

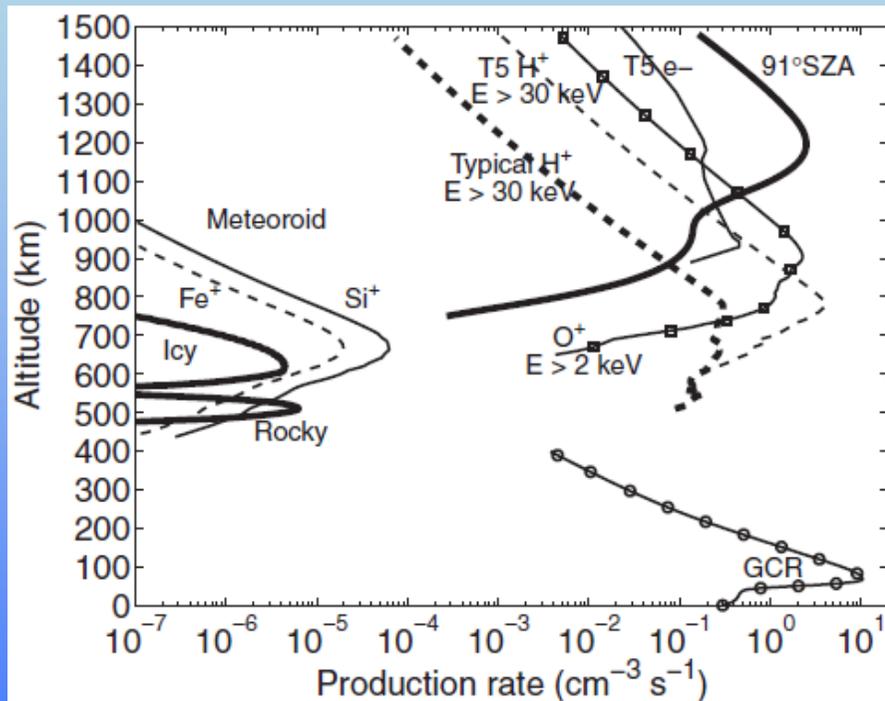
**Исследование кинетики
электронно-возбужденного
молекулярного азота
в средней атмосфере Титана**

Кириллов А.С.

Полярный геофизический институт, Апатиты

Ion production rates in Titan's atmosphere

[Galand et al., 2014, Titan: Interior, Surface, Atmosphere and Space Environment, Chap.11] and profiles of N_2 and CH_4 concentrations [Vuitton et al., 2019, Icarus, v.324, p.120]



XUV solar radiation with a SZA of 91° (thick, solid line);
magnetospheric electrons (thin, solid line);
magnetospheric protons (dashed lines);
magnetospheric oxygen ions (squares);
galactic cosmic rays (circles).

