

Концентрация атомарного кислорода в нижней ионосфере

Проект составил:

студент физического факультета МГУ
Маслов Тимур Александрович



Научный

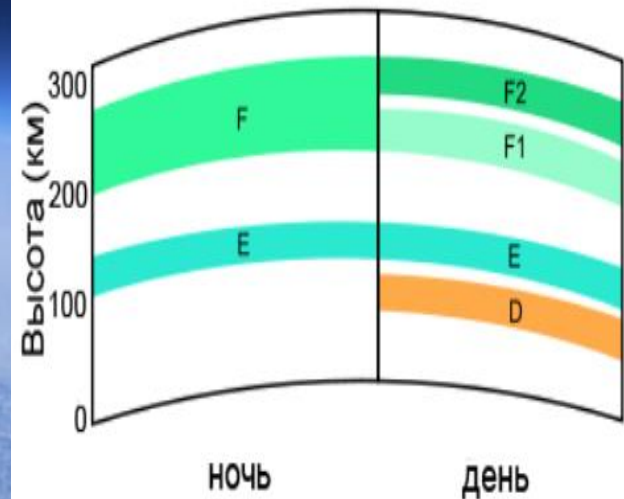
руководитель:

Доктор физ. – мат.
наук

с.н.с. В. Л. Бычков

Ионосфера. Определение

- переходная область между атмосферой и космосом, представляющая собой неоднородный слой разреженного и ионизованного газа с квазинейтральной плазмой.



Условная нижняя и верхняя граница – 50 и 1000 км

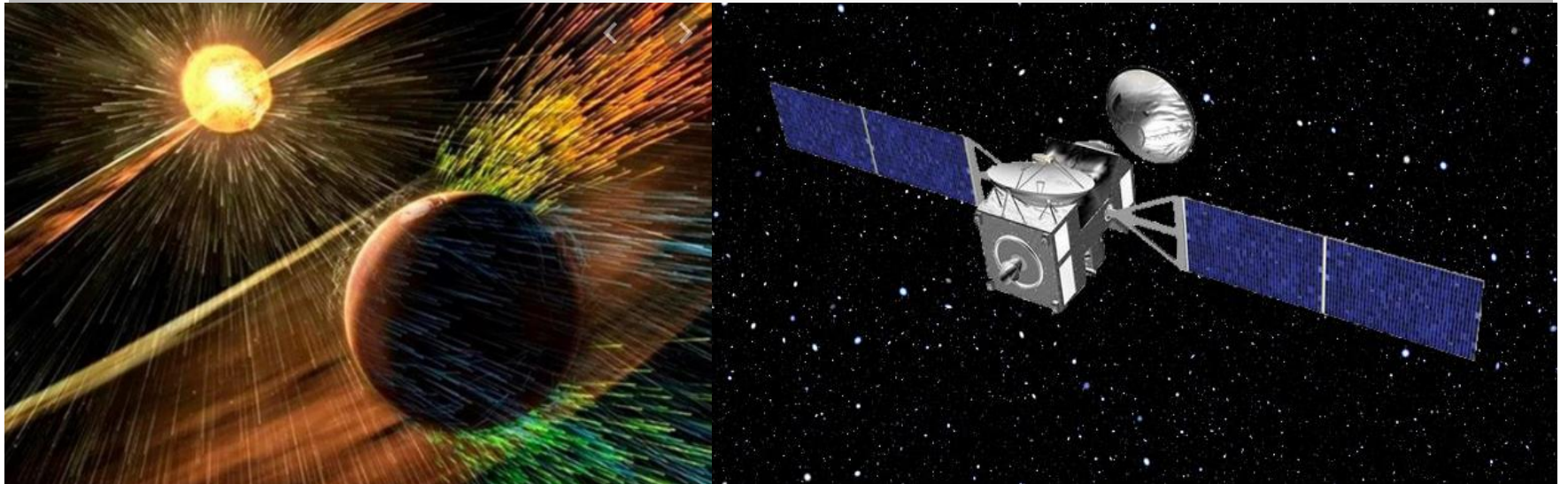
Что влияет на состав ионосферы?

