

И. А. ХВОСТИКОВ

**ПОЛЯРИЗАЦИЯ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ В СПЕКТРЕ СВЕЧЕНИЯ
НОЧНОГО НЕБА**

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 24 II 1940)

В 1938 г. мною было установлено наличие поляризации зеленой линии свечения ночного неба при наблюдении в средних широтах (Крым, Симеиз). Как указывалось в этой публикации (1), желательным было продолжить исследование вопроса для определения степени поляризации и направления плоскости поляризации в разные часы ночи. Это существенно ввиду того общего значения, которое имеет вопрос о поляризации для суждения о природе свечения ночного неба.

Подобное исследование мне удалось выполнить летом 1939 г. в комплексной ионосферно-оптической экспедиции Института теоретической геофизики Академии Наук СССР (Крым). Примененный метод оказался очень простым и позволил решить указанные вопросы не только для зеленой линии, но еще для линии натрия $\lambda = 5890 \text{ \AA}$ и линии кислорода $\lambda = 6300 \text{ \AA}$, которые обе являются резонансными, что весьма существенно по понятным причинам. Метод состоял в следующем.

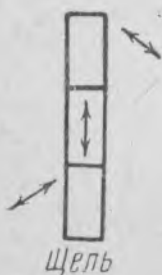
Был использован очень светосильный спектрограф ($f : 0,58$), построенный в 1937 г. для изучения спектров свечения ночного неба в Государственном оптическом институте в Ленинграде. На щели этого спектрографа было укреплено 3 кусочка поляроида друг под другом. Векторы поляризации этих трех поляроидов составляли угол 120° каждый относительно другого, как это показано стрелками на фиг. 1. В результате на пластинке получался спектр, разделенный по высоте на 3 части, каждая из которых поляризована в направлении, определяемом соответствующими поляроидами.

Зная эти 3 поляризованные компоненты, можно определить и степень поляризации и направление плоскости поляризации.

Для фотографирования спектра свечения ночного неба спектрограф направлялся на полюс мира. На пластинах Ilford Hypersens. Panchrom. за 2 часа экспозиции получались хорошо экспонированными 3 линии: зеленая кислородная $\lambda = 5577 \text{ \AA}$ ($^1S_0 \rightarrow ^1D_0$), желтая натровая $\lambda = 5890 \text{ \AA}$ (резонансная) и красная кислородная $\lambda = 6300 \text{ \AA}$ (резонансная $^1D \rightarrow ^3P$). Таким образом за время ночи оказывалось возможным получать 3 снимка и тем самым определять степень и направление плоскости поляризации для этих линий для трех различных моментов ночи: начало, середина и конец ночи. Опыты производились в середине сентября в период, когда

небо оставалось безоблачным много дней подряд, что благоприятствовало проведению поляризационных опытов. На фиг. 2 приведена в качестве примера одна из полученных нами спектрограмм. Верхняя, средняя и нижняя часть каждой из трех линий поляризована в направлениях, соответствующих стрелкам на фиг. 1. Стрелки указывают направление электрического вектора.

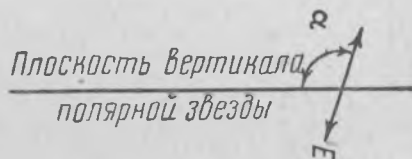
Следует остановиться на некоторых деталях опыта. На фиг. 2 видно, что средняя часть каждой линии более интенсивна, чем крайние. Это связано с поляризующим действием оптики спектрографа. Потери на отражение на гранях призм спектрографа (наш спектрограф двухпризменный) для компоненты электрического вектора, перпендикулярной щели, больше, чем для компоненты, параллельной щели. Поэтому даже для неполяризованного света средняя компонента получается интенсивнее



Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.

крайних. Для учета этого обстоятельства приходилось производить градуировку аппаратуры с помощью заведомо неполяризованного света. Для нижней и верхней частей линий удалось достигнуть равенства почернений для неполяризованного света, ориентируя векторы поляризации соответствующих поляроидов симметрично относительно щели спектрографа (см. фиг. 1). Съемка производилась при ширине щели 0,2 мм.

Так как фокусное расстояние камеры (25 мм) было в 7 раз меньше фокусного расстояния коллиматора (175 мм), изображение получалось уменьшенным в 7 раз.

За период безоблачных ночей в середине сентября удалось получить данные для трех различных ночей. Дальнейшие съемки пришлось приостановить ввиду наступления облачной погоды. Обработка этих спектрограмм показала наличие определенных поляризационных эффектов, состоящих в следующем: 1) все три указанные линии спектра свечения ночного неба являются поляризованными в течение всей ночи; 2) степень поляризации составляет от 9 до 17%; 3) направление плоскости поляризации всех трех линий меняется в течение ночи, притом примерно одинаковым образом; 4) изменение направления плоскости поляризации состоит в постепенном повороте в определенную сторону, причем скорость поворота составляет величину, близкую к 15° в час; 5) направление плоскости поляризации в каждый данный момент (направление электрического вектора) близко к направлению перпендикуляра к плоскости, проходящей через следующие три точки: наблюдатель, полюс мира и солнце.