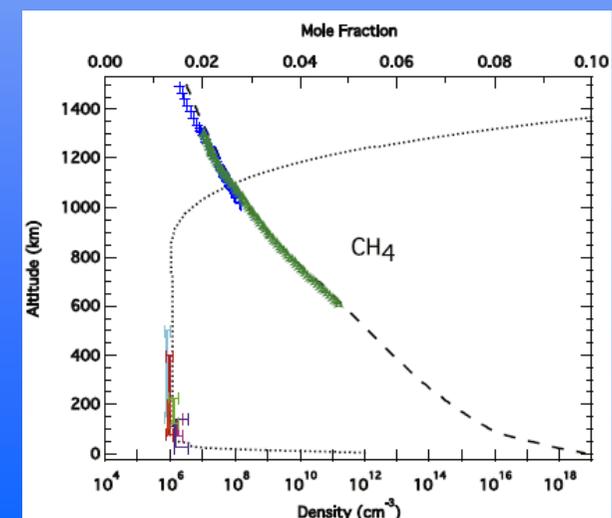
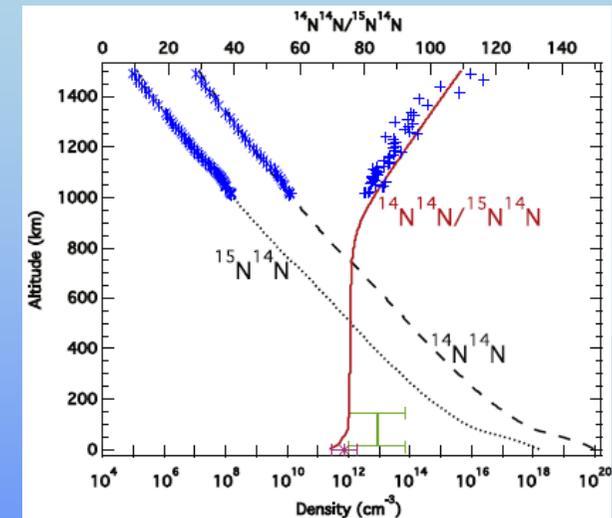
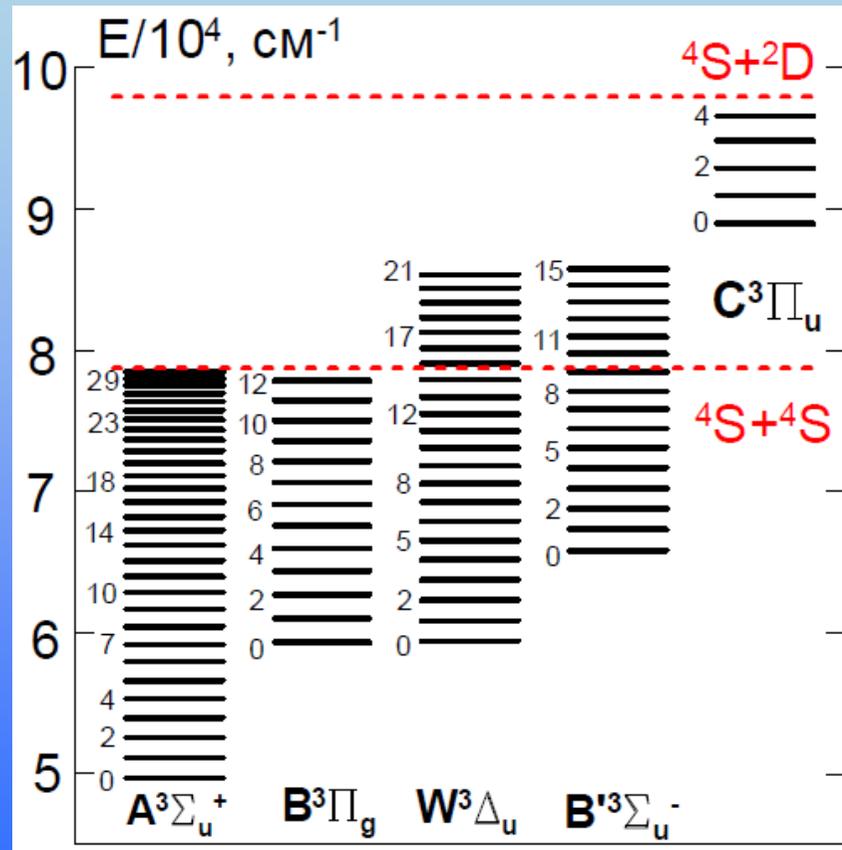
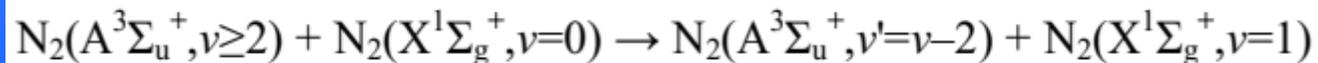
