *Levy III H.*//Science. 1971. V. 173. P. 141.
18. *Demerjian K. L., Kerr J. A., Calvert J. G.*//Advan. Environ. Sci. Technol. 1974. V. 4. P. 1.
19. *Baulch D. L., Drysdale D. D., Horne D. G., Lloyd A. C.* Evaluated Kinetic Data for High Temperature Reactions; V. 1. Homogeneous Gas Phase Reactions of the  $H_2-O_2$  System. L.: Butterworths, 1972.
20. *Temps F., Wagner H. Gg.*//Ber. Bunsenges. Phys. Chem. 1984. B. 88. S. 415.
21. *Zabarnick S., Fleming J. W., Lin M. C.*//Int. J. Chem. Kinet. 1988. V. 20. P. 117.
22. *Niki H., Maker P. D., Savage C. M., Breitenbach L. P.*//J. Phys. Chem. 1984. V. 88. P. 5342.
23. *Baulch D. L., Cox R. A., Hampson R. F. et al.*//J. Phys. Chem. Ref. Data. 1984. V. 13. P. 1259.
24. *Warnatz J.*//Combustion Chemistry//Ed. W. C. Gardiner, Jr., N. Y.: Springer, 1984. P. 197.
25. *DeMore W. B., Margitan J. J., Molina M. J. et al.*//NASA Panel for Data Evaluation, Chemical Kinetics and Photochemical Data for Use in Stratospheric Modeling, Evaluation Number. JPL Publ. 85—37, 1985.
26. *Atkinson R.*//Chem. Rev. 1986. V. 86. P. 69.
27. *Tsang W., Hampson R. F.*//J. Phys. Chem. Ref. Data. 1986. V. 15. P. 1087.
28. *DeMore W. B., Molina M. J., Sander S. P. et al.*//NASA Panel for Data Evaluation, Chemical Kinetics and Photochemical Data for Use in Stratospheric Modeling, Evaluation Number 8. JPL Publ. 87—41, 1987.
29. *Morris E. D., Jr., Niki H.*//J. Chem. Phys. 55, 1991, 1971. V. 55. P. 1991.
30. *Atkinson R., Pitts J. N. Jr.*//Ibid. 68, 3581, 1978. V. 68. P. 3581.
31. *Stief L. J., Nava D. F., Payne W. A., Michael J. V.*//Ibid. 1980. V. 73. P. 2254.
32. *Peeters J., Mahnen G.*//Proc. XIV Intern. Symp. on Combustion. 1972. The Combustion Institute, 1973. P. 133.

33. *Vandooren J., van Tiggelen P. J.*//Proc. XVI Intern. Symp. on Combustion. 1976. The Combustion Institute, 1977. P. 1133.
34. *Niki H., Maker P. D., Savage C. M., Breitenbach L. P.*//J. Phys. Chem. 1978. V. 82. P. 132.
35. *Troe J.*//Ibid. 1979. V. 83. P. 114.
36. *Troe J.*//Ber. Bunsenges. Phys. Chem. 1983. V. 87. P. 161.
37. *Gilbert R. G., Luther K., Troe J.*//Ber. Bunsenges. Phys. Chem. 1983. B. 87. S. 169.
38. *Patrick R., Golden D. M.*//Int. J. Chem. Kinet. 1983. V. 15. P. 1189.
39. *Baulch D. L., Cox R. A., Hampson Jr. R. F.*//J. Phys. Chem Ref. Data. 1984. V. 13. P. 1259.
40. *DeMore W. B., Margitan J. J., Molina M. J. et al.*//Chemical Kinetics and Photochemical Data for use in Stratospheric Modelling, Evaluation № 7. JPL. Publ. 85—37, 1985.

Федеральный институт водных ресурсов, Швейцария