



Оценка вклада различных фотохимических процессов в профиль концентрации электронов в нижней ионосфере

Козакова Е.Н., Беккер С.З.

Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского РАН

Цель работы

Точность прогноза параметров нижней ионосферы во время возмущений остается достаточно низкой.

Вариации концентрации электронов в нижней ионосфере приводят к существенным изменениям амплитуды и фазы сигналов СДВ диапазона.

Многокомпонентные модели среды требуют большого количества входных параметров, многие из которых известны с низкой точностью.

Цели работы:

- определение фотохимических процессов, оказывающих наибольшее влияние на динамику заряженных компонент на различных высотах D-области ионосферы
- оценка относительного отклонения концентрации электронов, вызванного неточностью определения входных параметров плазмохимических моделей

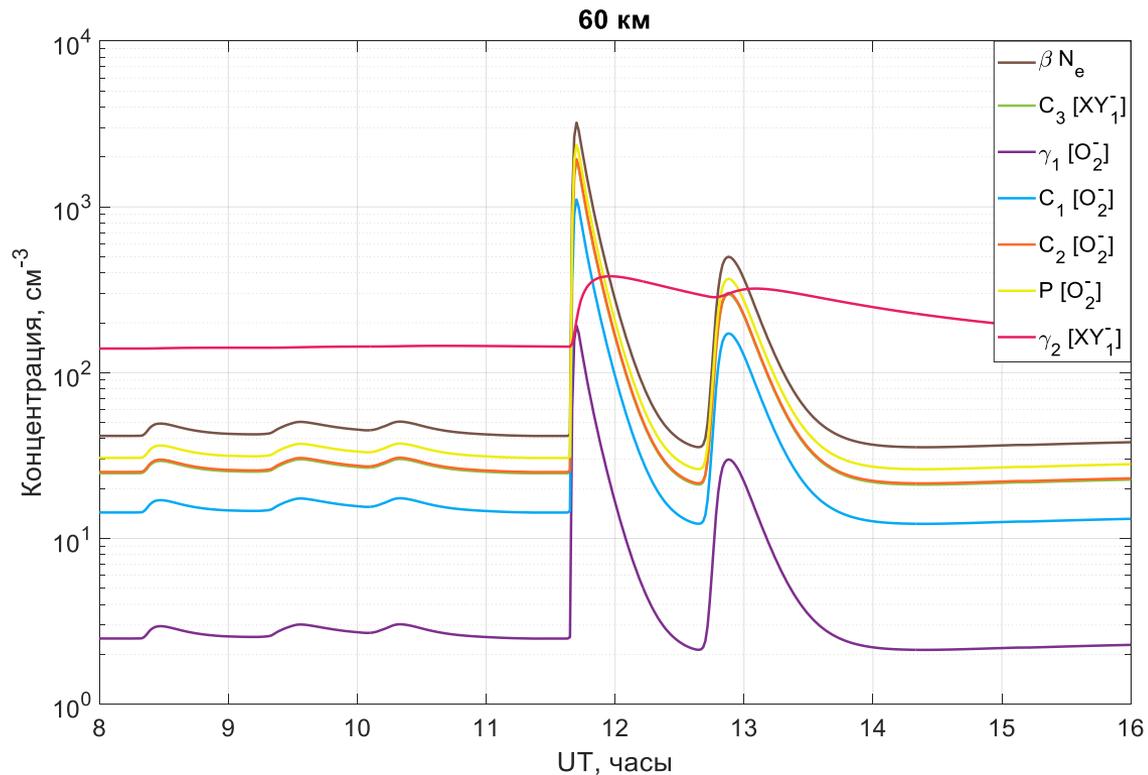
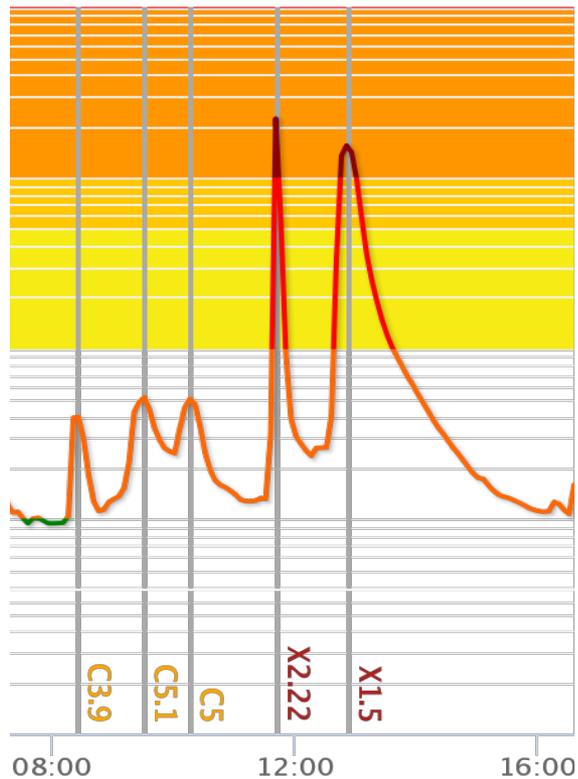
Схема ионизационно-рекомбинационного цикла