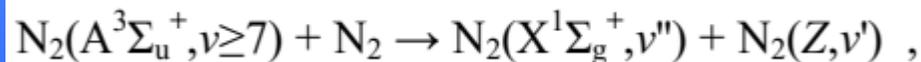
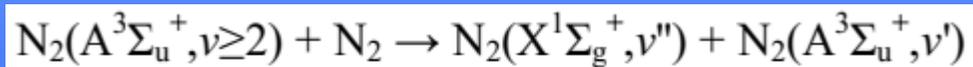
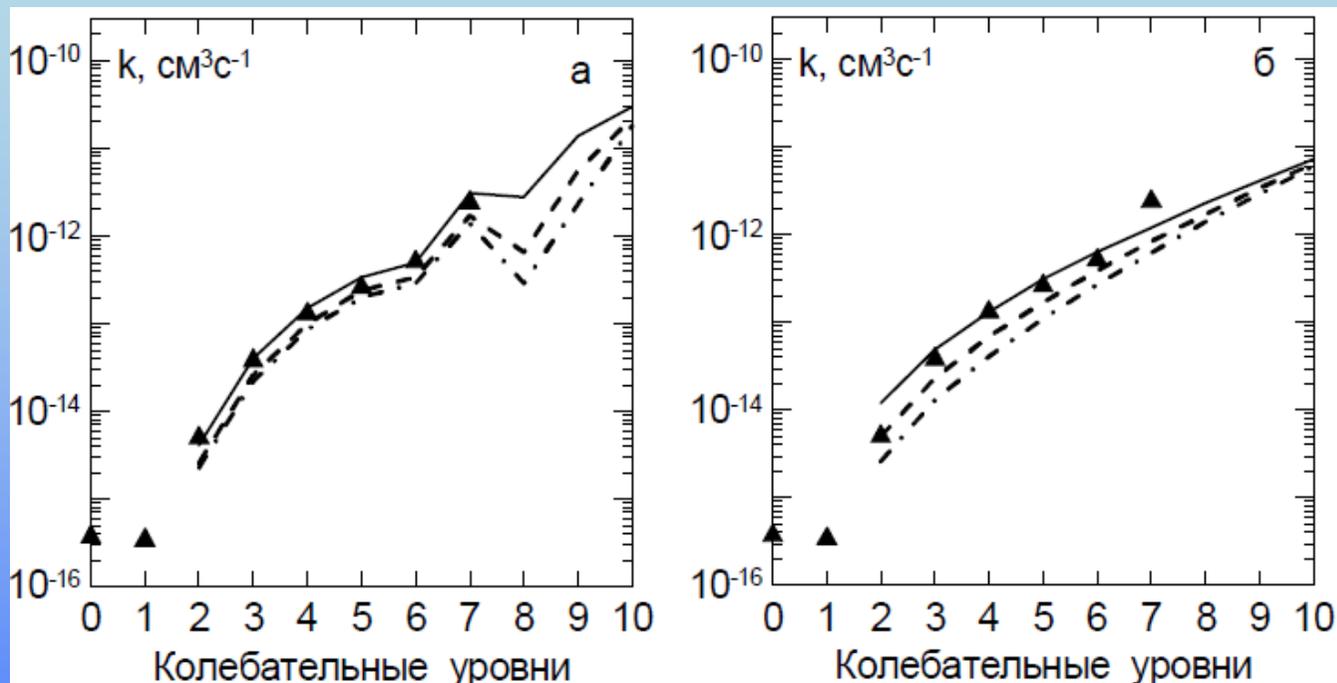


