

# ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛЯРНОГО СИЯНИЯ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ ДЛЯ ФЭП

Кириллюк А.И.

*Кириллюк Антон Игоревич – студент,  
кафедра газотурбинных и нетрадиционных энергоустановок, факультет энергомашиностроения,  
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

**Аннотация:** в процессе анализа энергетического потенциала полярных сияний была оценена возможность применения данного явления в качестве источника энергии для ФЭП.

**Ключевые слова:** полярное сияние, ФЭП, энергетический потенциал.

## Введение

Полярное сияние – достаточно распространенное явление в полярных широтах планеты. Оно является свечением возбужденных атомов и молекул (чаще всего молекул азота и атомов кислорода[1]) в атмосфере Земли, вызванное ионизацией их заряженными частицами на высотах от 110 до 400 км. Размытость верхних и четкость нижних границ, очевидно, обуславливается изменением плотности атмосферы по высоте.

Полярные сияния наблюдаются преимущественно в овальных зонах-поясах вблизи магнитных полюсов Земли. Это объясняет появление полярных сияний на широтах 67-70° (т.е. смещение эпицентра сияний относительно географического полюса).

Полярные сияния весной и осенью возникают заметно чаще, чем зимой и летом [1]. Пик частотности приходится на периоды, ближайšie к весеннему и осеннему равноденствиям.

В начале 1975 г был проведен совместный советско-французский эксперимент APACS, или АРАКС, посвященный изучению ионосферы и магнитного поля земли. Однако из-за плохих метеоусловий произвести различные замеры в оптическом диапазоне не представилось возможным.

## Анализ характеристик излучения

Сияние, с точки зрения характера излучения, представляет собой прерывистый спектр линий (рис. 1), которые совпадают со спектром возбуждаемых молекул, входящих в состав атмосферы. Они представлены атомарными и молекулярными соединениями азота, кислорода и водорода.

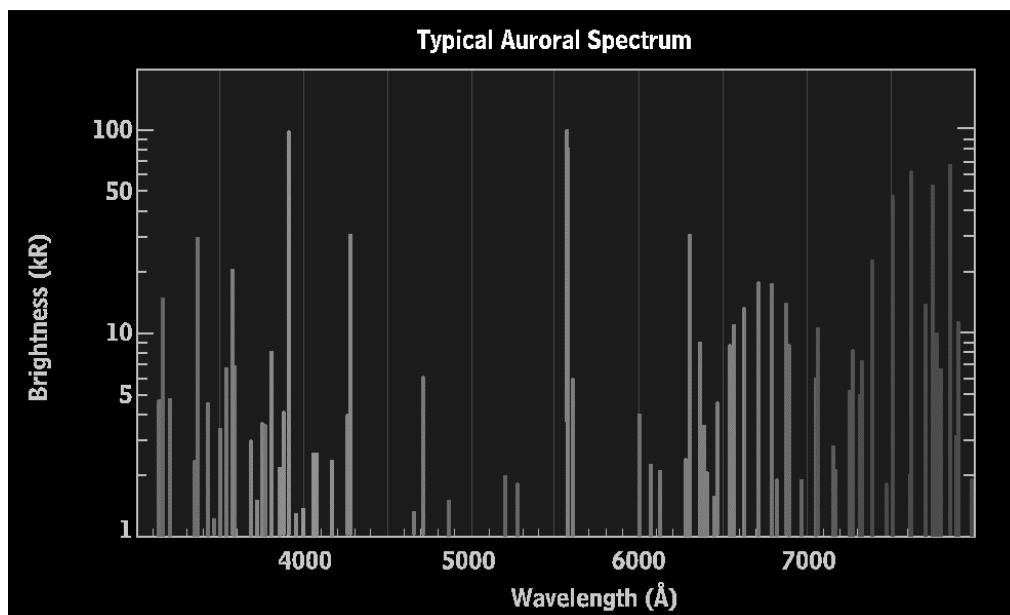


Рис. 1. Общая спектральная характеристика полярного сияния<sup>1</sup>

Как следует из приведенного выше рисунка, для северного сияния характерны две области плотно лежащих спектральных линий – в области от 300 нм до 420 нм, а также от 600 до 800 нм. Яркость излучения приведена в килоРэлях [ $10^{13}$  фотонов/( $m^2 \cdot c$ )] «Состав» сияния напрямую зависит от

<sup>1</sup> Рисунки взяты с официального сайта University Corporation for Atmospheric Research <https://www2.ucar.edu/> (дата обращения: 04.05.2017)

