

Спектр северных сияний привлекал внимание многих наблюдателей; однако, когда в 1910 г., в связи с исследованием свойств космических лучей, мне пришлось ознакомиться по литературным данным со спектром северных сияний, я нашел, что почти все измерения были слишком не точны для того, чтобы ими можно было пользоваться при идентификации линий и кроме того существовало столько же, если не больше, толкований спектра, сколько было наблюдателей. Анализ и интерпретация спектра северных сияний были в то время, следовательно, открытым вопросом.

В 1912—13 г.г. я начал наблюдения над спектром северных сияний в Боссекопе в Финмаркене¹⁾. В этой первой экспедиции я пользовался спектрографом, соединявшим высокую светосилу со значительной дисперсией, и кроме того имел в своем распоряжении также спектроскоп. При помощи спектроскопа я наблюдал наиболее яркую зеленую линию, причем ряд лучших наблюдений дал длину волны $\lambda = 5577 \text{ \AA}$. Спектрографом я получил зеленую линию и шесть линий в синей и фиолетовой части спектра; последние оказались совпадающими с сильными линиями отрицательного полосатого спектра азота²⁾. В последнее время этот результат подтвержден лордом Рэлеем (мл.). Различные определения зеленой линии давали некоторые колебания, поэтому я предпринял новые измерения в Христиании со спектроскопом с большей дисперсией. Первый ряд наблюдений дал $\lambda = 5578.4 \text{ \AA}$; второй наиболее обширный ряд $\lambda = 5577,6 \text{ \AA}$. Эти значения хорошо согласуются с данными, полученными Слайфером (Slipher) и недавно Бэбкокком (Babcock) в обсерватории на Моунт Вильсон, при фотографировании спектра ночного неба³⁾.

Таким образом длина волны зеленой линии была установлена с большою точностью, однако, происхождение ее оставалось столь же таинственным как и раньше. Чтобы напасть на след происхождения зеленой линии я начал снова систематические исследования спектра северных сияний. Были построены соответствующие спектрографы и монтированы на крыше геофизического института в Тромсё (Tromsø). Наблюдения производились зимой 1922—23 г.г. и последней зимой.

Работа первой зимы дала много хороших спектрограмм, 35 линий и полос были измерены в видимой и ультрафиолетовой части спектра. За исключением зеленой линии и трех слабых линий или полос, остальные линии удалось отождествить с известными линиями азота. Спектр северных сияний замечателен не только своей зеленой линией, остальная часть спектра также чрезвычайно своеобразного типа.

¹⁾ На крайнем севере Скандинавского полуострова.

Прим. перев.

²⁾ Phys. Zeitschr. 11 p. 677. 1913 и Zeitschr. f. Physik 16, 369. 1923. *Прим. перев.*

³⁾ При помощи интерферометра Фабри и Перо. (Astrophys. Journ., 1923.)

Прим. перев.

За исключением огромного числа линий и полос азотного спектра, удается выделить только очень немного линий или границ полос (band-heads) иного происхождения.

Хотя при фотографировании сильные линии спектра северного сияния были значительно передержаны, однако не было найдено никаких следов водорода или гелия. Поэтому приходится отказаться от общепринятого ранее взгляда, что на высоте свыше 100 км атмосфера состоит, главным образом, из легких газов. Можно, правда, предположить, что водород, гелий или гипотетический «геокороний» производят зеленую линию; однако, удивительно, что ни водород, ни гелий не обнаруживают своих обыкновенных линий. Сравнение интенсивности зеленой линии с интенсивностью известных азотных линий северного сияния на спектрограммах, полученных от нижнего и верхнего края сияния, показало, что зеленая линия не может возникать от указанных легких газов; вместо возрастания снизу вверх, зеленая линия внизу оказалась относительно несколько ярче, чем на верхнем краю сияния. Это обстоятельство в связи с тем, что почти весь спектр состоит из азотных линий, дает сильный довод в пользу воззрения, высказанного мною еще в 1910 г., что зеленая линия также относится к азоту и излучается при особых условиях, существующих в области возникновения северных сияний.