- поглощение солнечного света
- динамические процессы в нижних слоях атмосферы
- сейсмическая и вулканическая активностью



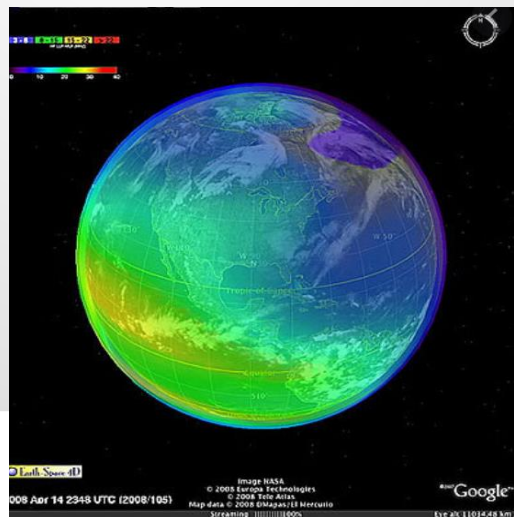
Перспективность исследований ионосферы

- Обеспечение надёжной работы **Глобальной навигационной спутниковой системы**
- Разработка плазменных устройств для новой авиационной и космической техники
- Усовершенствование систем мониторинга магнитных бурь



Цель настоящей работы

- определение поведения концентрации атомов кислорода на высотах 90 – 100 км. Такая информация необходима для создания моделей плазмы ионосферы и известных моделей атмосферы



Механизмы фотодиссоциации

- **Фотодиссоциация** (или фотолиз) - это химическая реакция, в которой химические соединения разлагаются под воздействием фотонов электромагнитного излучения.

- Коэффициент фотодиссоциации:

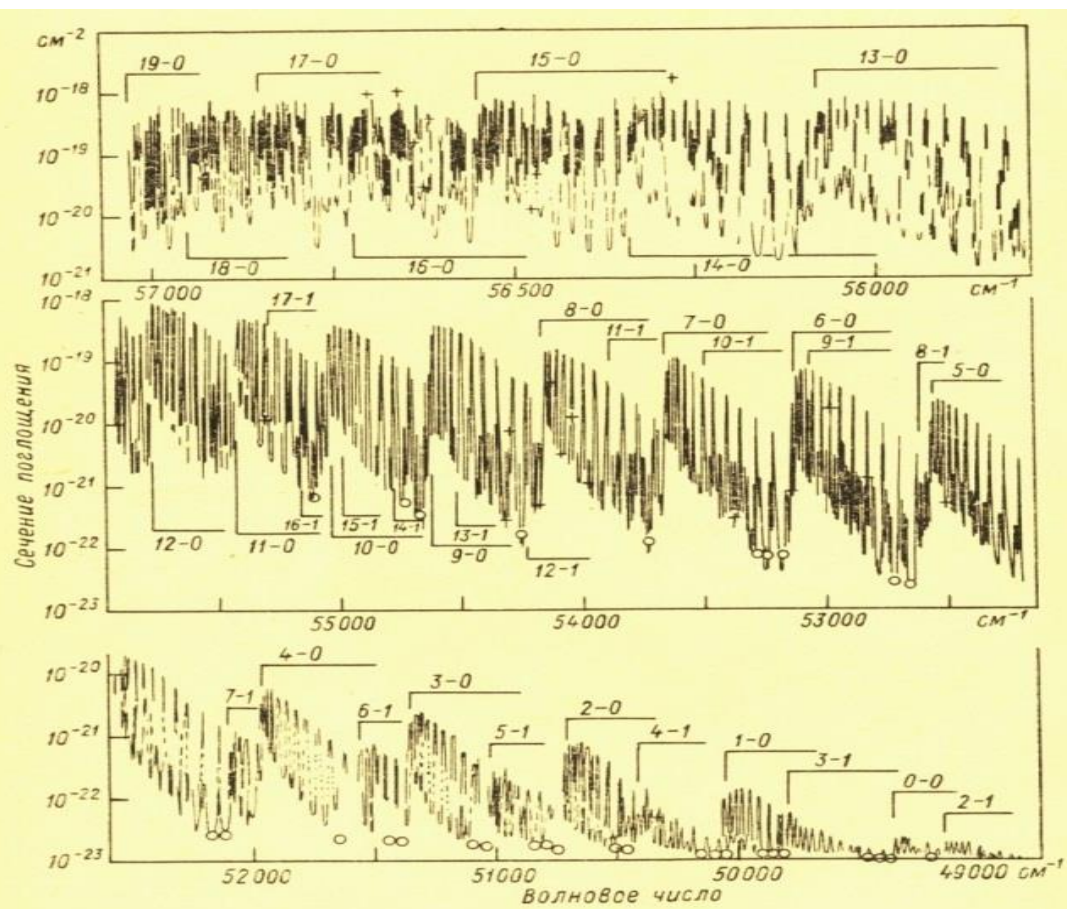
$$(A, z, \chi) = \int_{\lambda_x}^{\lambda_y} \varepsilon(A, \lambda) \sigma(A, \lambda) q_{\lambda}(A, z, \chi) d\lambda. , \text{ где}$$