Цифровые данные приведены в табл. 1—3. Время в таблицах указано средне-местное.

Таблица 1

Поляризационные свойства зеленой кислородной линии
 $\lambda=5577 \text{ \AA}$

Время экспозиций	Степень поляризации в %				Направление плоскости поляризации			
	12/13 IX	13/14 IX	15/16 IX	Сред- нее	12/13 IX	13/14 IX	15/16 IX	Сред- нее
21—23 ч.	15	13	15	14,5	118°	117°	119°	118°
23— 1 ч.	12	13	11	12	86°	90°	88°	88°
1— 3 ч.	13	16	14	14	60°	65°	56°	60°

В графах «направление плоскости поляризации» приведены углы, образованные направлением электрического вектора E с вертикалом Полярной звезды (угол α на фиг. 3), причем углы отсчитываются против часовой стрелки (для наблюдателя, стоящего лицом к Полярной звезде).

Таблица 2

Поляризационные свойства желтой линии натрия
 $\lambda=5890 \text{ \AA}$

Время экспозиций	Степень поляризации в %				Направление плоскости поляризации			
	12/13 IX	13/14 IX	15/16 IX	Сред- нее	12/13 IX	13/14 IX	15/16 IX	Сред- нее
21—23 ч.	10	9	12	10	123°	112°	118°	118°
23— 1 ч.	8	11	8	9	86°	95°	80°	87°
1— 3 ч.	11	9	8	9	54°	62°	67°	61°

Точность измерения величин, указанных в табл. 1—3, следующая: для степени поляризации 20% от измеряемой величины (в среднем); для направления 6°.

Таблица 3

Поляризационные свойства красной кислородной линии
 $\lambda=6300 \text{ \AA}$

Время экспозиций	Степень поляризации в %				Направление плоскости поляризации			
	12/13 IX	13/14 IX	15/16 IX	Сред- нее	12/13 IX	13/14 IX	15/16 IX	Сред- нее
21—23 ч.	16	18	18	17	129°	122°	124°	125°
23— 1 ч.	12	14	15	14	90°	86°	96°	91°
1— 3 ч.	13	17	15	15	55°	61°	58°	58°

Из табл. 1—3 видно, что наибольшую поляризацию имеет красная линия (14—17%), наименьшую—желтая (9—10%). Зеленая линия имеет степень поляризации 12—14%.

Все измеренные величины являются средними за 2 часа. Если их отнести к среднему моменту экспозиций (22 ч., 0 ч. и 2 ч.), то видно, что направление плоскости поляризации следует за движением Солнца под

горизонтом. Придерживаясь указанного выше способа отсчета угла α , мы получим для плоскости, проходящей через наблюдателя—солнце—полюс мира, углы α_s , равные, очевидно, 30° для 22 ч., 0° для 0 ч. и -30° для 2 ч. Разности углов $\alpha-\alpha_s$ остаются все время близкими к 90° , как это видно из табл. 4.

Таблица 4

Время экспозиций	$\alpha-\alpha_s$ для зеленой линии	$\alpha-\alpha_s$ для желтой линии	$\alpha-\alpha_s$ для красной линии	$\alpha-\alpha_s$ среднее	$\alpha-\alpha_s$ общее среднее
22 ч. . . .	88°	88°	95°	$90^\circ,3$	} $89^\circ,6$
0 ч. . . .	88°	87°	91°	$88^\circ,7$	
2 ч. . . .	90°	91°	88°	$89^\circ,7$	

Описанные новые поляризационные явления едва ли могут быть объяснены с точки зрения существующих теорий свечения ночного неба (фотохимическая теория и теория электронного удара). С другой стороны, эти явления делаются понятными, если полагать, что мы имеем дело с фотолюминесценцией, возбуждаемой солнечным светом. В одной из своих работ (2) я показал, что солнечные лучи с длиной волны, близкой к длине волны линий поглощения атмосферы, могут проникать в достаточно низкие слои атмосферы даже ночью. Таким образом резонансные линии ($\lambda=5890$ и 6300 \AA) могли бы быть обязаны своим возникновением именно этому процессу. Нечто вроде резонансного поглощения может иметь место и для линии $\lambda=5577 \text{ \AA}$, так как нижний уровень атома кислорода для этого перехода (1D_0) является метастабильным.

В заключение выражаю благодарность В. М. Бовшеверову за его помощь в экспериментальной части работы.

Оптическая лаборатория
Института теоретической геофизики
Академия Наук СССР

Поступило
29 II 1940

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ И. А. Хвостиков, ДАН, XXI, № 7 (1938). ² И. А. Хвостиков, Изв. Акад. Наук СССР, серия геофизич., № 2 (1939).