Независимо от объяснения происхождения зеленой линии мы должны считать азот главной составляющей атмосферы на ее верхней границе. Для объяснения этого приходится предполагать или возрастание температуры с высотой, или же считать, что азот заряжен электрически и увлекается кверху электрическими силами. Характер спектра и другие причины заставили меня отказаться от первого предположения. Анализируя второе предположение, я нашел, что наэлектризованная атмосфера в чрезвычайно ионизированном состоянии не может существовать в форме обычного газа. Таким образом я пришел к предположению, что азот при очень низких температурах сгущается в крупинки или маленькие кристаллы.

Эта несколько ошеломляющая на первый взгляд гипотеза, противоречащая общепринятым концепциям, оказалась, однако, очень плодотворной. Прежде всего в ней предполагается для зоны северных сияний такое физическое состояние, которое объясняет, почему спектр северных сияний не удавалось до сих пор воспроизвести в лабораторных опытах; она же дает возможность объяснения резких изменений цвета северных сияний и других космических явлений, мерцания звезд, голубого цвета неба, зодиакального света ¹⁾.

¹⁾ Ср. L. Vegard, Zeitschr. f. Physik 16, p. 367. 1923. Эта работа, содержащая обоснование гипотезы Фегарда, подробно прореферирована в нижеследующей заметке Н. И. Васильева (стр. 210).

Из этой гипотезы следует, что спектр северных сияний производится при бомбардировке атмосферы, состоящей из азотных кристалликов, электрическими лучами. Эти условия очень трудно воспроизвести в точности, однако приближенно их можно получить, бомбардируя твердый азот электрическими лучами, получаемыми в лаборатории. Благодаря любезности проф. Камерлинг-Оннеса я мог произвести такого рода опыты в криогенной лаборатории в Лейдене. Мне удалось произвести первую серию опытов со светом, получаемым при бомбардировке твердого азота катодными лучами. Эти опыты дали очень ясный эффект, который я ожидал¹⁾.

Лучи от вэнельтовского катода падали на слой твердого азота, образуемого на медной поверхности, охлаждавшейся жидким водородом. Я снял пять спектров (рис. 1), соответствующих различным скоростям катодных лучей. При напряжении в 75 вольт наблюдались только наиболее яркие границы отрицательного полосатого спектра. При 200 вольтах (рис. 1. № 1) появилась также зеленая линия вблизи синей части (N_2) и размытая полоса вблизи желтой части.

Когда потенциал был повышен до 500 вольт, слой азота стал ярко блестящим зеленым и, кроме N_2 , теперь появилась широкая линия или узкая полоса N_1 с большой интенсивностью (рис. 1, № 2). При понижении потенциала до 350 вольт N_1 исчезала (рис. 1, № 3), но при повышении его до 700 вольт (рис. 1, № 4) или 750 вольт (№ 5) интенсивности свечения и в особенности линии N_1 чрезвычайно возрастала²⁾. Линия N_1 доминировала теперь в спектре так же, как зеленая линия (5577) доминирует в спектре северного сияния.

Для того, чтобы составить представление об относительной интенсивности свечения при различных потенциалах следует заметить, что на рис. 1 времена экспозиции спектров равны соответственно 30, 15, 10, 5 и 5 минутам.

При прекращении бомбардировки катодными лучами твердый азот оставался светящимся более чем в течение пяти минут; в связи с этим интересно указать, что послесвечение приблизительно такой же длительности наблюдается также и в северных сияниях. Измерения показали, что зеленая линия северных сияний (5577) расположена в широкой линии N_1 . Линия N_2 , длина волны которой оказалась около $5230 \text{ \AA}$, совпадает со второй слабой зеленой линией спектра северных сияний.

¹⁾ Более полное описание опыта появится в Proc. of the Royal Acad. of Sciences. Amsterdam.

²⁾ Для идентификации линий на рисунке под спектрами твердого азота помещен спектр пониженого неона. *Прим. перев.*

ТАБЛИЦА 1.

