

УДК 551.510 : 541.13

© 1990 г.

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

Kerr 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 , CIO_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 аэронавтике 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 «Хлорфорторметаны 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 экспертовой 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 экспертовых 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.

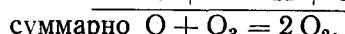
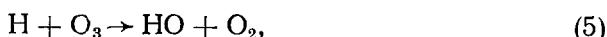
II. СЕМЕЙСТВА РЕАКЦИЙ В АТМОСФЕРНОЙ ХИМИИ

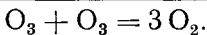
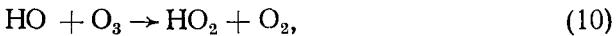
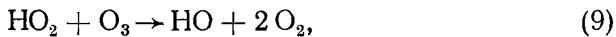
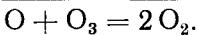
В 1930 г. Чепмен предложил фотохимическую теорию образования стратосферного озона в реакциях с участием частиц, содержащих только кислород [11, 12].



Эти реакции составляют основу семейства O_x . В последнее время к нему были добавлены реакции колебательного и электронно-возбужденных частиц (см. гл. V).

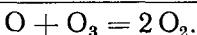
Измерения константы скорости реакции (4), выполненные в 50-х гг. показали, что эта реакция гораздо медленнее, чем считалось в то время, когда Чепмен предложил свою теорию. Значение концентрации озона, вычисленное по реакциям (1)–(4) методом стационарных концентраций, оказалось выше, чем наблюдаемое в атмосфере. Чтобы объяснить это расхождение, Хант [13] предположил, что в каталитических циклах гибели озона принимают участие частицы $HO_x(H, HO, HO_2)$, впервые введенные Бейтом и Николе [14]





Реакции (5)–(10) образуют часть семейства реакций HO_x , приведенного ниже в табл. 2.

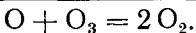
Следующая ступень развития теории фотохимического образования озона пришла на начало 70-х гг., когда Крутцен [1] предложил катализитический цикл с участием NO_x . Вскоре Джонстон [2] предположил, что окислы азота из выхлопов сверхзвуковых самолетов приводят к истощению озонного слоя, что имеет серьезные биологические последствия из-за увеличения прозрачности атмосферы для ультрафиолетовых лучей.



Так было введено в рассмотрение семейство реакций NO_x , представленное ниже в табл. 2, из которой видно, что существует значительное взаимодействие между катализитическим циклом NO_x и семействами HO_x и ClO_x (см. ниже). Один из путей такого взаимодействия — реакции, прямо влияющие на переход частиц NO_x и ClO_x в другие активные формы, например



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



Впоследствии в семейство 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 хлорфтоглеводороды 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 HO₂ 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_x 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

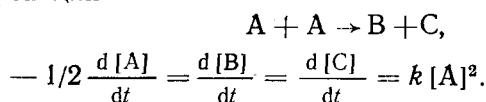
В начале работы по экспертным оценкам химических и фотохимических данных рабочая группа CODATA должна была выбрать подходящий формат представления данных. Предыдущие обзоры были либо подробными, с детальными обсуждениями отдельных измерений, как, например, обзоры по высокотемпературной кинетике [19], 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 стандартизованной форме для каждой элементарной реакции. Реакции сгруппированы по семействам: O_x, HO_x, NO_x, органические, SO_x, FO_x, ClO_x, BrO_x, IO_x.

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 энталпии 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 $2k[A]^2$) 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

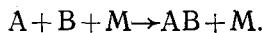
быть как положительным, так и отрицательным. Для констант скорости реакций рекомбинации и диссоциации, зависящих от давления, использована неаррениусовская температурная зависимость, что обсуждается в следующем разделе.

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

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

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_∞ , 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_∞ как функции

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

где «центр кривой спада» $[M]_c$ обозначает такую концентрацию третьей частицы, при которой экстраполированное значение k_0 совпадает с k_∞ . 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]

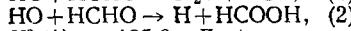
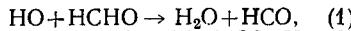
$$\lg F \cong \frac{\lg F_c}{1 + [\lg ([M]/[M]_c)]^2}.$$

Таким образом, три величины — k_0 , k_∞ и F_c вместе с

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

Таблица I

Типичный список данных из обзора CODATA [9]



$$H^{\circ}(1) = -135,3 \text{ кДж/моль},$$

$$H^{\circ}(2) = -91,5 \text{ кДж/моль}.$$

Константа скорости $k = k_1 + k_2$

$k, \text{ см}^3 \cdot \text{с}^{-1}$	$T, \text{ К}$	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			
$\Delta(E/R) = \pm 150$ К;			
$\Delta(k_1/k) = \pm 0,1$ при 298 К.			

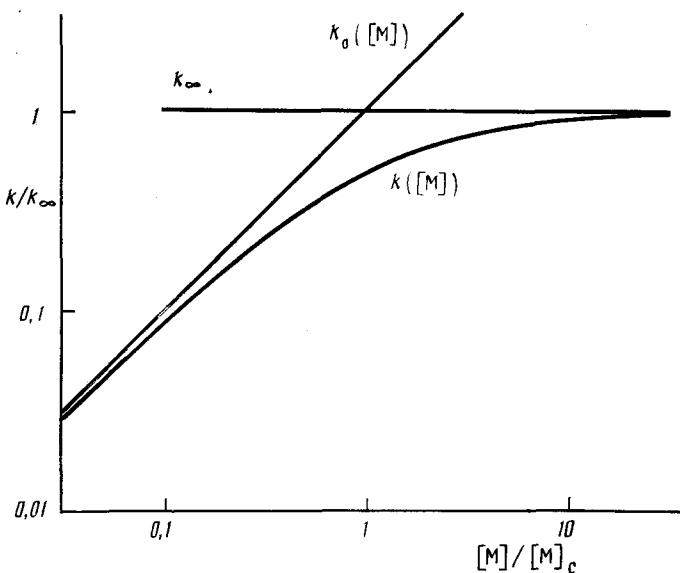
* Рекомендуемые значения получены по методу наименьших квадратов с использованием абсолютных констант скорости, определенных в [20, 21, 30, 31] и хорошо согласующихся между собой при комнатной температуре. Результаты относительных измерений, полученные в [22, 29, 34], соответствуют рекомендуемым значениям при 298 К; анализ продуктов [20, 22] показывает, что при 298 К эта реакция идет преимущественно по пути 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 CH_3ONO —NO—воздух и $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONO}$ —NO—воздух, при общем давлении воздуха 700 мм. рт. ст. Скорости исчезновения H_2^{\bullet} CHO и C_2H_5 определяли методом ИК-спектроскопии. 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}C преиберегали. Отношение k_2/k 0,02 было оценено, исходя из отсутствия в продуктах $\text{H}_2^{\bullet}\text{COOH}$; 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_{∞} , $[M]_c$ 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 третий 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_∞ 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_∞ . Для целей настоящего обзора это в большинстве случаев несущественно, если рекомендемые k_0 и k_∞ согласуются с рекомендуемыми F_c .

Зависимость k_0 и k_∞ 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 псевдо-первого порядка $k(M)$. Константы скорости, выраженные в 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 энталпии при 0 К, где это возможно, в противном случае при 298 К. Приведены также пороговые значения длин волн, соответствующие этим изменениям энталпии.

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-

тариах 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

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

где I_0 и I есть интенсивности падающего и прошедшего света, σ — сечение поглощения, см^2 , N — число частиц поглащающего вещества, 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 (натуальный 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 $D = \pm \lg F$. 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 экспертурной группой. Опыт показывает, что для реакций атомов и свободных радикалов в газовой фазе точность (воспроизведимость) 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.

V. 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].

Таблица 2

Сводные данные по реакциям и рекомендуемым значениям констант скорости

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

Таблица 2* (продолжение)

