

ИЗ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

СПЕКТР СЕВЕРНОГО СИЯНИЯ И СТРОЕНИЕ ВЕРХНИХ СЛОЕВ АТМОСФЕРЫ.

L. Vegard. Das Nordlichtspektrum und die Konstitution der oberen Atmosphärenschicht.
ZS. für Phys. 16, p. 367 1923

О причинах северного сияния было высказано в свое время много различного рода гипотез и предположений. Опыт Штарка¹⁾ подкрепляет гипотезу, высказанную Фегардом²⁾ в 1917 году, где за возбудителей северного сияния принимаются положительно-заряженные частицы. Но в виду того, что одними положительно-заряженными частицами нельзя объяснить все особенности сияний, а также и многие другие космические явления, то в настоящей работе Фегард принимает, что в образовании северных сияний наряду с электрическими лучами (электронами и положительными частицами) не меньшую роль играют также лучи ультрафиолетовые, рентгеновы лучи и γ -лучи, существование которых в солнечном излучении не исключается. Поведение этих последних станет понятным, если привять во внимание их большую ионизирующую способность. Эта расширенная гипотеза Фегарда отнюдь не противоречит механической картине северных сияний, развитой математически Штёрмером³⁾ в его многочисленных мемуарах.

Единственным средством, дающим нам возможность вывести какие-либо заключения о физических причинах и способах возникновения северного сияния, является спектр. В отличие от всех других спектров, в спектре северного сияния нас поражает сравнительная бедность линий, обладающих более или менее значительной интенсивностью. До сих пор в спектре северного сияния открыто всего около 35 линий и полос и из них только четыре линии $5577,1$ – $5578,4\text{Å}$, $4182,5\text{Å}$, $3432,7\text{Å}$ и $3208,3\text{Å}$ не удается вполне точно отождествить с линиями известных нам элементов. Так как все остальные линии несомненно принадлежат азоту, то Фегард считает, что и указанные четыре линии также принадлежат азоту, а не гипотетическому геокоронию.

Причину их возникновения Фегард ставит в зависимость как от физического состояния возбуждаемого к свечению азота, так и от методов самого возбуждения. Лабораторное изучение свечения N и смесей $H-N$ и $He-N$ под действием катодных лучей привело Фегарда к заключению, что в верхних слоях атмосферы (выше 100 км) ни водорода, ни гелия, повидимому, не имеется, ибо уже небольшая примесь этих газов к азоту дает характерные для них спектральные линии. Существование же только азота

¹⁾ J. Stark. Über die Natur der Nordlichtstrahlen „Die Naturwissenschaften“ 6 p. 145. 1918. Ср. „Успехи физич. наук“ т. I, стр. 233. 1918.

²⁾ L. Vegard. Jahrbuch d. Rad. u. Elektronik. 14. 1917.

³⁾ C. Störmer. Arch. des Sc. phys. et nat. de Genève. 4-periode XXIV 1907 C. R. 1908–1910.

А. Н. Крылов. Успехи физич. наук т. I, стр. 1. 1918.

в верхних слоях атмосферы подтверждается тем, что если при возбуждении азота катодными лучами одновременно понижать его температуру, то наблюдается последовательное исчезновение некоторых линий в спектре, и при температуре жидкого воздуха получается, наконец, такой спектр, который по числу линий значительно отличается от спектра азота при комнатной температуре, но зато очень близок (если исключить из рассмотрения наиболее характерную для северного сияния желто-зеленую линию 5577,2 Å) к спектру северного сияния. Правда, Фегард не удалось в этом опыте получить желто-зеленую линию, но он объясняет это тем, что в лаборатории очень трудно осуществить те условия возбуждения, которые имеются налицо в земной атмосфере.

Главная причина заключается, по его мнению, в том, что в лабораторных условиях мы обычно возбуждаем к свечению газообразный азот, тогда как в действительности в верхних слоях атмосферы азот находится в виде снежной пыли. Фегард высказывает надежду, что при температуре жидкого водорода ему удастся подходящие условия возбуждения осуществить и тогда характерные для северного сияния линии, по его мнению, должны непременно возникнуть. Как известно, в самое последнее время эта надежда оправдалась.