$$\left\{ \begin{aligned}
 \frac{d[NO^+]}{dt} &= q_{NO^+} + D[O_2^+] - [NO^+](B_1 + A_{NO^+}N_e + A_1[O_2^-] + A_3[XY_1^-] + A_5[XY_2^-]); \\
 \frac{d[O_2^+]}{dt} &= q_{O_2^+} - D[O_2^+] - [O_2^+](B_2 + A_{O_2^+}N_e + A_6[O_2^-] + A_7[XY_1^-] + A_8[XY_2^-]); \\
 \frac{d[XY_1^+]}{dt} &= B_1[NO^+] + B_2[O_2^+] - [XY_1^+](B_3 + A_{XY_1^+}N_e + A_2[O_2^-] + A_4[XY_1^-] + A_{10}[XY_2^-]); \\
 \frac{d[XY_2^+]}{dt} &= B_3[XY_1^+] - [XY_2^+](A_{XY_2^+}N_e + A_9[O_2^-] + A_{11}[XY_1^-] + A_{12}[XY_2^-]); \\
 \frac{d[O_2^-]}{dt} &= \beta N_e + C_3[XY_1^-] - [O_2^-](\gamma_1 + C_1 + C_2 + P + A_6[O_2^+] + A_1[NO^+] + A_2[XY_1^+] + A_9[XY_2^+]); \\
 \frac{d[XY_1^-]}{dt} &= (C_1 + C_2)[O_2^-] - [XY_1^-](\gamma_2 + C_3 + C_4 + A_7[O_2^+] + A_3[NO^+] + A_4[XY_1^+] + A_{11}[XY_2^+]); \\
 \frac{d[XY_2^-]}{dt} &= C_4[XY_1^-] - [XY_2^-](A_8[O_2^+] + A_5[NO^+] + A_{10}[XY_1^+] + A_{12}[XY_2^+]); \\
 \frac{dN_e}{dt} &= \frac{d[NO^+]}{dt} + \frac{d[O_2^+]}{dt} + \frac{d[XY_1^+]}{dt} + \frac{d[XY_2^+]}{dt} - \frac{d[O_2^-]}{dt} - \frac{d[XY_1^-]}{dt} - \frac{d[XY_2^-]}{dt}.
 \end{aligned} \right.$$