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

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	k_{298} , см ³ /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость K , см ⁵ /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$, К
Реакции HO_x					
$\text{HO}_2 + \text{HO}_2 + M \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2 + M$	$4,5 \cdot 10^{-32} [\text{O}_2]$ $5,2 \cdot 10^{-32} [\text{N}_2]$ влияние H_2O см. [9]	$\pm 0,15$ $\pm 0,15$	$1,9 \cdot 10^{-33} \exp(-980/T) [\text{N}_2]$	230—420	± 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 NO_x					
$\text{O} + \text{NO} + M \rightarrow \text{NO}_2 + M$	$8,6 \cdot 10^{-32} [\text{O}_2] (k_0)$ $1,0 \cdot 10^{-31} [\text{N}_2] (k_0)$ $3,0 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$ $F_c = 0,85$	$\pm 0,2$ $\pm 0,1$ $\pm 0,2$ $\Delta F_c = \pm 0,1$	$8,6 \cdot 11^{-32} (T/300)^{-1,8} [\text{O}_2]$ $1,0 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-1,6} [\text{N}_2]$ $3,0 \cdot 10^{-11} (T/300)^{+0,3}$ $F_c = \exp(-T/1850)$	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	± 120
$\text{O} + \text{NO}_2 + M \rightarrow \text{NO}_3 + M$	$9 \cdot 10^{-32} [\text{O}_2] (k_0)$ $9 \cdot 10^{-32} [\text{N}_2] (k_0)$ $2,2 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$ $F_c = 0,8$	$\pm 0,3$ $\pm 0,1$ $\pm 0,1$ $\Delta F_c = \pm 0,1$	$9 \cdot 10^{-32} (T/300)^{-2,0} [\text{O}_2]$ $9 \cdot 10^{-32} (T/300)^{-2,0} [\text{N}_2]$ $2,2 \cdot 10^{-11}$ $F_c = \exp(-T/1300)$	200—400 200—400 200—400 200—400	$\Delta n = \pm 1,0$ $\Delta n = \pm 1,0$ $\Delta n = \pm 0,5$ $-$
$\text{O} + \text{NO}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{NO}_2$	$1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,5$	$\leq 3 \cdot 10^{-16}$	220—300	$-$
$\text{O} + \text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{ продукты}$	$\leq 3 \cdot 10^{-16}$	$-$			$-$
$\text{O}(^1D) + \text{N}_2 \rightarrow \text{O}(^3P) + \text{N}_2$	$2,6 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$1,8 \cdot 10^{-11} \exp(+107/T)$	200—350	± 100
$\text{O}(^1D) + \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2 + \text{O}_2$ $\rightarrow 2\text{NO}$	$4,4 \cdot 10^{-11}$ $7,2 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,15$ $\pm 0,15$	$4,4 \cdot 10^{-11}$ $7,2 \cdot 10^{-11}$	200—350 200—350	± 100 ± 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	± 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	± 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	± 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	± 200

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	k_{298} , см ³ /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость K , см ³ /с	Область температур, К	$\Delta(E/R)$, К
Реакции NO_x					
$\text{HO} + \text{HONO} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NO}_2$	$4,9 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	$1,8 \cdot 10^{-41} \exp(-390/T)$	280—340	± 400
$\text{HO} + \text{HONO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NO}_3$	$1,5 \cdot 10^{-13}$ (1 атм)	$\pm 0,4$	см. [9]	240—340	± 300
$\text{HO} + \text{HO}_2\text{NO}_2 \rightarrow \text{продукты}$	$5,0 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$	$1,5 \cdot 10^{-12} \exp(+360/T)$	—	-600
$\text{HO} + \text{NO} + \text{M} \rightarrow \text{HONO} + \text{M}$	$7,4 \cdot 10^{-31} [\text{O}_2] (k_0)$ $7,4 \cdot 10^{-31} [\text{N}_2] (k_0)$ $1,0 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$ $F_c = 0,8$	$\pm 0,2$ $\pm 0,4$ $\pm 0,2$ $\Delta F_c = \pm 0,1$	$7,4 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-2,4} [\text{O}_2]$ $7,4 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-2,4} [\text{N}_2]$ $1,0 \cdot 10^{-11}$ $F_c = \exp(-T/1300)$	200—440 200—440 200—400 200—400	$\Delta n = \pm 1,0$ $\Delta n = \pm 0,5$ $\Delta n = \pm 0,5$ —
$\text{HO} + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{HONO}_2 + \text{M}$	$2,2 \cdot 10^{-30} [\text{O}_2] (k_0)$ $2,6 \cdot 10^{-30} [\text{N}_2] (k_0)$ $5,2 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$ $F_c = 0,43$	$\pm 0,4$ $\pm 0,4$ $\pm 0,2$ $\Delta F_c = \pm 0,1$	$2,2 \cdot 10^{-30} (T/300)^{-2,9} [\text{O}_2]$ $2,6 \cdot 10^{-30} (T/300)^{-2,9} [\text{N}_2]$ $5,2 \cdot 10^{-11}$ $F_c = \exp(-T/353)$	200—300 200—300 200—300 200—300	$\Delta n = \pm 0,5$ $\Delta n = \pm 0,5$ $\Delta n = \pm 0,5$ —
$\text{HO} + \text{NO}_3 \rightarrow \text{HO}_2 + \text{NO}_2$ $\text{HO}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{HO} + \text{NO}_2$ $\text{HO}_2 + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{HO}_2\text{NO}_2 + \text{M}$	$2,3 \cdot 10^{-11}$ $8,3 \cdot 10^{-12}$ $1,5 \cdot 10^{-31} [\text{O}_2] (k_0)$ $1,8 \cdot 10^{-31} [\text{N}_2] (k_0)$ $4,7 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$ $F_c = 0,6$	$\pm 0,2$ $\pm 0,4$ $\pm 0,1$ $\pm 0,4$ $\pm 0,1$ $\Delta F_c = \pm 0,1$	$3,7 \cdot 10^{-12} \exp(+240/T)$ $1,5 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-3/2} [\text{O}_2]$ $1,8 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-3/2} [\text{N}_2]$ $4,7 \cdot 10^{-12}$ см. [9]	230—500 220—360 220—360 200—300 —	± 100 $\Delta n = \pm 1$ $\Delta n = \pm 1$ $\Delta n = \pm 1$ —
$\text{HO}_2\text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{HO}_2 + \text{NO}_2 + \text{M}$	$9,3 \cdot 10^{-21} [\text{O}_2] (k_0/\text{с}^{-1})$ $1,3 \cdot 10^{-20} [\text{N}_2] (k_0/\text{с}^{-1})$ $0,23 (k_\infty/\text{с}^{-1})$ $F_c = 0,6$	$\pm 0,3$ $\pm 0,3$ $\pm 0,6$ $\Delta F_c = \pm 0,1$	$3,6 \cdot 10^{-6} \exp(-10\ 000/T) [\text{O}_2] \text{ с}^{-1}$ $5 \cdot 10^{-6} \exp(-10\ 000/T) [\text{N}_2] \text{ с}^{-1}$ $3,4 \cdot 10^{14} \exp(-10420/T) \text{ с}^{-1}$	260—300 260—300 250—300 —	± 500 ± 500 ± 500 —
$\text{HO}_2 + \text{NO}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{NONO}_2$ $\text{HO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$	$4,3 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\text{NH}_2 + \text{HO}_2 \rightarrow \text{продукты}$	рекомендуемого значения нет			—	—
$\text{NH}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]			—	—
$\text{NH}_2 + \text{O}_3 \rightarrow \text{продукты}$	$3,4 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,4$	—	—	—
$\text{NH}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{продукты}$	$< 3 \cdot 10^{-18}$			—	—
$\text{NH}_2 + \text{NO}_2 \rightarrow \text{продукты}$	$1,7 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,5$	$4,9 \cdot 10^{-12} \exp(-1000/T)$	250—380	± 500
$2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$	$1,6 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,3$	$1,6 \cdot 10^{-11} (T/298)^{-1,5}$	210—500	$\Delta n = \pm 0,5$
$\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$	$1,9 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,3$	$1,9 \cdot 10^{-11} (T/298)^{-2,2}$	250—500	$\Delta n = \pm 1,5$
$\text{NO} + \text{NO}_3 \rightarrow 2\text{NO}_2$	$2,0 \cdot 10^{-38}$	$\pm 0,4$	$3,3 \cdot 10^{-39} \exp(+530/T)$	273—600	± 400
	$1,8 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,08$	$1,8 \cdot 10^{-12} \exp(-1370/T)$	195—304	± 200
	$2,7 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,12$	$1,6 \cdot 10^{-11} \exp(+150/T)$	200—300	± 100