Схема колебательных уровней триплетных состояний молекулярного азота



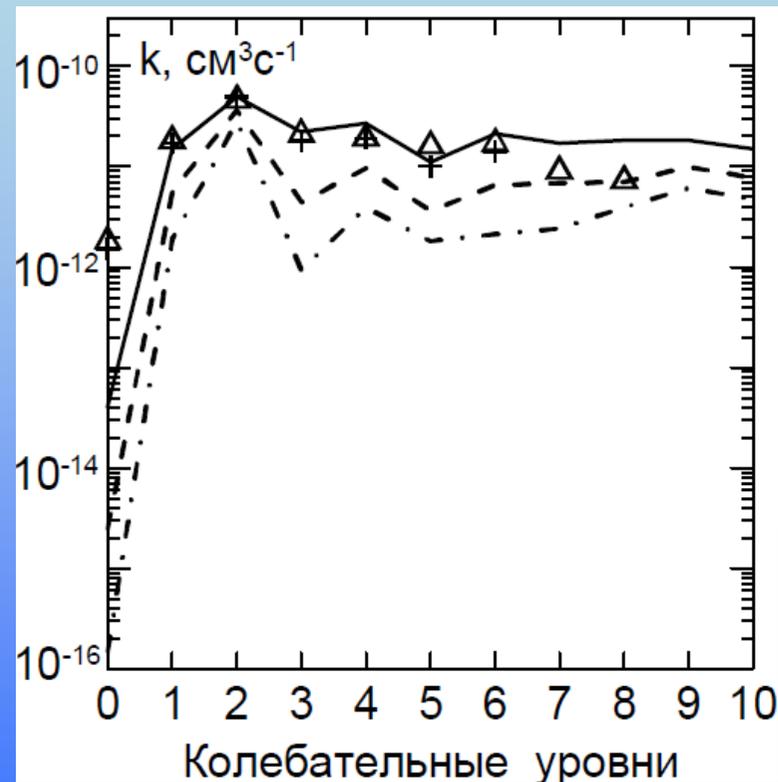
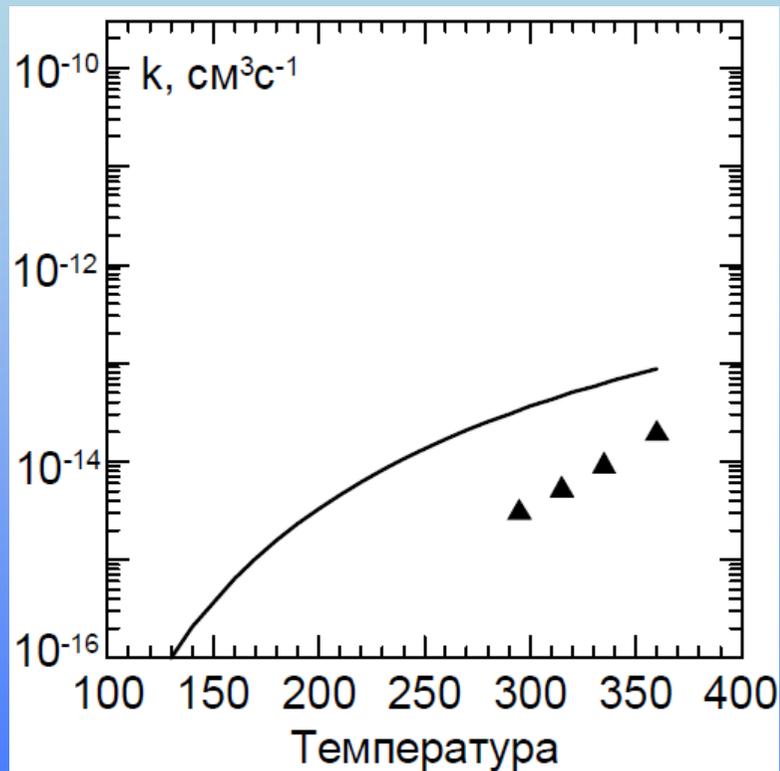
Проведено исследование кинетики триплетных состояний $A^3\Sigma_u^+$, $B^3\Pi_g$, $W^3\Delta_u$, $B'^3\Sigma_u^-$, $C^3\Pi_u$ молекулярного азота на высотах средней атмосферы Титана во время высыпания в атмосферу космических лучей. В расчетах учитывается внутримолекулярный и межмолекулярный перенос энергии электронов при неупругих столкновениях электронно-возбужденного молекулярного азота с молекулами N_2 , CH_4 и CO .

Рассчитанные константы скоростей $N_2(A^3\Sigma_u^+, v=2-10)+N_2$ согласно [Kirillov, 2016, Chem. Phys. Lett.] (слева) и [Popov, 2013, J. Phys. D] (справа)