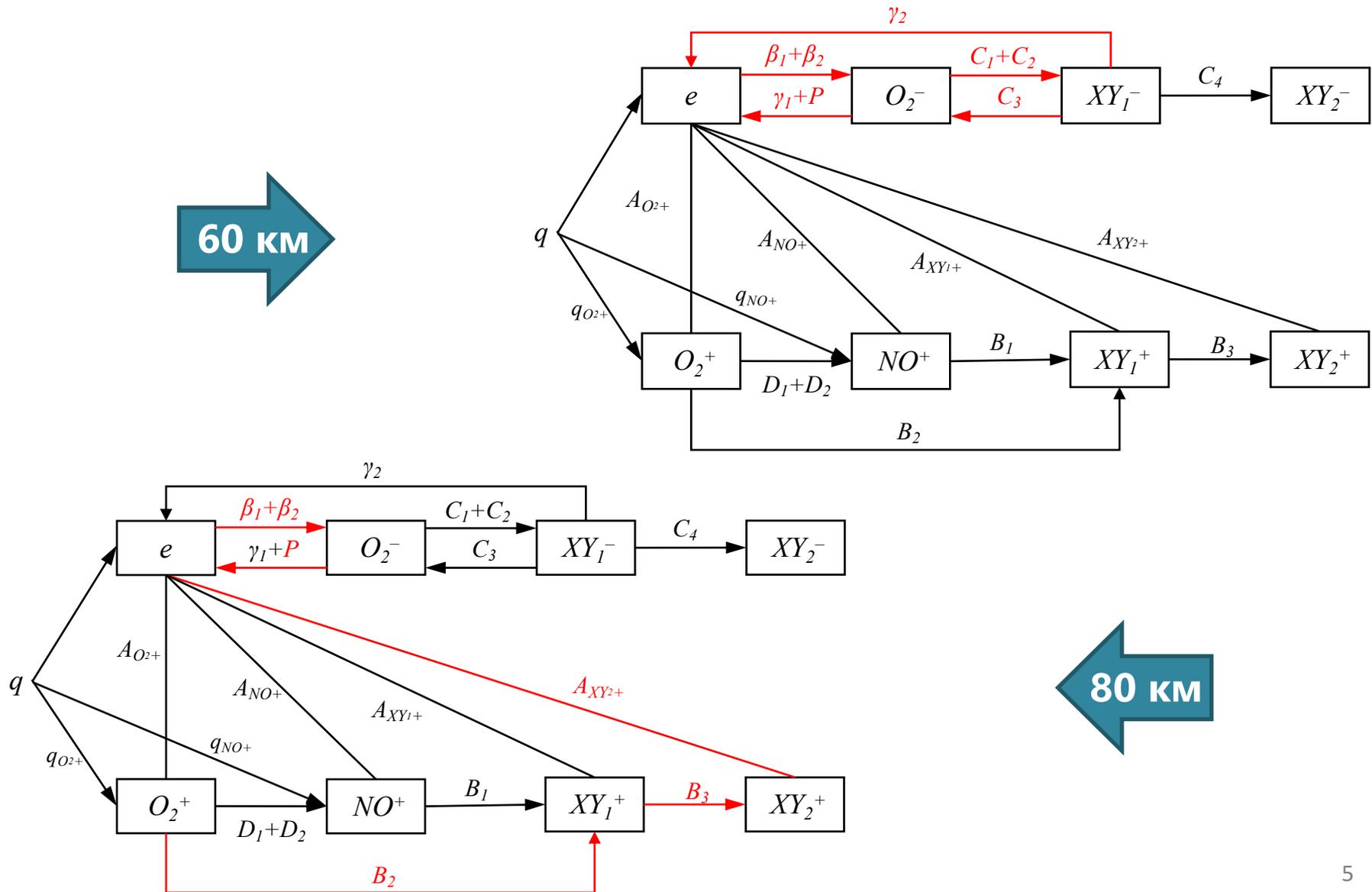
Кудрявцев В.П., Романюха Н.Ю. Моделирование ионизационно-рекомбинационных процессов в средней атмосфере // Математическое моделирование, 1995. Т. 7, № 3, с. 3–18.

Вклад фотохимических реакций в величину N_e

Поток излучения 10.06.2014
со спутника GOES (0.1-0.8 нм)



Ключевые процессы, оказывающие влияние на концентрацию электронов



Значения констант скоростей реакций на высоте 60 км

Константы и скорости реакций	Минимальное значение	Максимальное значение
β_1	$1.45 \cdot 10^{-30}$	$1.8 \cdot 10^{-30}$
β_2	$1.04 \cdot 10^{-32}$	$3 \cdot 10^{-30}$
γ_1	0.33	0.38
γ_2	0.04	0.15
C_1	$3.59 \cdot 10^{-10}$	$7.8 \cdot 10^{-10}$
D_1	$1.54 \cdot 10^{-20}$	$5 \cdot 10^{-16}$
P_2	$1.5 \cdot 10^{-10}$	$3 \cdot 10^{-10}$
$A_{O_2^+}$	$4.47 \cdot 10^{-8}$	$2.73 \cdot 10^{-7}$
B_2	11.04	48.33
B_3	4.46	6.24
C_3	0.56	0.61
C_4	$9.52 \cdot 10^{-4}$	0.001

[Кудрявцев и Романюха, 1995]

[Boyarchuk et al., 2006]

[Kossyi et al., 1992]

[Krivolutsky et al., 2015]