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	k_{298} , см ³ /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость K , см ³ /с	Область температур, К	$\Delta(E/R)$, К
Реакции NO_x					
$\text{NO}_2 + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_3 + \text{O}_2$	$3,2 \cdot 10^{-17}$	$\pm 0,06$	$1,2 \cdot 10^{-13} \exp(-2450/T)$	230—360	± 150
$\text{NO}_2 + \text{NO}_3 + \text{M} \rightarrow \text{N}_2\text{O}_5 + \text{M}$	$2,7 \cdot 10^{-30} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,1$	$2,7 \cdot 10^{-30} (T/300)^{-3,4} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 0,5$
	$2,0 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,1$	$2,0 \cdot 10^{-12} (T/300)^{+0,2}$	200—500	$\Delta n = \pm 0,6$
	$F_c = 0,34$				
$\text{N}_2\text{O}_5 + \text{M} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{NO}_3 + \text{M}$	$1,6 \cdot 10^{-19} [\text{N}_2] (k_0/c^{-1})$	$\pm 0,2$	$2,2 \cdot 10^{-3} (T/300)^{-4,4} \exp(-11080/T) [\text{N}_2] c^{-1}$	200—300	± 500
	$6,9 \cdot 10^{-2} (k_\infty/c^{-1})$	$\pm 0,3$	$9,7 \cdot 10^{14} (T/300)^{+0,1} \exp(-11080/T) c^{-1}$	200—300	± 500
	$F_c = 0,34$	—	—	—	—
$\text{N}_2\text{O}_5 \rightleftharpoons \text{NO}_2 + \text{NO}_3$	см. [9]				
$\text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HONO}_2$	$< 2 \cdot 10^{-21}$	—	—	—	—
$\text{HONO}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{HONO}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{HO}_2\text{NO}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{NO} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{NO}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{NO}_3 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{N}_2\text{O} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
$\text{N}_2\text{O}_5 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]				
Органические реакции					
$\text{O} + \text{CH}_3 \rightarrow \text{HCHO} + \text{H}$	$1,4 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,1$	$1,4 \cdot 10^{-10}$	200—900	± 100
$\text{O} + \text{CN} \rightarrow \text{CO} + \text{N}({}^2D)$	$1,4 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\rightarrow \text{CO} + \text{N}({}^4S)$	$3,4 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\text{O}({}^1D) + \text{CH}_4 \rightarrow \text{HO} + \text{CH}_3$	$1,4 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,1$	$1,4 \cdot 10^{-10}$	200—300	± 100
$\rightarrow \text{HCHO} + \text{H}_2$	$1,5 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$1,5 \cdot 10^{-11}$	200—300	± 100
$\text{HO} + \text{CH}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3$	$8,3 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,4$	$3,7 \cdot 10^{-12} \exp(-1820/T)$	240—300	± 100
$\text{HO} + \text{C}_2\text{H}_2 + \text{M} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2\text{OH} + \text{M}$	$5 \cdot 10^{-30} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,1$	$5 \cdot 10^{-30} [\text{N}_2]$	220—300	$\Delta n = \pm 1$
	$8,3 \cdot 10^{-13} (k_\infty)$	$\pm 0,1$	$8,3 \cdot 10^{-13} (T/300)^{+2}$	220—300	$\Delta n = \pm 1$
	$F_c = 0,6$	$\Delta F_c = \pm 0,2$	—	—	—
$\text{HO} + \text{C}_2\text{H}_4 + \text{M} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{OH} + \text{M}$	$9,5 \cdot 10^{-29} [\text{O}_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$9,5 \cdot 10^{-29} (T/300)^{-3,1} [\text{O}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 2$
	$9,5 \cdot 10^{-29} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$9,5 \cdot 10^{-29} (T/300)^{-3,1} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 2$
	$9 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,3$	$9 \cdot 10^{-12}$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$F_c = 0,7$	$\Delta F_c = 0,2$	$F_c = \exp(-T/840)$	200—300	—

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	k_{298} , см ³ /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость K , см ³ /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	± 100
$\text{HO} + \text{C}_3\text{H}_6 + \text{M} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_6\text{OH} + \text{M}$	$8 \cdot 10^{-27} [\text{O}_2] (k_0)$	± 1	$8 \cdot 10^{-27} (T/300)^{-3,5} [\text{O}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
	$8 \cdot 10^{-27} [\text{N}_2] (k_0)$	± 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	± 200
$\text{HO} + \text{CO} \rightarrow \text{H} + \text{CO}_2$	$(1,5 \cdot 10^{-13}) \cdot [1 + 0,6 (\text{P/атм})]$	$\pm 0,1$	$(1,5 \cdot 10^{-13}) [1 + 0,6 (\text{P/атм})]$	200—300	± 300
	$(0—760 \text{ мм рт. ст. воздух})$		$(0—760 \text{ мм рт. ст. воздух})$		
$\text{HO} + \text{HCHO} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HCO}$	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$1,6 \cdot 10^{-11} \exp(-110/T)$	230—580	± 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	± 200
$\text{HO} + \text{C}_2\text{H}_5\text{CHO} \rightarrow \text{ продукты}$	$2,0 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,15$	—	—	—
$\text{HO} + (\text{CHO})_2 \rightarrow \text{ продукты}$	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{HO} + \text{HOCH}_2\text{CHO} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HOCH}_2\text{CO}$	$8,0 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\quad \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HOCHCHO}$	$2,0 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{COCHO} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{COCO}$	$1,7 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{COCH}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_2\text{COCH}_3$	$2,3 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,2$	$1,7 \cdot 10^{-12} \exp(-600/T)$	240—440	± 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	± 250
$\quad \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{O}$			$9,3 \cdot 10^{-12} \exp(-300/T)$	250—450	± 200
$\text{HO} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{ продукты}$	$3,4 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\text{HO} + n\text{-C}_3\text{H}_7\text{OH} \rightarrow \text{ продукты}$	$5,3 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$	$5,6 \cdot 10^{-12}$	240—440	± 200
$\text{HO} + изо\text{-C}_3\text{H}_7\text{OH} \rightarrow \text{ продукты}$	$5,6 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{OOH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_2\text{OOH}$	$4,4 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\quad \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_3\text{OO}$	$6,6 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{HO} + \text{HCOOH} \rightarrow \text{ продукты}$	$4,8 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,2$	$4,8 \cdot 10^{-13}$	290—430	± 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	± 300
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{CO}_3\text{NO}_2 \rightarrow \text{ продукты}$	$1,4 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,2$	$1,2 \cdot 10^{-12} \exp(-650/T)$	270—300	± 400
$\text{HO} + \text{HCN} \rightarrow \text{ продукты}$	$3 \cdot 10^{-14}$ (1 атм)	$\pm 0,5$	$1,2 \cdot 10^{-13} \exp(-400/T)$ (1 атм)	296—433	± 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	± 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	± 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	± 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	± 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	± 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 ³ /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость K , см ³ /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	± 500
$\text{NO}_3 + \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{продукты}$	$< 1 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
$\text{NO}_3 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{продукты}$	$< 2 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
$\text{NO}_3 + \text{изо-}\text{C}_2\text{H}_7\text{OH} \rightarrow \text{продукты}$	$< 5 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
$\text{CH}_3 + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CH}_3\text{O}_2 + \text{M}$	$8 \cdot 10^{-31} [\text{N}_2] (k_0)$ $2,2 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$ $F_c = 0,27$ —	$\pm 0,2$ $\pm 0,3$ $\Delta F_c = \pm 0,1$	$8 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-3,3} [\text{N}_2]$ $2,2 \cdot 10^{-12} (T/300)^1$	200—600 200—400	$\Delta n = \pm 1$ $\Delta n = \pm 1$
$\text{C}_2\text{H}_5 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{HO}_2$	$< 2 \cdot 10^{-15}$ —	—	$1,4 \cdot 10^{-12} \exp(-1950/T)$	300—2500	± 600
$\text{C}_2\text{H}_5 + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2 + \text{M}$	$2,0 \cdot 10^{-28} [\text{O}_2] (k_0)$ $2,0 \cdot 10^{-28} [\text{N}_2] (k_0)$ $5,0 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$ $F_c = 0,7$	$\pm 0,3$ $\pm 0,3$ $\pm 0,3$ $\Delta F_c = \pm 0,2$	$2,0 \cdot 10^{-28} (T/300)^{-3,8} [\text{O}_2]$ $2,0 \cdot 10^{-28} (T/300)^{-3,8} [\text{N}_2]$ $5 \cdot 10^{-12}$ $F_c = \exp(-T/840)$	200—300 200—300 200—300 —	$\Delta n = \pm 1$ $\Delta n = \pm 1$ $\Delta n = \pm 1$ —
$\text{n-C}_3\text{H}_7 + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{n-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 + \text{M}$	$6 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,3$	$6 \cdot 10^{-12}$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
$\text{изо-}\text{C}_3\text{H}_7 + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{изо-}\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2 + \text{M}$	$1,5 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,3$	$1,5 \cdot 10^{-11}$	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	± 150
$\text{CH}_3\text{CO} + \text{O}_2 (+\text{M}) \rightarrow \text{CH}_3\text{CO} (+\text{M})$	$2 \cdot 10^{-12}$ (1—4 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	± 300
$\text{C}_2\text{H}_5\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO} + \text{HO}_2$	$8,0 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{n-C}_3\text{H}_7\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{CHO} + \text{HO}_2$	$8 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,5$	—	—	—
$\text{изо-}\text{C}_3\text{H}_7\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COCH}_3 + \text{HO}_2$	$8 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,3$	$1,5 \cdot 10^{-14} \exp(-200/T)$	290—390	± 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	± 200
$\text{CH}_3\text{O} + \text{NO} + \text{M} \rightarrow \text{CH}_3\text{ONO} + \text{M}$	$3 \cdot 10^{-28} [\text{He}] (k_0)$ $6 \cdot 10^{-28} [\text{N}_2] (k_0)$ $2 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$ $F_c = 0,6$	$\pm 0,5$ $\pm 0,5$ $\pm 0,3$ —	— — $2 \cdot 10^{-11}$ —	200—400 — 200—400 —	— — — —
$\text{RO} + \text{NO} + \text{M} \rightarrow \text{RONO} + \text{M}$	см. [9]		—	—	—
$\text{RO} + \text{NO} \rightarrow \text{R}'\text{O} + \text{HNO}$	см. [9]		—	—	—
$\text{CH}_3\text{CH}_3\text{O} + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CH}_3\text{ONO}_2 + \text{M}$	$2,6 \cdot 10^{-29} [\text{He}] (k_0)$ $1,5 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$ $F_c = 0,4$	$\pm 0,5$ $\pm 0,3$ —	$2,6 \cdot 10^{-29} (T/300)^{-4,5} [\text{He}]$ $1,5 \cdot 10^{-11}$	200—400 300—400	$\Delta n = \pm 2$ —
$\text{CH}_3\text{O} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{HCHO} + \text{HONO}$	$< 3 \cdot 10^{-13}$	—	$< 3 \cdot 10^{-13}$	200—300	—