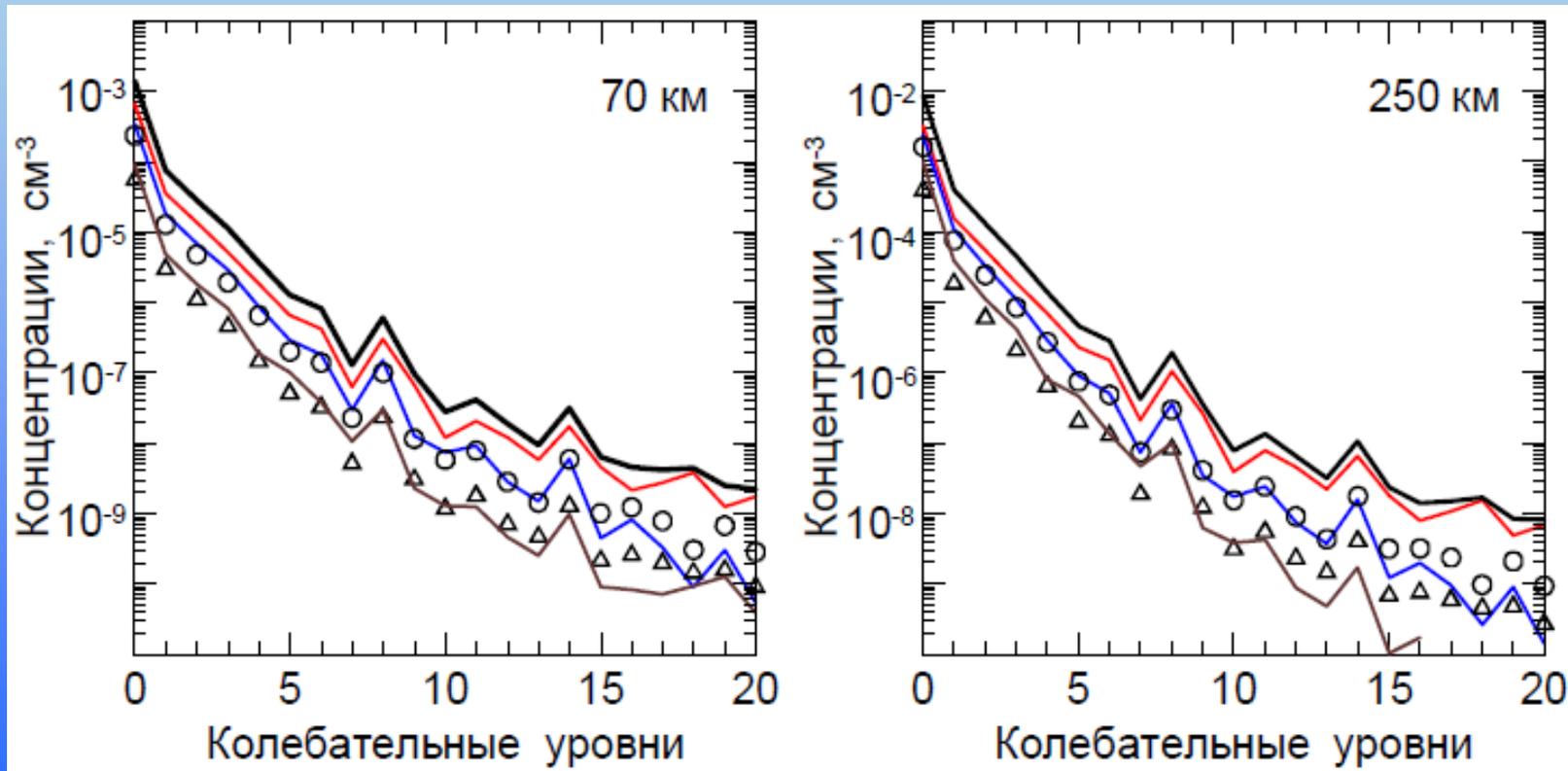
T=120 K – штрих-пунктиры
 T=180 K – штрихи
 T=300 K – сплошные линии
 экспер. значения – треугольники

Рассчитанные константы скоростей $N_2(A^3\Sigma_u^+, v=0)+CH_4$ согласно [Sharipov et al., 2016, J. Phys. Chem. A] (слева) и для $N_2(A^3\Sigma_u^+, v=0-10)+CO$ согласно [Kirillov, 2016, Chem. Phys. Lett.] (справа)