$q_{\lambda} d\lambda$ – поток фотонов,

$\sigma(A, \lambda)$ - сечение поглощения,

$\varepsilon(A, \lambda)$ - квантовая эффективность

- Вычисление скорости фотодиссоциации требует подробной информации о сечении поглощения.



На рисунке приведено **изменение сечения поглощения для O_2 от 57000 cm^{-1} ($175,4 \text{ nm}$) до 49000 cm^{-1} ($204,1 \text{ nm}$), вычисленное Кокартсом с разрешением $0,5 \text{ cm}^{-1}$. [4]**

Формула для расчёта коэффициент фотодиссоциации O_2 в полосах Шумана – Рунге

$$J(O_2, \text{спокойное Солнце}) = 1,1 * 10^{-7} * \exp[-1,97 * 10^{-10} N^{0,522}] \quad \text{с}^{-1} \quad N < 10^{19} \text{ см}^{-3}$$

$$J(O_2, \text{активное Солнце}) = (1,11 \pm 0,04) * J(O_2, \text{спокойное Солнце})$$

p.s. Из работы Николе [6].

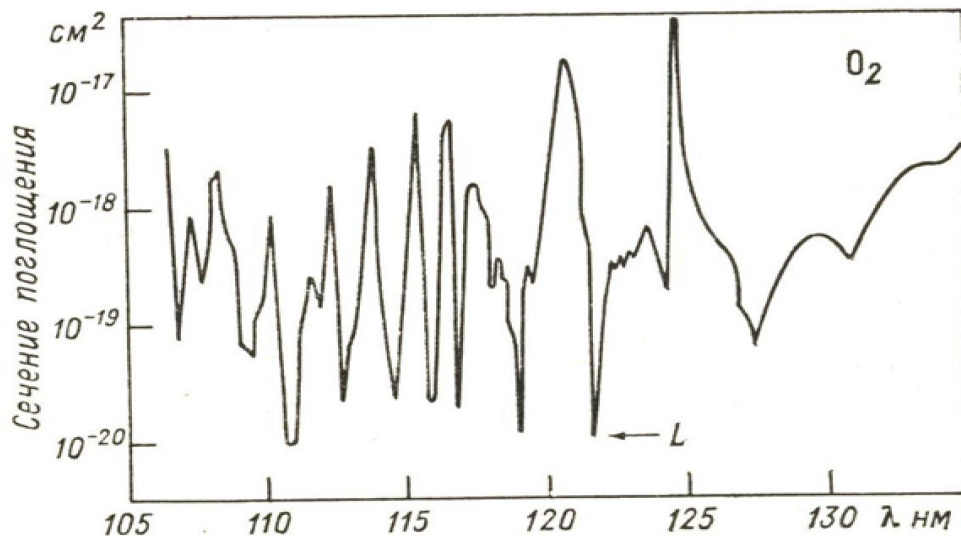
Формула для расчёта коэффициент фотодиссоциации O_2 в области континуума Шумана – Рунге

Согласно Аккерману [9] коэффициент фотодиссоциации в континууме Шумана – Рунге составляет $2 * 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ при нулевой оптической толще и лишь 10^{-8} с^{-1} на 90 км при Солнце в зените.