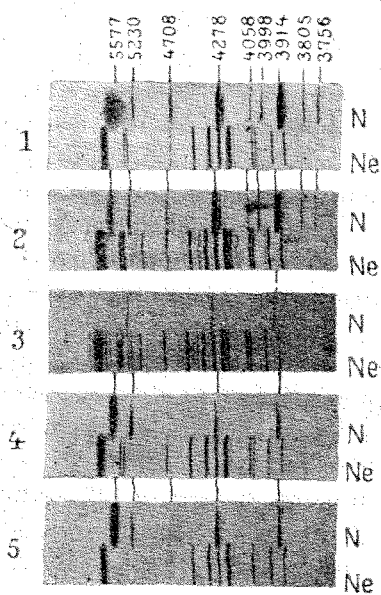


Рис. 1.

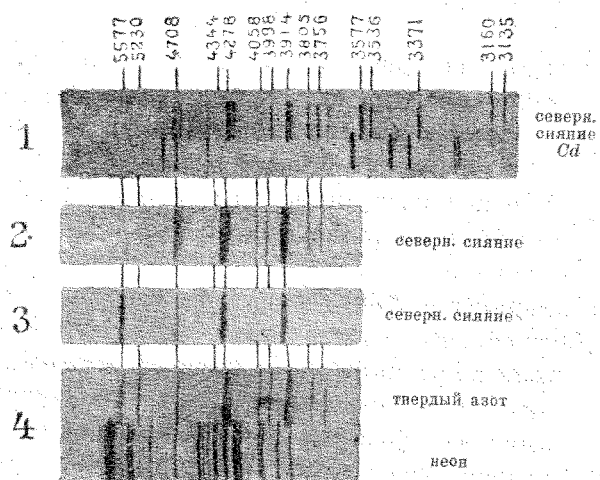


Рис. 2.

На рис. 2 воспроизведены три спектра северных сияний (№№ 1, 2, 3) и один спектр твердого водорода (№ 4). № 1 получен большим кварцевым спектрографом. Другие являются увеличенными копиями спектрограмм, снятых малым стеклянным спектрографом; №№ 1 и 2 сняты на пластинках Imperial Eclipse. № 3 на — панхроматической, № 4 — на ортохромной пластинке.

Совпадение спектров северных сияний и твердого азота не ограничивается зеленой частью; в синей и фиолетовой части кристаллический азот уменьшает число линий, что весьма характерно для спектра северных сияний.

Сравнение показывает, что типичный спектр северных сияний излучается твердым азотом и таким образом моя гипотеза о строении верхних слоев атмосферы подтвердилась.

Значительная скорость катодных лучей, необходимая для получения линии N_1 и N_2 , и очень большая изменчивость их интенсивности — факты весьма замечательные с физической точки зрения; эта изменчивость может помочь понять многие изменения цвета в северных сияниях. Послесвечение показывает, что новый эффект свечения есть род фосфоресценции, но для выяснения его физической природы нужно больше экспериментального материала.

Новый эффект открывает новое поле исследования, одинаково интересное с космической точки зрения и с чисто физической. Более детальное изучение света, излучаемого твердым азотом при различных температурах — до температуры жидкого гелия включительно, может позволить определить точнее интервал температуры в зоне северных сияний и возможно, что при чрезвычайно низкой температуре широкая линия N_1 станет более узкой. Опыты с лучами различных скоростей и с различными носителями могут дать сведения о скоростях и физической природе космических лучей, производящих северные сияния.

Если так же другие газы, т.-е. водород, кислород, аргон, неон, аммиак, окислы азота, окись углерода, цианоген и пр., при переводе в твердое состояние дают под действием электрических лучей подобный же эффект свечения как у азота, то мы можем надеяться таким путем объяснить линии туманностей и получить определенные сведения относительно строения туманностей. Может быть, „небулий“ ожидает судьба, постигшая „геокороний“.

Я продолжаю опыты в указанных здесь направлениях в лаборатории Камерлинг-Онесса в Лейдене.

Перевел С. Вавилов.