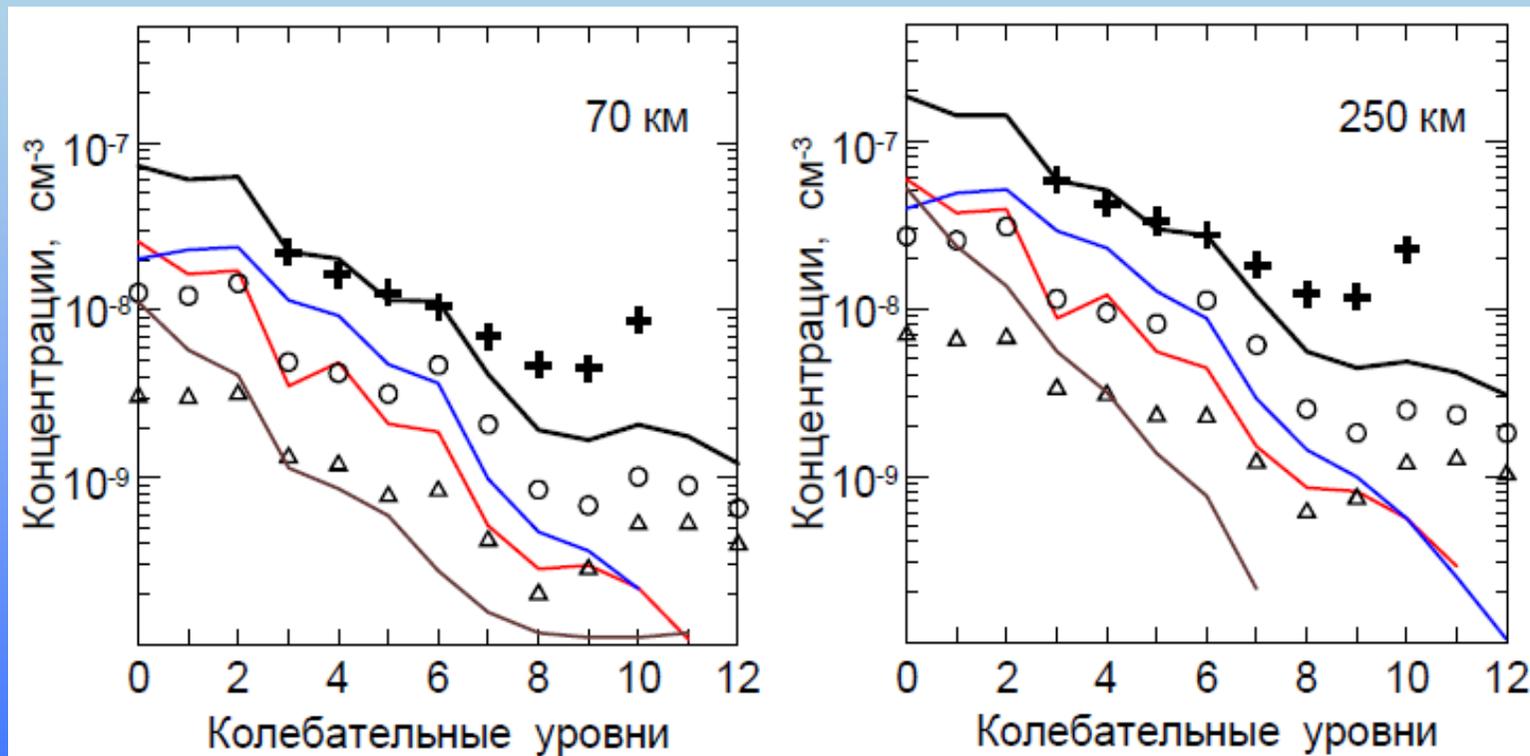


T=120 K – штрих-пунктиры
T=180 K – штрихи
T=300 K – сплошные линии
экспер. значения – треугольники, крестики

**Рассчитанные концентрации $N_2(A, v=0-20)$
на высотах 70 и 250 км атмосферы Титана.
Цветные линии и значки – вклады состояний A, V, W, V', C.
Сплошные черные линии – сумма вкладов.**

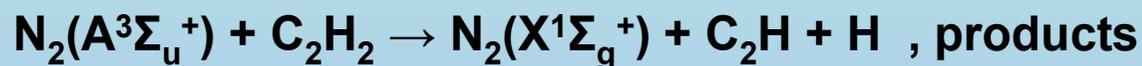


**Рассчитанные концентрации $N_2(v=0-12)$
на высотах 70 и 250 км атмосферы Титана.
Цветные линии и значки – вклады состояний А, В, W, В', С.
Сплошные черные линии – сумма вкладов.**

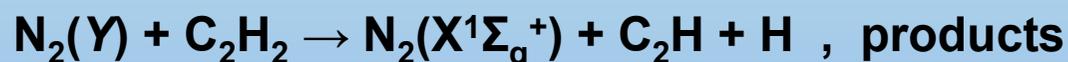


Крестики – экспериментальные значения [Jauberteau, Jauberteau, 2018, J. Phys. D] для лабораторного разряда в смеси N_2-CH_4 .

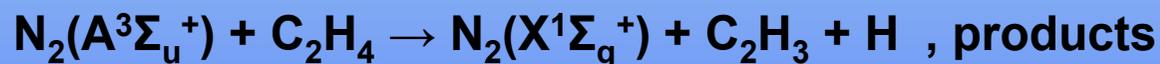
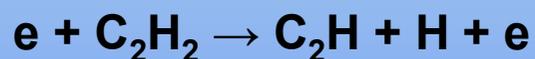
Процессы образования радикалов C₂H и C₂H₃