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	k_{298} , см ³ /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость K , см ³ /с	Окисль темпера- тур, К	$\Delta(E/R)$, К
Органические реакции					
$\text{RO} + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{RONO}_2 + \text{M}$	см. [9]	$\pm 0,1$	$4,2 \cdot 10^{-12} \exp(+180/T)$	240—360	± 180
$\text{RO} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{R}'\text{O} + \text{HONO}$	см. [9]	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{CH}_3\text{O}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{CH}_3\text{O} + \text{NO}_2$	$7,6 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{O} + \text{NO}_2$	$8,8 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2 + \text{NO} (+\text{M}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{ONO}_2 (+\text{M})$	$\leqslant 1,3 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{n-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{n-C}_3\text{H}_7\text{O} + \text{NO}_2$	$8,7 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{n-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 + \text{NO} (+\text{M}) \rightarrow \text{n-C}_3\text{H}_7\text{ONO}_2 (+\text{M})$	$1,8 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{изо-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{изо-C}_3\text{H}_7\text{O} + \text{NO}_2$	$8,5 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{изо-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 + \text{NO} (+\text{M}) \rightarrow \text{изо-C}_3\text{H}_7\text{ONO}_2 (+\text{M})$	$3,8 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{CH}_3\text{CO}_3 + \text{NO} \rightarrow \text{CH}_3 + \text{CO}_2 + \text{NO}_2$	$1,4 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,7$	—	—	—
$\text{CH}_3\text{O}_2 + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CH}_3\text{O}_2\text{NO}_2 + \text{M}$	$2,3 \cdot 10^{-30} [\text{O}_2] (k_0)$ $2,3 \cdot 10^{-30} [\text{N}_2] (k_0)$ $8,0 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$ $F_c = 0,4$	$\pm 0,2$ $\pm 0,4$ $\pm 0,2$ $\Delta F_c = \pm 0,1$	$2,3 \cdot 10^{-30} (T/300)^{-4,0} [\text{O}_2]$ $2,3 \cdot 10^{-30} (T/300)^{-4,0} [\text{N}_2]$ $8 \cdot 10^{-12}$ $F_c = \exp(-T/327)$	200—300 200—300 200—300	$\Delta n = \pm 2$ $\Delta n = \pm 2$ $\Delta n = \pm 0,5$
$\text{CH}_3\text{O}_2\text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CH}_3\text{O}_2 + \text{NO}_2 + \text{M}$	$6,8 \cdot 10^{-19} [\text{N}_2] (k_0/\text{с}^{-1})$ $4,5 (k_\infty/\text{с}^{-1})$ $F_c = 0,4$	$\pm 0,3$ $\pm 0,3$	$9 \cdot 10^{-5} \exp(-9690/T) [\text{N}_2] \text{ с}^{-1}$ $1,1 \cdot 10^{16} \exp(-10560/T) \text{ с}^{-1}$	250—300 250—300	± 500 ± 500
$\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2 + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{NO}_2 + \text{M}$	$5 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,5$	$5 \cdot 10^{-12}$	200—300	$\Delta n = \pm 1$
$\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2 + \text{NO}_2 + \text{M}$	рекомендуемого значения нет см. [9]				
$\text{CH}_3\text{CO}_3 + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CH}_3\text{CO}_3\text{NO}_2 + \text{M}$	$2 \cdot 10^{-28} [\text{N}_2] (k_0)$ $8,4 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$ $F_c = 0,27$	$\pm 0,5$ $\pm 0,3$	—	—	—
$\text{CH}_3\text{CO}_3\text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CH}_3\text{CO}_3 + \text{NO}_2 + \text{M}$	$1,5 \cdot 10^{-20} [\text{N}_2] (k_0/\text{с}^{-1})$ $5,8 \cdot 10^{-4} (k_\infty/\text{с}^{-1})$ $F_c = 0,27$	$\pm 0,5$ $\pm 0,3$	$6,3 \cdot 10^{-2} \exp(-12785/T) [\text{N}_2] \text{ с}^{-1}$ $2,2 \cdot 10^{16} \exp(-13435/T) \text{ с}^{-1}$	300—320 300—320	± 1000 ± 500
$\text{CH}_3\text{O}_2 + \text{CH}_3\text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{HCHO} + \text{O}_2$ $\rightarrow 2\text{CH}_3\text{O} + \text{O}_2$ $\rightarrow \text{CH}_3\text{OOCH}_3 + \text{O}_2$	$\geq 2,1 \cdot 10^{-13}$ $1,3 \cdot 10^{-13}$ $\leq 3 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,3$ $\pm 0,3$	$1,7 \cdot 10^{-13} \exp(+220/T)$	200—400	± 220
$\text{CH}_3\text{O}_2 + \text{CH}_3\text{CO}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{O} + \text{CH}_3\text{CO}_2 + \text{O}_2$ $\rightarrow \text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} + \text{HCHO} + \text{O}_2$	$5,5 \cdot 10^{-12}$ $5,5 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,5$ $\pm 0,5$	$2,2 \cdot 10^{-12} \exp(+490/T)$	250—370	± 500
$\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2 + \text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{CH}_3\text{CHO} + \text{O}_2$ $\rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{O} + \text{O}_2$ $\rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OOC}_2\text{H}_5 + \text{O}_2$	$8,6 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,12$	$1,2 \cdot 10^{-13} \exp(-110/T)$	250—450	$+300$ -400

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	k_{298} , см ³ /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость K , см ³ /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$, К
Органические реакции					
$n\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 + n\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 \rightarrow n\text{-C}_3\text{H}_7\text{OH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{CHO} +$ + O_2	$3 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,5$	—	—	—
$n\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 + n\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 \rightarrow 2n\text{-C}_3\text{H}_7\text{O} + O_2$	$4,4 \cdot 10^{-16}$	$\pm 0,3$	$6,0 \cdot 10^{-14} \exp(-1460/T)$	300—400	± 300
$изо\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 + изо\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 \rightarrow изо\text{-C}_3\text{H}_7\text{OH} +$ + CH ₃ COCH ₃ + O ₂	$5,6 \cdot 10^{-16}$	$\pm 0,3$	$3,2 \cdot 10^{-12} \exp(-2580/T)$	300—400	± 300
$изо\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 + изо\text{-C}_3\text{H}_7\text{O}_2 \rightarrow 2изо\text{-C}_3\text{H}_7\text{O} + O_2$	$1,6 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,5$	$2,8 \cdot 10^{-12} \exp(+530/T)$	250—370	± 500
$\text{CH}_3\text{CO}_3 + \text{CH}_3\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{CO}_2 + O_2$					
$\text{RCHOO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{RCOOH} + \text{H}_2\text{O}$					
$\text{RCHOO} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{RCHO} + \text{NO}_3$					
$\text{RCHOO} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{ продукты}$					
$\text{RCHOO} + \text{HCHO} \rightarrow \text{ продукты}$					
$\text{CN} + O_2 \rightarrow \text{ продукты}$	$2,1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,45$	$1,1 \cdot 10^{-11} \exp(+205/T)$	290—760	± 200
$O_3 + C_2H_2 \rightarrow \text{ продукты}$	$1 \cdot 10^{-20}$	$\pm 1,0$			
$O_3 + C_2H_4 \rightarrow \text{ продукты}$	$1,7 \cdot 10^{-18}$	$\pm 0,4$	$1,2 \cdot 10^{-14} \exp(-2630/T)$	180—360	± 100
$O_3 + C_3H_6 \rightarrow \text{ продукты}$	$1,1 \cdot 10^{-17}$	$\pm 0,45$	$1,3 \cdot 10^{-14} \exp(-2105/T)$	250—360	± 400
$HCHO + h\nu \rightarrow \text{ продукты}$	см. [9]				
$CH_3CHO + h\nu \rightarrow \text{ продукты}$	см. [9]				
$C_2H_5CHO + h\nu \rightarrow \text{ продукты}$	см. [9]				
$(CHO)_2 + h\nu \rightarrow \text{ продукты}$	см. [9]				
$CH_3COCHO + h\nu \rightarrow \text{ продукты}$	см. [9]				
$CH_3COCH_3 + h\nu \rightarrow \text{ продукты}$	см. [9]				
$CH_3OOH + h\nu \rightarrow \text{ продукты}$	см. [9]				
$CH_3O_2NO_2 + h\nu \rightarrow \text{ продукты}$	см. [9]				
$CH_3CO_3NO_2 + h\nu \rightarrow \text{ продукты}$	см. [9]				
Реакции SO _x					
$O + H_2S \rightarrow HO + HS$	$2,2 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,3$	$1,4 \cdot 10^{-11} \exp(-1920/T)$	290—500	± 750
$O + CS \rightarrow CO + S$	$2,1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$2,7 \cdot 10^{-10} \exp(-760/T)$	150—300	± 250
$O + CH_3SCH_3 \rightarrow CH_3SO + CH_3$	$5,0 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$1,3 \cdot 10^{-11} \exp(+409/T)$	270—560	± 100
$O + CS_2 \rightarrow SO + CS$	$3,6 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$	$3,2 \cdot 10^{-11} \exp(-650/T)$	200—500	± 100
$O + CH_3SSCH_3 \rightarrow CH_3SO + CH_3S$	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,3$	$5,5 \cdot 10^{-11} \exp(+250/T)$	290—570	± 100
$O + OCS \rightarrow SO + CO$	$1,4 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,2$	$2,6 \cdot 10^{-11} \exp(-2250/T)$	220—600	± 150
$O + SO_2 + M \rightarrow SO_3 + M$	$1,4 \cdot 10^{-33} [O_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$4,0 \cdot 10^{-32} \exp(-1000/T) [O_2]$	200—400	± 200
					-400