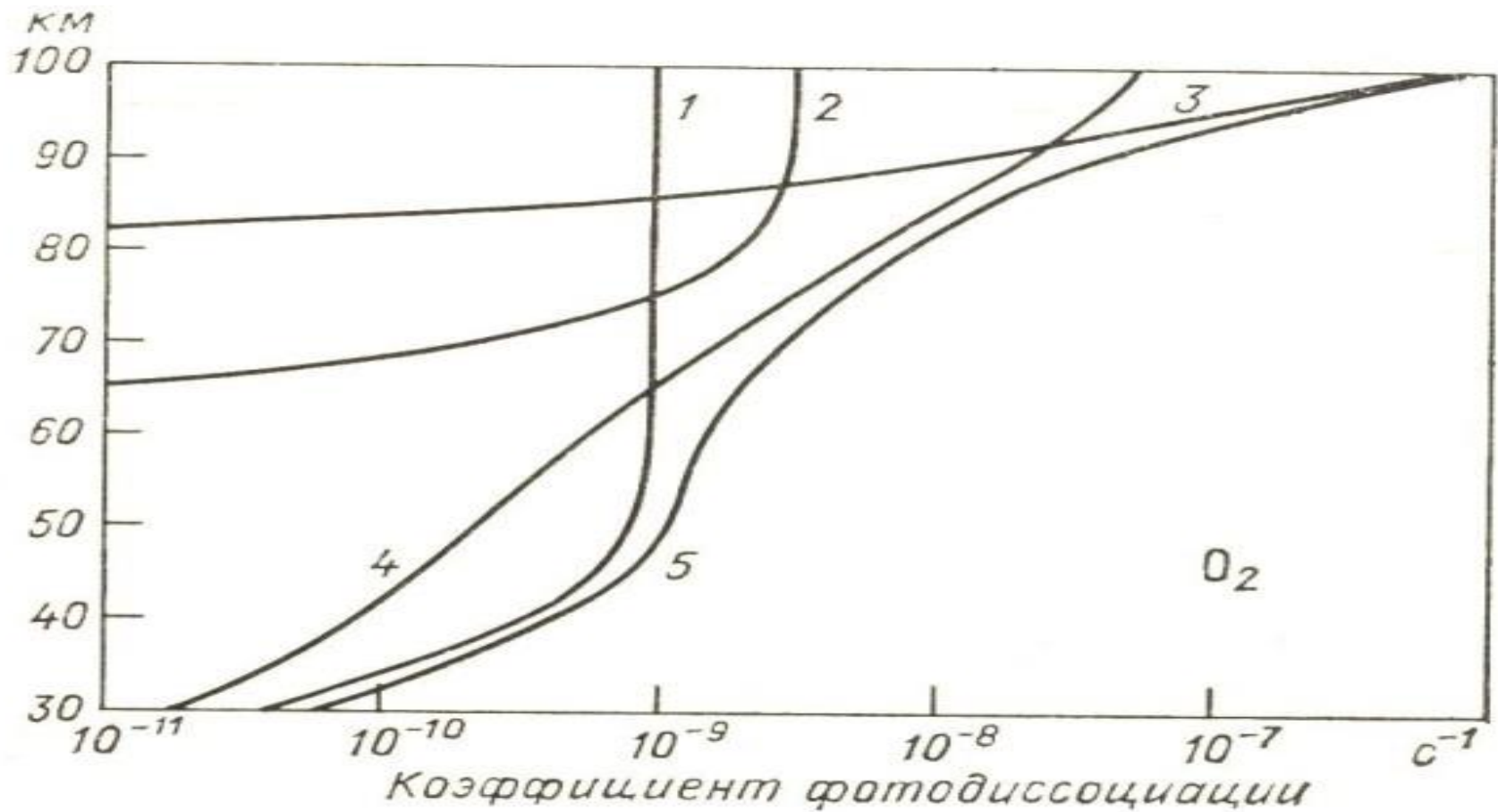
P.s. Ссылки на статьи можно найти в списке литературы согласно нумерации.