локального соотношения компонентов молекулярный азот – атомарный кислород. Изменение состава по высоте компонентов атмосферы, приведено ниже:

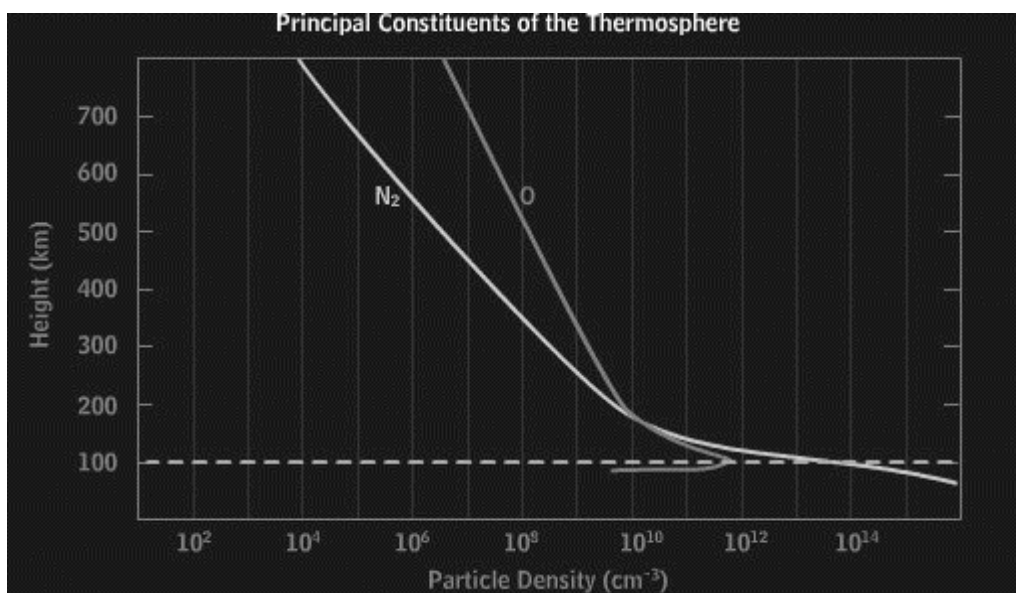


Рис. 2. Изменение концентрации молекул, участвующих в создании сияния, по высоте

Спектр полярных сияний меняется с высотой. В зависимости от преобладающих в спектре полярного сияния линий излучения, полярные сияния делятся на два типа:

- высотные полярные сияния типа А с преобладанием атомарных линий;
- полярные сияния типа В на относительно небольших высотах (80—90 км) с преобладанием молекулярных линий в спектре вследствие столкновительного гашения атомарных возбужденных состояний в сравнительно плотной атмосфере на этих высотах [2].

Необходимо отметить, что при высотах ниже 200 км N<sub>2</sub> и O испускают излучения в диапазоне 300-480 нм и 558 нм соответственно, в связи с тем, что для красного свечения необходимо время жизни не менее 1с, а плотная атмосфера исключает такое длительное время без столкновений (которые являются провокаторами излучения).