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	k_{298} , см ³ /с	$\Delta \log k_{298}$	Температурная зависимость K , см ³ /с	Область температур, К	$\Delta(E/R)$, К
Реакции SO_x					
$\text{O} + \text{SO}_2 + M \rightarrow \text{SO}_3 + M$	$1,4 \cdot 10^{-33} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$4,0 \cdot 10^{-32} \exp(-1000/T) [\text{O}_2]$	200—400	+200
$\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO} + \text{O}$	$2,3 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$	$2,3 \cdot 10^{-12}$	230—400	-400
$\text{S} + \text{O}_3 \rightarrow \text{SO} + \text{O}_2$	$1,2 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,3$			± 200
$\text{HO} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HS}$	$4,8 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,08$	$6,3 \cdot 10^{-12} \exp(-80/T)$	200—300	+80
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{SH} \rightarrow \text{продукты}$	$3,3 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$9,9 \cdot 10^{-12} \exp(+356/T)$	240—430	± 100
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{SCH}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_2\text{SCH}_3$ $\rightarrow \text{CH}_3\text{S(OH)CH}_3$	$4,4 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,1$	$9,6 \cdot 10^{-12} \exp(-234/T)$	250—400	± 300
$\text{HO} + \text{CS}_2 \rightarrow \text{продукты}$	$1,7 \cdot 10^{-12}$ (1 атм. воздух) $\leqslant 7,0 \cdot 10^{-15} ([\text{O}_2] = 0)$	$\pm 0,3$	см. [9]		
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{SSCH}_3 \rightarrow \text{продукты}$	$2,0 \cdot 10^{-12}$ (1 атм. воздух)	$\pm 0,3$	$8,8 \cdot 10^{-16} \exp(+2300/T)$	260—300	+500
$\text{HO} + \text{OCS} \rightarrow \text{продукты}$	$2,0 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,1$	$6,0 \cdot 10^{-11} \exp(+380/T)$	250—370	± 300
$\text{HO} + \text{SO}_2 + M \rightarrow \text{HSO}_2 + M$	$5,0 \cdot 10^{-31} [\text{O}_2] (k_0)$ $5,0 \cdot 10^{-31} [\text{N}_2] (k_0)$ $2 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$ $F_c = 0,45$	$\pm 0,3$ $\pm 0,3$ $\pm 0,3$ $\Delta F_c = \pm 0,1$	$1,1 \cdot 10^{-13} \exp(-1200/T)$ $5,0 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-3,3} [\text{O}_2]$ $5,0 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-3,3} [\text{N}_2]$ $F_c = \exp(-T/380)$	200—300 200—300 200—300 200—300	$\Delta n = +0,5$ $\Delta n = +0,5$ $\Delta n = +1$
$\text{HSO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{HO}_2 + \text{SO}_3$	$4,0 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,1$	—	—	—
$\text{HO}_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{продукты}$	$\leqslant 1 \cdot 10^{-18}$	—	—	—	—
$\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{продукты}$	$< 1 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
$\text{NO}_3 + \text{CS}_2 \rightarrow \text{продукты}$	$< 1 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
$\text{NO}_3 + \text{OCS} \rightarrow \text{продукты}$	$< 3 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
$\text{NO}_3 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{продукты}$	$< 1 \cdot 10^{-19}$	—	—	—	—
$\text{NO}_3 + \text{CH}_3\text{SH} \rightarrow \text{продукты}$	$9,2 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,15$	$9,2 \cdot 10^{-13}$	250—370	+400
$\text{NO}_3 + \text{CH}_3\text{SCH}_3 \rightarrow \text{продукты}$	$1,0 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,15$	$1,9 \cdot 10^{-13} \exp(+500/T)$	250—380	± 300
$\text{NO}_3 + \text{CH}_3\text{SSCH}_3 \rightarrow \text{продукты}$	$7 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,3$	$7 \cdot 10^{-13}$	300—380	± 500
$\text{CH}_3\text{O}_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{O} + \text{SO}_3$ $\rightarrow \text{CH}_3\text{O}_2\text{SO}_2$	$< 5 \cdot 10^{-17}$ рекомендуемого значения нет см. [9]	—	—	—	—
$\text{HS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{HO} + \text{SO}$	$\leqslant 4 \cdot 10^{-19}$	—	—	—	—
$\text{HS} + \text{O}_3 \rightarrow \text{HSO} + \text{O}_2$	$3,6 \cdot 10^{-42}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\text{HS} + \text{NO} + M \rightarrow \text{HSNO} + M$	$2,4 \cdot 10^{-31} [\text{N}_2] (k_0)$ $2,7 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$ $F_c = 0,6$	$\pm 0,3$ $\pm 0,5$ $\pm 0,3$	$2,4 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-2,5} [\text{N}_2]$ $2,7 \cdot 10^{-11}$ $2,6 \cdot 10^{-11} \exp(+240/T)$	200—300 200—300 220—450	$\Delta n = \pm 1$
$\text{HS} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{HSO} + \text{NO}$	$5,8 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,3$	—	—	+200

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	k_{298} , см ³ /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость K , см ³ /с	Область температур, К	$\Delta(E/R)$, К
Реакции SO_x					
$\text{HSO} + \text{O}_2 \rightarrow$ продукты	$\leq 2 \cdot 10^{-17}$	—	—	—	—
$\text{HSO} + \text{O}_3 \rightarrow$ продукты	$1,1 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,8$	—	—	—
$\text{HSO} + \text{NO} \rightarrow$ продукты	$\leq 1 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
$\text{HSO} + \text{NO}_2 \rightarrow$ продукты	$9,6 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{HSO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow$ продукты	$3 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,8$	—	—	—
$\text{SO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{O}$	$6,7 \cdot 10^{-17}$	$\pm 0,15$	$1,4 \cdot 10^{-13} \exp(-2275/T)$	230—420	+500
$\text{SO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{O}_2$	$8,9 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,1$	$4,5 \cdot 10^{-12} \exp(-1170/T)$	230—420	+150
$\text{SO} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{NO}$	$1,4 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,4$	$1,4 \cdot 10^{-11}$	210—360	+100
$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ продукты	рекомендуемого значения нет см. [9]	—	—	—	—
$\text{CS} + \text{O}_2 \rightarrow$ продукты	рекомендуемого значения нет см. [9]	—	—	—	—
$\text{O}_3 + \text{CH}_3\text{SCH}_3 \rightarrow$ продукты	$< 1 \cdot 10^{-18}$	—	—	—	—
$\text{OCS} + h\nu \rightarrow$ продукты	см. [9]	—	—	—	—
$\text{CS}_2 + h\nu \rightarrow$ продукты	см. [9]	—	—	—	—
$\text{CH}_3\text{SSCH}_3 + h\nu \rightarrow$ продукты	см. [9]	—	—	—	—
Реакции FO_x					
$\text{O} + \text{FO} \rightarrow \text{O}_2 + \text{F}$	$5 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,5$	—	—	—
$\text{O} + \text{FO}_2 \rightarrow \text{O}_2 + \text{FO}$	$5 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,7$	—	—	—
$\text{O} (^1D) + \text{HF} \rightarrow \text{HO} + \text{F}$	$1 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,5$	—	—	—
$\text{O} (^1D) + \text{COF}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{F}_2$ $\rightarrow \text{O} (^3P) + \text{COF}_2$	$2,2 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\text{F} + \text{H}_2 \rightarrow \text{HF} + \text{H}$	$5,2 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\text{F} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HF} + \text{HO}$	$2,8 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$1,9 \cdot 10^{-10} \exp(-570/T)$	190—770	+150
$\text{F} + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{FO}_2 + \text{M}$	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,5$	$4,2 \cdot 10^{-11} \exp(-400/T)$	240—370	+200
$\text{FO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{F} + \text{O}_2 + \text{M}$	$4,3 \cdot 10^{-33} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$4,3 \cdot 10^{-33} (T/300)^{-1,4} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = +1$
$\text{F} + \text{O}_3 \rightarrow \text{FO} + \text{O}_2$	$3 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,5$	$3 \cdot 10^{-11}$	200—300	$\Delta n = +1$
$\text{F} + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{FONO} + \text{M}$	$F_c = 0,85$	$\Delta F_c = \pm 0,1$	$F_c = \exp(-T/1850)$	200—300	—
	$2,2 \cdot 10^{-17} [\text{N}_2] (k_0/c^{-1})$	$\pm 0,5$	$6,3 \cdot 10^{-9} \exp(-5800/T) [\text{N}_2] c^{-1}$	200—400	+1000
	$1,3 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,3$	$2,8 \cdot 10^{-11} \exp(-226/T)$	250—365	+200
	$1,0 \cdot 10^{-30} [\text{O}_2] (k_0)$	$\pm 0,5$	$1,0 \cdot 10^{-30} (T/300)^{-2,0} [\text{O}_2]$	200—300	$\Delta n = +1$
	$1,0 \cdot 10^{-30} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,5$	$1,0 \cdot 10^{-30} (T/300)^{-2,0} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = +1$
	$2 \cdot 10^{-10} (k_\infty)$	$\pm 0,8$	$2 \cdot 10^{-10}$	200—300	$\Delta n = +1$
	$F_c = 0,6$	$\Delta F_c = \pm 0,2$	$F_c = \exp(-T/587)$	200—300	$\Delta n = +1$