С точки зрения Фегарда строение земной атмосферы таково: до высоты около 100 км она состоит из газообразных азота, кислорода, аргона и т. д., свыше 100 км исключительно из снежной пыли, твердого азота и может быть, кислорода, причем центрами сгущения последних могут служить положительно-заряженные частицы или молекулы NH_3 .

Что касается закона распределения всех этих газов по высоте, то для небольших высот применима обыкновенная барометрическая формула

$$dp = -\rho g dh = -\frac{gM}{RT} \rho dh \dots \dots \dots (1)$$

где p — давление, ρ — плотность, g — ускорение силы тяжести, M — мол. вес, R — газовая постоянная и T — абс. темп.; для больших же высот ее приходится несколько дополнить, чтобы объяснить независимость интенсивности линий северного сияния от высоты. Неоднократно наблюдались такого рода лучи, когда интенсивность света на протяжении нескольких сот км в высоту (от 100—110 км до 400—750 км) почти оставалась постоянной. Поэтому приходится предположить, что, начиная приблизительно с высоты 100 км, плотность атмосферы если и убывает, то очень незначительно. Фегард допускает, что верхние атмосферные слои электрически заряжены; возникающее при этом электрическое поле заставляет заряженные частицы азота перемещаться вверх и тем самым до некоторой степени компенсировать действие силы тяжести.

Формула (2) переходит в

$$dp = -(g - eF) dh, \dots \dots \dots (2)$$

где F — электрическая сила и e — электрическая плотность. Так как под влиянием фото-электрического действия солнечного излучения и поля F атмосфера должна была бы непрерывно терять азот, то приходится допустить, что эта потеря компенсируется тем же солнцем.

Простое соображение приводит Фегарда к заключению, что выводимое из формулы (2) дифференциальное уравнение:

$$\frac{d^2 \rho}{dr^2} - \frac{1}{\rho} \left(\frac{d\rho}{dr} \right)^2 + \frac{2g}{r} \frac{d\rho}{dr} + \frac{2g\rho}{a^2} - \frac{4\pi e^2}{a} \rho^2 = 0, \dots \dots \dots (3)$$

не подтверждается, если предполагать, что в ионизованном состоянии находятся все молекулы азота. Остается поэтому предположить, что заряженные частицы азота в верхних слоях образованы из большого числа отдельных молекул, сконденсированных вокруг электрических зарядов или молекул NH_3 , как ядер.

Смотря по величине и заряду эти частицы азота (в виде мелких кристалликов или замерзшего пара) будут или двигаться вверх, или падать. В последнем случае на известной высоте они начинают плавиться и, превратившись в газ, снова поднимаются вверх, чтобы вновь конденсироваться и т. д... Плавление частиц может быть вызвано также бомбардировкой замерзшего пара азота электрическими лучами (электронами или положительными частицами). Эти процессы последовательного плавления и замерзания открывают новые возможности для очень простого объяснения изменения окраски сияния — от зеленой вверху до красной на нижней границе сияния. Повидимому, зеленая окраска связана с кристаллической формой азота, красная же с газообразной.

Толщина слоя скопированного азота с удалением от полюсов к экватору растет. Приблизительное суждение о ней можно иметь на основании наблюдений высоты сияния в различных широтах. В областях близких к полюсу эта толщина не превышает, повидимому, 300—350 км, тогда как в Христиании, например, Штёрмер наблюдал сияние простиравшееся в высоту на 700—800 км.

Допущение существования в верхних слоях атмосферы заряженного азота в виде мелких кристалликов позволяет также просто объяснить а) голубой цвет неба, б) зодиакальный свет, в) изменение окраски метеоритов при прохождении сквозь земную атмосферу (вверху — белая или зеленоватая, начиная же с известной высоты — красная), д) мерцание неподвижных звезд и немерцание планет, е) отражение акустических и электромагнитных волн от верхних атмосферных слоев, ж) вторичные явления северных сияний и присутствие зеленой линии в свечении почного неба.

П. Васильев.