Коэффициент фотодиссоциации O_2 в области длин волн меньше 130 нм

В этом диапазоне наиболее существенный вклад в фотолиз O_2 даёт **солнечная линия** Лайман – альфа ($\sigma = 10^{-20} \text{ см}^2$). Соответствующая скорость фотодиссоциации составляет при нулевом коэффициенте пропускания атмосферы примерно $3 \cdot 10^{-9} \text{ с}^{-1}$. Хорошо видно, что минимум сечения поглощения приходится на солнечную линию Лайман – альфа (121нм)



Р.с. Согласно расчётам в работе Ватанабе и Зеликова [10]



Учтён вклад:

1. Континуума Герцберга.
2. Линия Лайман – Альфа
3. Континуума Шумана – Рунге
4. Полосы Шумана – Рунге
5. Всех 4х компонент.

Вклад каждого из спектральных интервалов в скорость фотодиссоциации O_2 при Солнце в зените.

Расчёт концентрации атомов кислорода в E слое ионосферы

Итоговая формула: $n(O) = \sqrt{\frac{K_{d1} * n(O_2)}{K_{rec01} * n(O_2) + K_{rec02} * n(N_2)}}$, где

$n(O)$ – концентрация атомарного кислорода;

$n(O_2)$ – концентрация молекулярного кислорода;

$n(N_2)$ – концентрация молекулярного азота;

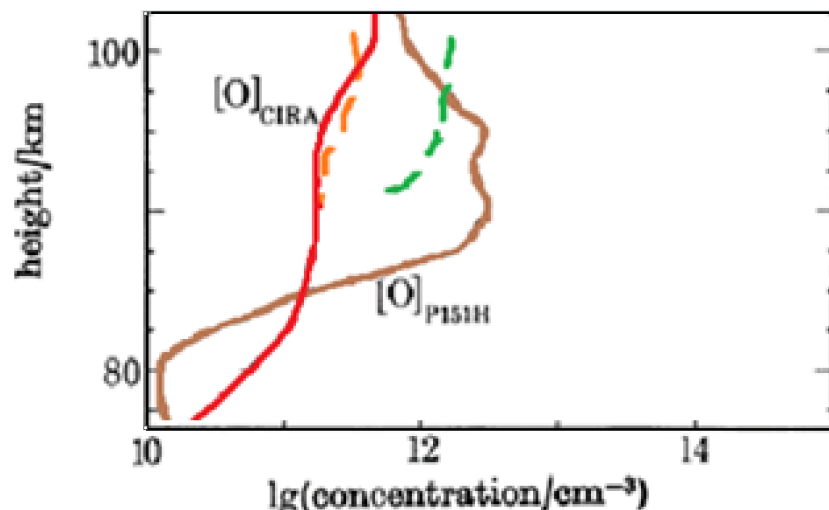
K_{d1} – коэффициент фотодиссоциации;

$K_{rec01} = 2.45 * 10^{-31} * T^{-0.63} \text{ см}^6/\text{с}$;

$K_{rec02} = 2.76 * 10^{-34} * \exp(720/T) \text{ см}^6/\text{с}$

Учтены рекомбинации атомов кислорода обратно в молекулу с участием молекулы кислорода и азота

Сравнение полученных значений с экспериментальными данными из Саут - Уиста



P151H и **[CIRA]** - названия ракет, содержащих фотометры и ионизационные камеры, позволяющие измерить ослабление (поглощение) атмосферой солнечного излучения, в частности, Лайман – альфа (121,6 нм). Отправлены в полёт в ноябре 1975.

Концентрация молекулярного кислорода в Саут –Уисте 29 ноября 1975 года при измерении ослабления излучения линии Лайман – альфа.

Рассчитанная $n[O]$, обусловленная 1) **Жёлтая линия** – вкладом линии Лайман – альфа; 2) **Зелёная линия** – суммой 1 – 4 вкладов; Экспериментальные измерения с помощью ракет: 3) **Красная линия** – CIRA. 4) **Темная линия** – P151H.

Вывод

Результаты расчетов показывают **хорошее согласие с измерениями** и удовлетворительное согласие с расчетами по известным моделям атмосферы.

Возможные пути усовершенствования модели:
учёт роль процессов диссоциации молекул кислорода быстрыми частицами.



Спасибо
за внимание!