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	k_{298} , см ³ /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость K , см ³ /с	Область температур, К	$\Delta(E/R)$, К
Реакции FO_x					
$F + CH_4 \rightarrow HF + CH_3$	$8,0 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,2$	$3,0 \cdot 10^{-10} \exp(-400/T)$	250—450	± 200
$HO + CH_3CHF_2 \rightarrow$ продукты	$3,4 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,2$	$—$	—	—
$HO + CH_2FCF_3 \rightarrow H_2O + CHFCF_3$	$8,4 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,2$	$6,6 \cdot 10^{-13} \exp(-1300/T)$	250—440	± 300
$FO + O_3 \rightarrow$ продукты	рекомендуемого значения нет см. [9]	—	—	—	—
$FO + NO \rightarrow F + NO_2$	$2,6 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,3$	$—$	—	—
$FO + NO_2 + M \rightarrow FONO_2 + M$	$1,6 \cdot 10^{-31} [O_2] (k_0)$ $1,6 \cdot 10^{-31} [N_2] (k_0)$ $2 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,7$ $\pm 0,7$ $\pm 0,5$	$1,6 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-3,4} [O_2]$ $1,6 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-3,4} [N_2]$ $2 \cdot 10^{-11}$	200—300 200—300 200—300	$\Delta n = \pm 1,0$ $\Delta n = \pm 1,0$ $\Delta n = \pm 0,5$
$F_c = 0,5$		$\Delta F_c = \pm 0,1$	$F_c = \exp(-T/433)$	200—300	—
$FO + FO \rightarrow$ продукты	$1,5 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$HF + hv \rightarrow$ продукты	см. [9]	—	—	—	—
$FONO_2 + hv \rightarrow$ продукты	см. [9]	—	—	—	—
$COF_2 + hv \rightarrow$ продукты	см. [9]	—	—	—	—
Реакции ClO_x					
$O + HCl \rightarrow HO + Cl$	$1,4 \cdot 10^{-16}$	$\pm 0,3$	$1,0 \cdot 10^{-11} \exp(-3340/T)$	293—718	± 350
$O + HOCl \rightarrow HO + ClO$	рекомендуемого значения нет см. [9]	—	—	—	—
$O + ClO \rightarrow O_2 + Cl$	$3,8 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,4$	$3,8 \cdot 10^{-11}$	200—300	± 250
$O + OCIO \rightarrow O_2 + ClO \}$ $\rightarrow O + ClOO \}$	$5 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,5$	—	—	—
$O + ClONO_2 \rightarrow$ продукты	$1,9 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,1$	$3,0 \cdot 10^{-12} \exp(-808/T)$	213—295	± 200
$O(^1D) + CF_2Cl_2 \rightarrow$ продукты	$1,4 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,1$	—	—	—
$O(^1D) + CFCI_3 \rightarrow$ продукты	$2,3 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,1$	—	—	—
$O(^1D) + CCl_4 \rightarrow$ продукты	$3,3 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,1$	—	—	—
$Cl + H_2 \rightarrow HCl + H$	$1,6 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,1$	$3,7 \cdot 10^{-11} \exp(-2300/T)$	200—300	± 200
$Cl + HO_2 \rightarrow HCl + O_2$ $\rightarrow ClO + HO$	$3,2 \cdot 10^{-11}$ $9,1 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$ $\pm 0,3$	$1,8 \cdot 10^{-11} \exp(+170/T)$ $4,1 \cdot 10^{-11} \exp(-450/T)$	250—420 250—420	± 250 ± 250
$Cl + H_2O_2 \rightarrow HCl + HO_2$	$4,3 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,2$	$1,1 \cdot 10^{-11} \exp(-980/T)$	265—424	± 500
$Cl + O_2 + M \rightarrow ClOO + M$	$1,7 \cdot 10^{-33} [N_2]$	$\pm 0,3$	—	—	—
$ClOO + M \rightarrow Cl + O_2 + M$	$2,5 \cdot 10^{-13} [N_2] (k/c^{-1})$	$\pm 0,5$	$1,5 \cdot 10^{-8} \exp(-3285/T) [N_2] c^{-1}$	200—300	± 1250
$Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$	$1,2 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,06$	$2,7 \cdot 10^{-11} \exp(-257/T)$	205—298	± 100
$Cl + HONO_2 \rightarrow HCl + NO_3$	$< 2,0 \cdot 10^{-16}$	—	—	—	—

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	k_{298} , см ³ /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость K , см ³ /с	Область температур, К	$\Delta(E/R)$, К
Реакции ClO_x					
$\text{Cl} + \text{NO}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{NO}_2$	$2,6 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,3$	$2,6 \cdot 10^{-11}$	200—300	+400
$\text{Cl} + \text{CH}_4 \rightarrow \text{HCl} + \text{CH}_3$	$1,0 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,1$	$9,6 \cdot 10^{-12} \exp(-1350/T)$	200—300	+250
$\text{Cl} + \text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{HCl} + \text{C}_2\text{H}_5$	$5,7 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,06$	$7,7 \cdot 10^{-11} \exp(-90/T)$	220—350	+100
$\text{Cl} + \text{C}_3\text{H}_8 \rightarrow \text{HCl} + \text{C}_3\text{H}_7$	$1,5 \cdot 10^{-10}$	$\pm 0,2$	$1,3 \cdot 10^{-10} \exp(+40/T)$	220—600	+200
$\text{Cl} + \text{HCHO} \rightarrow \text{HCl} + \text{HCO}$	$7,3 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,06$	$8,2 \cdot 10^{-11} \exp(-34/T)$	200—500	+100
$\text{Cl} + \text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow \text{HCl} + \text{CH}_3\text{CO}$	$7,6 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{Cl} + \text{CH}_3\text{CN} \rightarrow \text{продукты}$	$\leq 2 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
$\text{Cl} + \text{OCIO} \rightarrow 2\text{ClO}$	$5,8 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$3,4 \cdot 10^{-11} \exp(+160/T)$	298—450	+200
$\text{Cl} + \text{ClONO}_2 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{NO}_3$	$1,2 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,12$	$6,8 \cdot 10^{-12} \exp(+160/T)$	219—298	+200
$\text{Cl} + \text{CH}_3\text{Cl} \rightarrow \text{HCl} + \text{CH}_2\text{Cl}$	$4,9 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,1$	$3,4 \cdot 10^{-11} \exp(-1260/T)$	233—350	+200
$\text{Cl} + \text{CH}_3\text{CCl}_3 \rightarrow \text{HCl} + \text{CH}_2\text{CCl}_3$	$< 4 \cdot 10^{-14}$	—	—	—	—
$\text{HO} + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}$	$8,1 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,1$	$2,4 \cdot 10^{-12} \exp(-330/T)$	200—300	+150
$\text{HO} + \text{HOCl} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{ClO}$	$5,0 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,5$	$3,0 \cdot 10^{-12} \exp(-500/T)$	200—300	+500
$\text{HO} + \text{ClO} \rightarrow \text{HO}_2 + \text{Cl}$ → $\text{HCl} + \text{O}_2$	$1,7 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,2$	$1,1 \cdot 10^{-11} \exp(+120/T)$	200—373	+150
$\text{HO} + \text{OCIO} \rightarrow \text{HOCl} + \text{O}_2$	$7,0 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	$4,5 \cdot 10^{-13} \exp(+800/T)$	290—480	+200
$\text{HO} + \text{ClONO}_2 \rightarrow \text{продукты}$	$3,9 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,2$	$1,2 \cdot 10^{-12} \exp(-330/T)$	246—387	+200
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{Cl} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_2\text{Cl}$	$4,2 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,1$	$1,9 \cdot 10^{-12} \exp(-1120/T)$	247—350	+200
$\text{HO} + \text{CH}_2\text{FCl} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CHFCl}$	$4,4 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,1$	$2,6 \cdot 10^{-12} \exp(-1210/T)$	245—350	+100
$\text{HO} + \text{CHF}_2\text{Cl} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CF}_2\text{Cl}$	$4,7 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,1$	$1,1 \cdot 10^{-12} \exp(-1620/T)$	250—360	+100
$\text{HO} + \text{CHFCl}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CFCl}_2$	$3,0 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,1$	$1,1 \cdot 10^{-12} \exp(-1070/T)$	240—350	+100
$\text{HO} + \text{CH}_2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CHCl}_2$	$1,4 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,1$	$4,4 \cdot 10^{-12} \exp(-1030/T)$	240—300	+250
$\text{HO} + \text{CHCl}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CCl}_3$	$1,0 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,1$	$3,3 \cdot 10^{-12} \exp(-1030/T)$	240—300	+100
$\text{HO} + \text{CFCl}_3 \rightarrow \text{HOCl} + \text{CFCl}_2$	$< 5 \cdot 10^{-18}$	—	$< 1 \cdot 10^{-12} \exp(-3650/T)$	250—480	—
$\text{HO} + \text{CF}_2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{HOCl} + \text{CF}_2\text{Cl}$	$< 7 \cdot 10^{-18}$	—	$< 1 \cdot 10^{-12} \exp(-3540/T)$	250—478	—
$\text{HO} + \text{CCl}_4 \rightarrow \text{HOCl} + \text{CCl}_3$	$< 4 \cdot 10^{-16}$	—	$< 1 \cdot 10^{-12} \exp(-2320/T)$	—	—
$\text{HO} + \text{C}_2\text{HCl}_3 \rightarrow \text{продукты}$	$2,2 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,1$	$5,0 \cdot 10^{-13} \exp(+445/T)$	230—420	+200
$\text{HO} + \text{C}_2\text{Cl}_4 \rightarrow \text{продукты}$	$1,7 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,1$	$9,4 \cdot 10^{-12} \exp(-1200/T)$	300—420	+200
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{CF}_2\text{Cl} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_2\text{CF}_2\text{Cl}$	$3,6 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,2$	$1,6 \cdot 10^{-12} \exp(-1820/T)$	270—380	+300
$\text{HO} + \text{CHFCICF}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CFCICF}_3$	$1,0 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,2$	$6,4 \cdot 10^{-13} \exp(-1240/T)$	250—380	+300
$\text{HO} + \text{CH}_2\text{ClCFCl}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CHClCFCl}_2$	$1,5 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,3$	$3,0 \cdot 10^{-12} \exp(-1580/T)$	250—350	+500
$\text{HO} + \text{CHCl}_2\text{CF}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CCl}_2\text{CF}_3$	$3,4 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,2$	$1,2 \cdot 10^{-12} \exp(-1060/T)$	245—375	+300
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{CCl}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_2\text{CCl}_3$	$1,2 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,15$	$5,1 \cdot 10^{-12} \exp(-1800/T)$	250—460	+200
$\text{NO}_3 + \text{C}_2\text{HCl}_3 \rightarrow \text{продукты}$	$2,9 \cdot 10^{-16}$	$\pm 0,3$	—	—	—