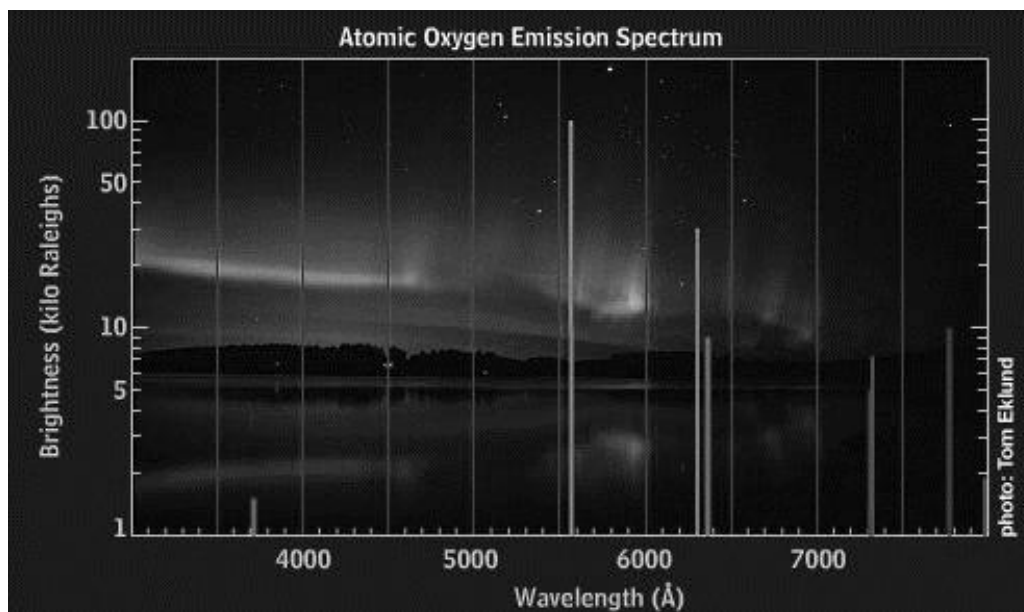


Рис. 3. Спектральные линии свечения атомарного кислорода

Свечение кислорода обусловлено излучением возбужденных атомов в метастабильных состояниях с длинами волн 557,7 нм (зелёная линия, время жизни 0,74 с) и дублетом 630 и 636,4 нм (красная область, время жизни 110 с). Вследствие этого красный дублет излучается на высотах 150—400 км, где вследствие высокой разреженности атмосферы низка скорость гашения возбужденных состояний при

столкновениях. Ионизированные молекулы азота излучают при 391,4 нм (ближний ультрафиолет) 427,8 нм (фиолетовый) и 522,8 нм (зелёный)[3].

#### Оценка энергетического потенциала полярного сияния

Полученные исследовательские данные приведены в виде спектральных линий с указанием поверхностной яркости в кР (килорэлях) – внесистемной единице измерения, обозначающей эмиссию  $10^{10}$  фотонов в столбе сечением  $1 \text{ м}^2$  за 1 секунду.

Для оценки энергетического потенциала свечения необходимо произвести преобразование, оценив энергетический потенциал частицы и сопоставив данные с плотностью эмиссии частиц на удельную площадь.

Для пересчета энергопотенциала сияния воспользуемся формулой:

$$E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad (1)$$

где  $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$  – постоянная Планка,  $c = 2.998 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  – скорость света,  $\lambda$  – длина волны спектрального излучения, м

Очевидно, что удельная энергетическая характеристика будет пропорциональна энергии частицы и количеству эмитированных частиц данной энергии.

$$I(\lambda) = E(\lambda)B(\lambda) \quad (2)$$

где  $B(\lambda)$  – эмиссия фотонов длины волны  $\lambda$ , Рэлей

Суммарная интенсивность свечения может быть оценена как

$$I = \int_0^{+\infty} I(\lambda) d\lambda \quad (3)$$

С учетом прерывистого, линейного спектра интеграл (3) можно представить в виде суммы интенсивности излучения отдельных спектральных линий:

$$I = \sum_{\lambda=0}^{+\infty} I(\lambda) d\lambda = \sum_{\lambda=i}^j I(\lambda) \Delta\lambda \quad (4)$$

где  $i, j$  – длины волн спектральных линий, в которых наблюдается излучение,  $\Delta\lambda$  – ширина полосы спектра (принимается как  $10 \text{ \AA}$ )

#### Результат

Для удобства анализа спектр сияния был разбит на участки, коррелирующие с оптимальным спектром поглощения разных ФЭП. В результате расчета были получены следующие параметры излучения:

Таблица 1. Результат расчета энергетического потенциала полярного сияния

| Длина волны, нм | Удельная спектральная энергия, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ |
|-----------------|---|
| 300-450         | $1.22 \cdot 10^{-3}$  |
| 450-650         | $1.01 \cdot 10^{-3}$  |
| 650-800         | $0.98 \cdot 10^{-3}$  |
| Итого:          | $3.21 \cdot 10^{-3}$  |

#### Вывод

Теоретически, при использовании солнечных панелей в условиях полярных широт при расчете вырабатываемой мощности можно принять во внимание и потенциал полярных сияний. Однако учитывая суммарный энергопотенциал сияния на уровне  $3 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/м}^2$ , а также принимая во внимание КПД панелей, в настоящее время, не превышающее 30% для промышленных типов ФЭП, теоретическая вырабатываемая энергия на уровне  $10^{-3} \text{ Вт/м}^2$  не представляет никакого интереса.

#### Список литературы

1. Hulburt E.O. On the Origin of the Aurora Borealis // Phys. Rev., 1928. Vol. 31 (6). P. 1038-1039. DOI:10.1103/PhysRev.31.1038.
2. Gerry Vassilatos. Drawing Usable Electrical Power from the Aurora Borealis // Borderlands, 1997. Vol. 53 (2). P. 6-19.

3. *Darrow K.K.* Spectrum of the Aurora Borealis // Journal of the Optical Society of America, 1923. Vol. 7 (8). P. 656-666. DOI:10.1364/JOSA.7.000656.