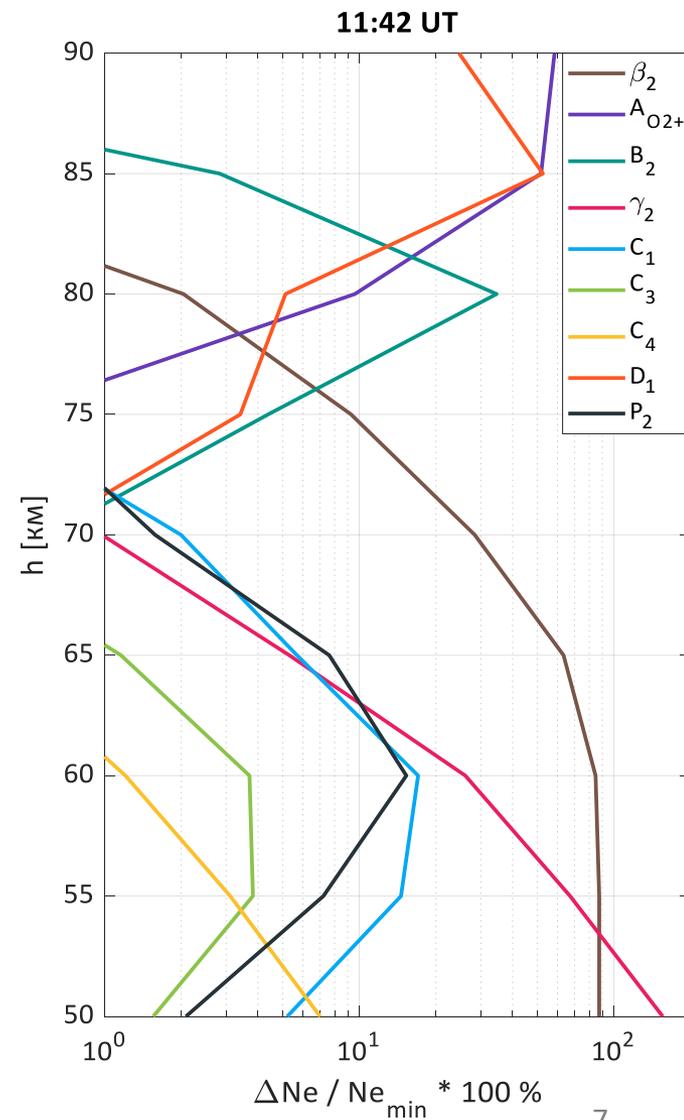
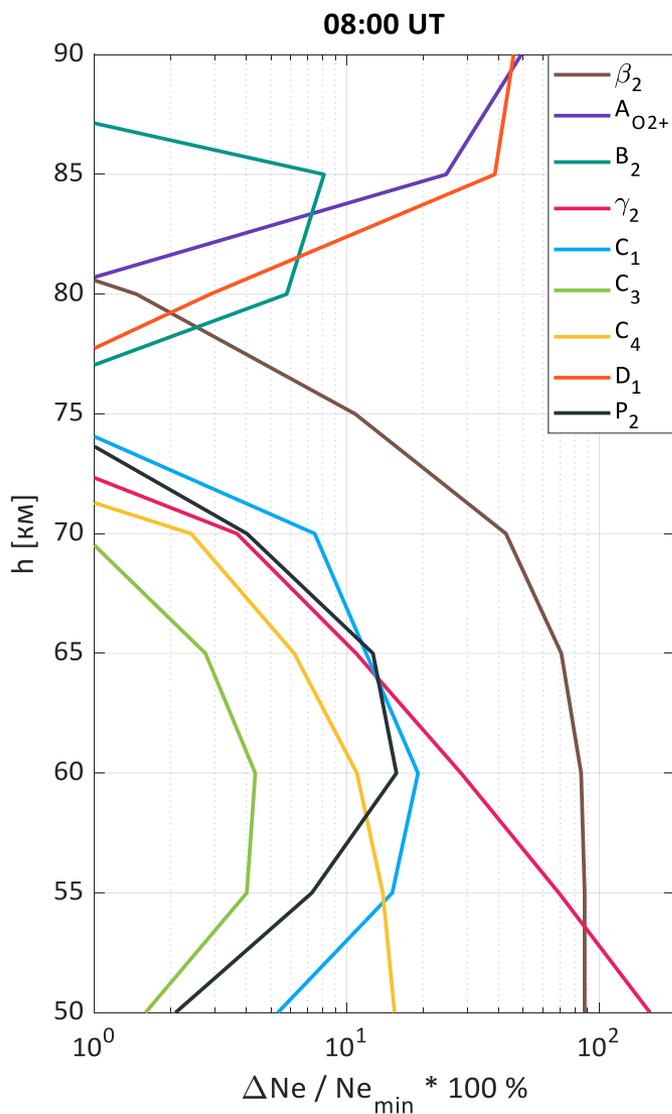
[Sentman et al., 2008]

[Verronen et al., 2016]

Относительное изменение концентрации электронов при варьировании констант скоростей реакций

$$\frac{|Ne_{\max} - Ne_{\min}|}{Ne_{\min}} \cdot 100 \%$$

где Ne_{\max} и Ne_{\min} – концентрации электронов при максимальном и минимальном значении константы



Выводы

- на примере восьмикомпонентной плазмохимической модели продемонстрирована важность корректного задания входных параметров ввиду их принципиального влияния на точность расчета концентраций ионов и электронов
- определены фотохимические процессы в нижней ионосфере, оказывающие наибольшее влияние на динамику концентрации электронов в спокойных условиях и во время возмущений
- определен набор неточно заданных констант скоростей реакций, требующих принципиального уточнения для повышения точности расчета концентрации электронов в нижней ионосфере
- полученные результаты необходимы для дальнейшего уточнения значений входных параметров модели по данным распространения сигналов СДВ диапазона

Спасибо за внимание!