Таблица 2 (продолжение)

Реакция	k_{298} , см ³ /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость K , см ³ /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$, К
Реакции 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	± 300
$\rightarrow \text{HCl} + \text{O}_3$	$\leq 2 \cdot 10^{-14}$	—	—	—	—
$\text{ClO} + \text{O}_2 (^1\Delta_g) \rightarrow \text{сумм-ClO}_3$	$\leq 3,0 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
$\text{ClO} + \text{NO} \rightarrow \text{Cl} + \text{NO}_2$	$1,7 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$6,2 \cdot 10^{-12} \exp(+294/T)$	202—415	± 100
$\text{ClO} + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{ClONO}_2 + \text{M}$	$1,7 \cdot 10^{-31} [\text{O}_2] (k_0)$ $1,7 \cdot 10^{-31} [\text{N}_2] (k_0)$ $2 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$ $F_c = 0,5$	$\pm 0,1$ $\pm 0,1$ $\pm 0,1$ $\Delta F_c = \pm 0,1$	$1,7 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-3,4} [\text{O}_2]$ $1,7 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-3,4} [\text{N}_2]$ $2 \cdot 10^{-11}$ $F_c = \exp(-T/430)$	200—300 200—300 200—300 —	$\Delta n = \pm 1,0$ $\Delta n = \pm 1,0$ $\Delta n = \pm 0,5$
$\text{ClO} + \text{NO}_3 \rightarrow \text{ClOO} + \text{NO}_2 \}$ $\rightarrow \text{OCIO} + \text{NO}_2 \}$	$4,0 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{ClO} + \text{HCHO} \rightarrow \text{продукты}$	$< 10^{-15}$	—	—	—	—
$\text{ClO} + \text{ClO} \rightarrow \text{ClOO} + \text{Cl}$	$3,4 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\rightarrow \text{OCIO} + \text{Cl}$	$1,7 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\rightarrow \text{Cl}_2 + \text{O}_2$	$4,9 \cdot 10^{-15}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\text{ClO} + \text{ClO} + \text{M} \rightarrow \text{Cl}_2\text{O}_2 + \text{M}$	$4,0 \cdot 10^{-32} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,2$	$4,0 \cdot 10^{-32} (T/300)^{-2,0} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = +1,0$
$\text{Cl}_2\text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{ClO} + \text{ClO} + \text{M}$	$6,1 \cdot 10^{-18} [\text{N}_2] (k_0/c^{-1})$	$\pm 0,5$	$3,1 \cdot 10^{-5} (T/300)^{-3} \exp(-8720/T) \cdot [\text{N}_2] c^{-1}$	230—300	± 500
$\text{OCIO} + \text{NO} \rightarrow \text{ClO} + \text{NO}_2$	$3,4 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,3$	—	—	—
$\text{ClONO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{HONO}_2$	$< 5,0 \cdot 10^{-21}$	—	—	—	—
$\text{ClONO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{HONO}_2$	$< 2,0 \cdot 10^{-20}$	—	—	—	—
$\text{CF}_3 + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CF}_3\text{O}_2 + \text{M}$	$1,9 \cdot 10^{-29} [\text{N}_2] (k_0)$ $1 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$ $F_c = 0,4—0,5$	$\pm 0,2$ $\pm 0,2$ $—$	$1,9 \cdot 10^{-29} (T/300)^{-4,7} [\text{N}_2]$ $1 \cdot 10^{-11}$	200—400 200—400	$\Delta n = \pm 1$
$\text{CFCI}_2 + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CFCI}_2\text{O}_2 + \text{M}$	$5 \cdot 10^{-30} [\text{N}_2] (k_0)$ $6 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$ $F_c = 0,6$	$\pm 0,4$ $\pm 0,5$ $—$	$5 \cdot 10^{-30} (T/300)^{-4} [\text{N}_2]$ $6 \cdot 10^{-12}$	200—300 200—300	$\Delta n = \pm 2$
$\text{CCl}_3 + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CCl}_3\text{O}_2 + \text{M}$	$1,5 \cdot 10^{-30} [\text{N}_2] (k_0)$ $5 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$ $F_c = 0,25$	$\pm 0,5$ $\pm 0,5$ $—$	$1,5 \cdot 10^{-30} (T/300)^{-4} [\text{N}_2]$ $5 \cdot 10^{-12}$	200—300 200—300	$\Delta n = \pm 2$
$\text{CCl}_3\text{O} \rightarrow \text{CCl}_2\text{O} + \text{Cl}$	$> 1 \cdot 10^5 \text{ c}^{-1}$ (233 K, 7,5 мм рт. ст.)	—	—	—	—
$\text{CCl}_2\text{FO} \rightarrow \text{CClFO} + \text{Cl}$	$> 3 \cdot 10^4 \text{ c}^{-1}$ (253 K, 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 ³ /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость K , см ³ /с	Область температур, К	$\Delta(E/R)$, К
Реакции 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	—
$\text{CF}_3\text{O}_2 + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CF}_3\text{O}_2\text{NO}_2 + \text{M}$	$2.7 \cdot 10^{-29} [\text{N}_2] (k_0)$ $9 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,3$ $\pm 0,5$	$2.7 \cdot 10^{-29} (T/300)^{-5} [\text{N}_2]$ $9 \cdot 10^{-12} (T/300)^{-0,7}$	200—300 200—300	$\Delta n = +2$ $\Delta n = \pm 1$
$\text{CF}_2\text{ClO}_2 + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CF}_2\text{ClO}_2\text{NO}_2 + \text{M}$	$F_c = 0,49$ $4.0 \cdot 10^{-29} [\text{N}_2] (k_0)$ $1.0 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,4$ $\pm 0,5$	$4.0 \cdot 10^{-29} (T/300)^{-5} [\text{N}_2]$ $1.0 \cdot 10^{-11} (T/300)^{-0,7}$	200—300 200—300	$\Delta n = +2$ $\Delta n = \pm 1$
$\text{CF}_2\text{ClO}_2\text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CF}_2\text{ClO}_2 + \text{NO}_2 + \text{M}$	$F_c = 0,45$ $1.5 \cdot 10^{-17} [\text{N}_2] (k_0/c^{-1})$ $4.9 \cdot 10^{-2} (k_\infty/c^{-1})$	$\pm 0,3$ $\pm 0,3$	$F_c = \exp(-T/373)$ $5.6 \cdot 10^{-4} \exp(-9310/T) [\text{N}_2] \text{ c}^{-1}$ $1.0 \cdot 10^{16} \exp(-11880/T) \text{ c}^{-1}$	— 260—290 260—290	± 1000 ± 1000
$\text{CFCI}_2\text{O}_2 + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CFCI}_2\text{O}_2\text{NO}_2 + \text{M}$	$F_c = 0,4$ $5.5 \cdot 10^{-29} [\text{N}_2] (k_0)$ $8.3 \cdot 10^{-12} (k_\infty)$	$\pm 0,3$ $\pm 0,3$	$5.5 \cdot 10^{-29} (T/300)^{-5} [\text{N}_2]$ $8.3 \cdot 10^{-12} (T/300)^{-0,7}$	200—300 200—300	$\Delta n = +1$ $\Delta n = \pm 1$
$\text{CFCI}_2\text{O}_2\text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CFCI}_2\text{O}_2 + \text{NO}_2 + \text{M}$	$F_c = 0,42$ $1.2 \cdot 10^{-18} [\text{N}_2] (k_0/c^{-1})$ $7.3 \cdot 10^{-2} (k_\infty/c^{-1})$	$\pm 0,3$ $\pm 0,3$	$F_c = \exp(-T/342)$ $3 \cdot 10^{-3} \exp(-10570/T) [\text{N}_2] \text{ c}^{-1}$ $2.1 \cdot 10^{16} \exp(-11980/T) \text{ c}^{-1}$	— 270—290 270—290	± 1000 ± 1000
$\text{CCl}_3\text{O}_2 + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CCl}_3\text{O}_2\text{NO}_2 + \text{M}$	$F_c = 0,4$ $9.2 \cdot 10^{-29} [\text{N}_2] (k_0)$ $1.5 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,3$ $\pm 0,3$	$F_c = \exp(-T/342)$ $9.2 \cdot 10^{-29} (T/300)^{-6} [\text{N}_2]$ $1.5 \cdot 10^{-11} (T/300)^{-0,3}$	— 200—300 200—300	$\Delta n = +2$ $\Delta n = \pm 1$
$\text{CCl}_3\text{O}_2\text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CCl}_3\text{O}_2 + \text{NO}_2 + \text{M}$	$F_c = 0,32$ $1.5 \cdot 10^{-17} [\text{N}_2] (k_0/c^{-1})$ $1.6 \cdot 10^{-1} (k_\infty/c^{-1})$	$\pm 0,3$ $\pm 0,3$	$F_c = \exp(-T/260)$ $5.6 \cdot 10^{-4} \exp(-9310/T) [\text{N}_2]$ $9.1 \cdot 10^{14} \exp(-10820/T) \text{ c}^{-1}$	— 260—300 260—300	± 1000 ± 1000
$\text{CH}_2\text{ClO}_2\text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{CH}_2\text{ClO}_2 + \text{NO}_2 + \text{M}$ $\text{O}_3 + \text{C}_2\text{HCl}_3 \rightarrow \text{продукты}$ $\text{O}_3 + \text{C}_2\text{Cl}_4 \rightarrow \text{продукты}$ $\text{HOCl} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$ $\text{OCIO} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$ $\text{Cl}_2\text{O}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$ $\text{ClONO}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$ $\text{COFCI} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$ $\text{COCl}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$ $\text{CF}_2\text{Cl}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$ $\text{CFCl}_3 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$ $\text{CCl}_4 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	$F_c = 0,20$ см. [9] $< 5 \cdot 10^{-20}$ $< 10^{-21}$ см. [9] см. [9] см. [9] см. [9] см. [9] см. [9] см. [9] см. [9] см. [9] см. [9]	— —	— —	— —	— —