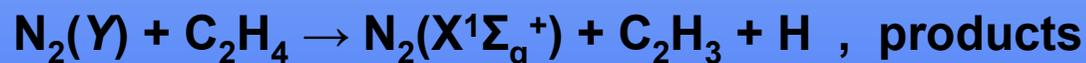
$k=1.4 \cdot 10^{-10} \text{ cm}^3\text{s}^{-1}$, Umemoto (2007), Dutuit et al. (2013)



$\text{Y} = \text{B}^3\Pi_g, \text{W}^3\Delta_u, \text{B}'^3\Sigma_u^-, \text{C}^3\Pi_u$



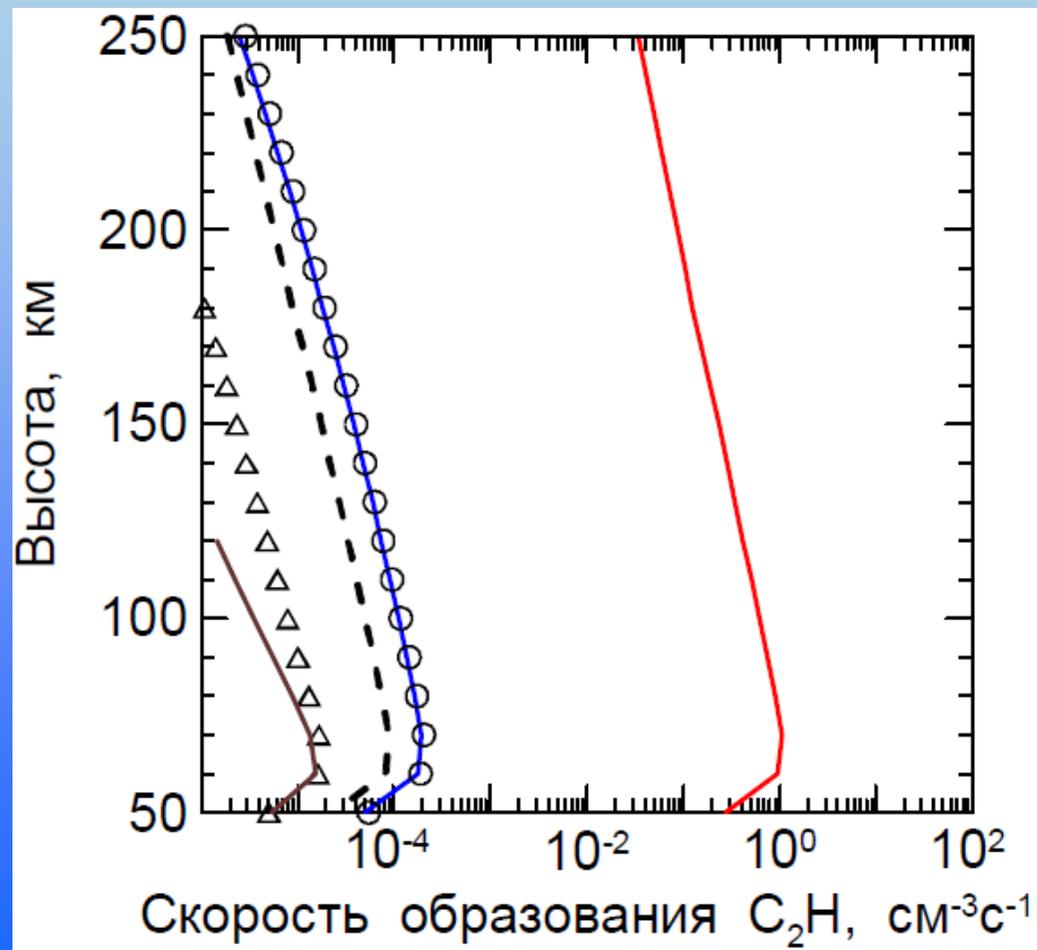
$k=0.97 \cdot 10^{-10} \text{ cm}^3\text{s}^{-1}$, Umemoto (2007), Dutuit et al. (2013)