(Таблица 2 продолжение)

Реакция	k_{298} , см ³ /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость K , см ³ /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$, К
Реакции BrO_x					
$\text{O} + \text{HBr} \rightarrow \text{HO} + \text{Br}$	$3,7 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,12$	$6,6 \cdot 10^{-12} \exp(-1540/T)$	220—455	± 200
$\text{O} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{BrO} + \text{Br}$	$1,4 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\text{O} + \text{BrO} \rightarrow \text{O}_2 + \text{Br}$	$3 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,5$	—	—	—
$\text{Br} + \text{HO}_2 \rightarrow \text{HBr} + \text{O}_2$	$2,0 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,3$	$1,4 \cdot 10^{-11} \exp(-590/T)$	260—390	± 200
$\text{Br} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{HBr} + \text{HO}_2$	$< 5 \cdot 10^{-16}$	—	—	—	—
$\text{Br} + \text{HO}_2 \rightarrow \text{HOBr} + \text{HO}$	—	—	—	—	—
$\text{Br} + \text{O}_3 \rightarrow \text{BrO} + \text{O}_2$	$1,2 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,1$	$1,7 \cdot 10^{-11} \exp(-800/T)$	220—360	± 200
$\text{Br} + \text{HCHO} \rightarrow \text{HBr} + \text{HCO}$	$1,0 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,15$	$1,7 \cdot 10^{-11} \exp(-800/T)$	223—480	± 250
$\text{Br} + \text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow \text{HBr} + \text{CH}_3\text{CO}$	$3,6 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,2$	—	—	—
$\text{Br} + \text{OCIO} \rightarrow \text{BrO} + \text{ClO}$	$3,4 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,3$	$2,6 \cdot 10^{-11} \exp(-1300/T)$	200—450	± 300
$\text{HO} + \text{HBr} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Br}$	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$1,1 \cdot 10^{-11}$	249—416	± 250
$\text{HO} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{HOBr} + \text{Br}$	$4,5 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,15$	$1,2 \cdot 10^{-11} \exp(+400/T)$	260—360	± 400
$\text{HO} + \text{CH}_3\text{Br} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_2\text{Br}$	$3,8 \cdot 10^{-14}$	$\pm 0,1$	$7,6 \cdot 10^{-13} \exp(-890/T)$	244—350	± 200
$\text{BrO} + \text{HO}_2 \rightarrow \text{HOBr} + \text{O}_2$	$5 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,5$	—	—	—
$\text{BrO} + \text{HO}_2 \rightarrow \text{HBr} + \text{O}_3$	—	—	—	—	—
$\text{BrO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{Br} + 2\text{O}_2$	$< 5 \cdot 10^{-15}$	—	—	—	—
$\text{BrO} + \text{NO} \rightarrow \text{Br} + \text{NO}_2$	$2,1 \cdot 10^{-11}$	$\pm 0,1$	$8,7 \cdot 10^{-12} \exp(+260/T)$	224—425	± 100
$\text{BrO} + \text{NO}_2 + \text{M} \rightarrow \text{BrONO}_2 + \text{M}$	$5,0 \cdot 10^{-31} [\text{O}_2] (k_0)$	$\pm 0,3$	$5,0 \cdot 10^{-31} (T/300)^{-3,0} [\text{O}_2]$	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	—
$\text{BrO} + \text{ClO} \rightarrow \text{Br} + \text{OCIO}$	$6,9 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,1$	$1,9 \cdot 10^{-12} \exp(+390/T)$	200—400	± 400
$\rightarrow \text{Br} + \text{ClOO}$	—	—	—	—	—
$\rightarrow \text{BrCl} + \text{O}_2$	—	—	—	—	—
$\text{BrO} + \text{BrO} \rightarrow 2\text{Br} + \text{O}_2$	$2,2 \cdot 10^{-12}$	$\pm 0,4$	$3,9 \cdot 10^{-12} \exp(+140/T)$	200—400	± 200
$\rightarrow \text{Br}_2 + \text{O}_2$	—	—	—	—	—
$\text{HOBr} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	$4,5 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,1$	$1,1 \cdot 10^{-12} \exp(+255/T)$	223—398	± 300
	см. [9]	$\pm 0,2$	—	—	—
$\text{BrO} + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]	—	—	—	—
$\text{BrONO}_2 + h\nu \rightarrow \text{продукты}$	см. [9]	—	—	—	—

Таблица 2 (окончание)

Реакция	k_{298} , см ³ /с	$\Delta \lg k_{298}$	Температурная зависимость K , см ³ /с	Область температур, К	$\Delta (E/R)$, К
Реакции 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	± 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]				
$\text{I} + \text{O}_3 \rightarrow \text{IO} + \text{O}_2$	$9,5 \cdot 10^{-13}$	$\pm 0,2$	$1,8 \cdot 10^{-32} (T/300)^{-1,0} [\text{O}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 0,5$
$\text{I} + \text{NO} + \text{M} \rightarrow \text{INO} + \text{M}$	$1,8 \cdot 10^{-32} [\text{O}_2] (k_0)$	$\pm 0,2$	$1,8 \cdot 10^{-32} (T/300)^{-1,0} [\text{N}_2]$	200—300	$\Delta n = \pm 0,5$
	$1,8 \cdot 10^{-32} [\text{N}_2] (k_0)$	$\pm 0,1$		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				
$\text{IO} + \text{IO} \rightarrow \text{продукты}$	$5,2 \cdot 10^{-11}$ (1 атм)	$\pm 0,5$	$1,7 \cdot 10^{-12} \exp(+1020/T)$ (1 атм)	250—373	± 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	$\Delta n = \pm 1$
	$1,6 \cdot 10^{-11} (k_\infty)$	$\pm 0,5$	$1,6 \cdot 10^{-11}$	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	± 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	± 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 газофазной 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 Троем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Crutzen 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: Government 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 H₂—O₂. System. L.: Butterworths, 1972.
20. Temps F., Wagner H. G.//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. I.*//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