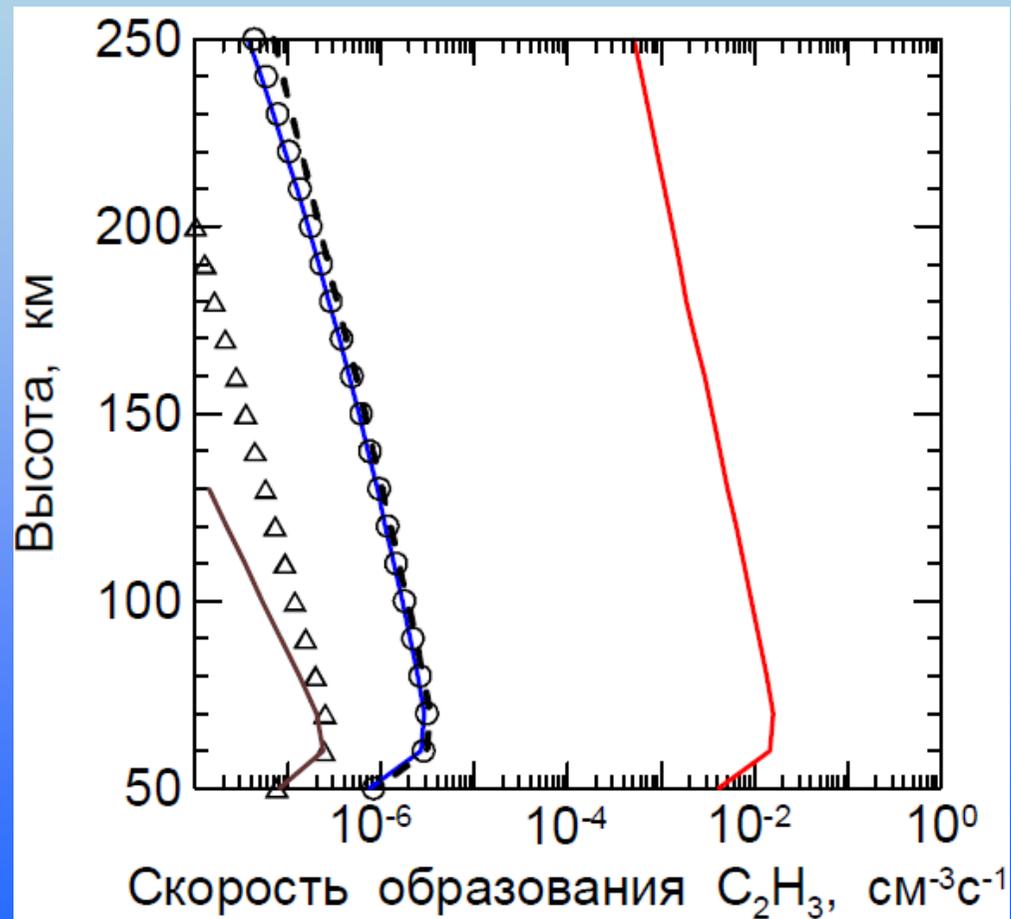
$\text{Y} = \text{B}^3\Pi_g, \text{W}^3\Delta_u, \text{B}'^3\Sigma_u^-, \text{C}^3\Pi_u$



**Расчитанные скорости образования C_2H на высотах 50-250 км атмосферы Титана при столкновении $N_2(A, B, W, B', C)$ с молекулой ацетилена C_2H_2 .
Пунктирные линии – вклад процесса $e + C_2H_2$.**



**Рассчитанные скорости образования C_2H_3 на высотах 50-250 км атмосферы Титана при столкновении $N_2(A, B, W, B', C)$ с молекулой этилена C_2H_4 .
Пунктирные линии – вклад процесса $e + C_2H_4$.**



ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Рассмотрена электронная кинетика триплетных состояний A , B , W , B' , C молекулярного азота N_2 в средней атмосфере Титана на высотах 50-250 км при высыпании в атмосферу космических лучей. В расчетах учитываются внутримолекулярные и межмолекулярные переносы энергии электронов при неупругих столкновениях электронно-возбужденного молекулярного азота с молекулами N_2 , CH_4 , CO .
2. Приведены рассчитанные концентрации метастабильного азота $N_2(A, v=0-20)$ и электронно-возбужденного $N_2(B, v=0-12)$ на высотах 70 и 250 км средней атмосферы Титана.
3. Исследовано взаимодействие электронно-возбужденных молекул N_2 с молекулами ацетилена C_2H_2 и этилена C_2H_4 в средней атмосфере Титана на высотах 50-250 км. Впервые показано доминирование реакций метастабильного молекулярного азота $N_2(A)$ в образовании радикалов C_2H и C_2H_3 .

Работа поддержана грантом № 075-15-2020-780
Министерства науки и высшего образования РФ