

ГЕОФИЗИКА

В. М. БОВШЕВЕРОВ, А. В. МИРОНОВ, И. М. МИХАЙЛИН, В. М. МОРОЗОВ,
З. Л. ПОНИЗОВСКИЙ, С. П. СОКОЛОВ и И. А. ХВОСТИКОВ

О СВЯЗИ АНОМАЛИЙ СУМЕРЕЧНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ С СОСТОЯНИЕМ ИОНОСФЕРЫ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 28 I 1940)

В 1936 г. одним из нас было обнаружено и исследовано явление аномального хода поляризации сумеречного света ⁽¹⁾.

В основных чертах это явление заключается в следующем: сумеречный свет, как и всякий рассеянный свет, должен быть поляризован; при наблюдении в зените степень его поляризации должна согласно теории молекулярного рассеяния Рэля изменяться по формуле $p = \frac{1 - \cos^2 \varphi}{1 + \cos^2 \varphi}$, где φ —зенитное расстояние солнца.

Наблюдения 1936 г. показали, что вместо монотонно спадающего хода поляризация имеет явно выраженные минимумы. Реальность этих явлений и независимость их от метеорологических условий были подтверждены в 1937 и 1938 гг. рядом наблюдений, проведенных в разных климатических условиях ⁽²⁾. Минимумы на кривых поляризации обычно получались на высотах 80—90 км*. Было высказано предположение о связи поляризационных аномалий с ионизированными слоями атмосферы. Эта гипотеза ⁽¹⁾ исходила из представления о возможном увеличении анизотропии молекул в ионизированном газе и связанном с этим уменьшением степени поляризации света, рассеиваемого ионизированным газом. Влияние анизотропии на поляризацию рассеянного света было выяснено теоретически Sabannes'ом ⁽⁴⁾.

В пользу этой гипотезы говорило совпадение высот поляризационных аномалий с высотами слоя *E*.

Происхождение аномалий с этой точки зрения может быть объяснено следующим образом. Поскольку рассеянный свет приходит в основном от сравнительно тонкого слоя, то в моменты, когда этот рассеивающий слой совпадает с сильно ионизированным слоем атмосферы, будет наблюдаться уменьшение поляризации, которая может опять возрасти при погружении ионизированного слоя в тень.

Для проверки такой гипотезы в 1939 г. были проведены совместные наблюдения поляризации сумеречного света и ионизации верхних слоев атмосферы обычным методом отражения радиоволн. Эти наблюдения

* Как известно, сумеречный метод ⁽³⁾ дает возможность исследовать свет, рассеиваемый в каждый данный момент сравнительно тонким (порядка 25 км) слоем атмосферы.

должны были установить, существует ли корреляция между величиной поляризационных аномалий и электронной или ионной концентрацией в ионосфере.

Оптические наблюдения проводились, с одной стороны, как и раньше, визуальным методом—на поляриметре Корню, с другой стороны, на фотоэлектрической схеме с усилением; основные данные этой схемы следующие: фотоэлемент—сурьяно-цезиевый, газонаполненный, чувствительностью 600 p. A/lm (производства Ленинградского института инженеров кинематографии). Усилительная лампа FP-54 (General Electric) с высокой изоляцией сетки. Чувствительность схемы составляла $7 \cdot 10^{-16} \text{ A/l}$ мм шкалы, что позволяло измерять световые потоки до $4 \cdot 10^{-11} \text{ lm}$ с точностью 5% в одном отсчете.

Поляризационным элементом служил поляроид; система фильтров и клиньев позволяла проводить все измерения на одной и той же установке, несмотря на огромную разницу в интенсивности света в начале и конце сумерек (до 10^6 раз). Высокая чувствительность фотоэлектрической схемы позволила доводить наблюдения до значительно больших высот, чем визуальный метод (до 300—320 км вместо 200—220 км).

Для ионосферных наблюдений была построена ионосферная станция, которая могла работать на 14 фиксированных волнах в диапазоне 45—200 м. Мощность передатчика—около 500 W в импульсе. Более подробное описание методики и результатов этих наблюдений печатается в другом месте⁽⁵⁾.

При обсуждении результатов следует прежде всего указать, что обе поляризационные кривые, визуальная и фотоэлектрическая, обычно несколько отличаются друг от друга. Это различие связано, с одной стороны, с разной геометрической установкой аппаратуры (из-за громоздкости оптической части фотоэлектрической установки ее не удалось держать все время установленной на направление максимальной поляризации), с другой стороны,—с влиянием вторичного рассеяния в связи с различием спектральной чувствительности глаза и фотоэлемента⁽⁵⁾, что также может уменьшить поляризационные аномалии, измеренные на фотоэлектрической установке, чувствительной к более коротким волнам, для которых вторичное рассеяние играет большую роль.

Можно думать, что именно по этим причинам особенности поляризационных аномалий на фотоэлектрических кривых для высот слоя E , хотя всегда существуют, но, как правило, менее ясно выражены и не всегда согласуются с данными визуальных кривых. В то же время все измерения прошлых лет, доказавшие связь этих аномалий с верхними слоями атмосферы, делались именно визуальным методом; поэтому для сопоставления с данными, полученными методом отражения радиоволн, в отношении слоя E мы воспользовались визуальными кривыми.

Следует также отметить возможность того, что по самой природе поляризационных аномалий они могут зависеть от длины волны рассеиваемого света.

Что же касается больших высот, то данные, полученные фотоэлектрическим методом, являются единственными и сопоставление естественно производилось именно с ними.

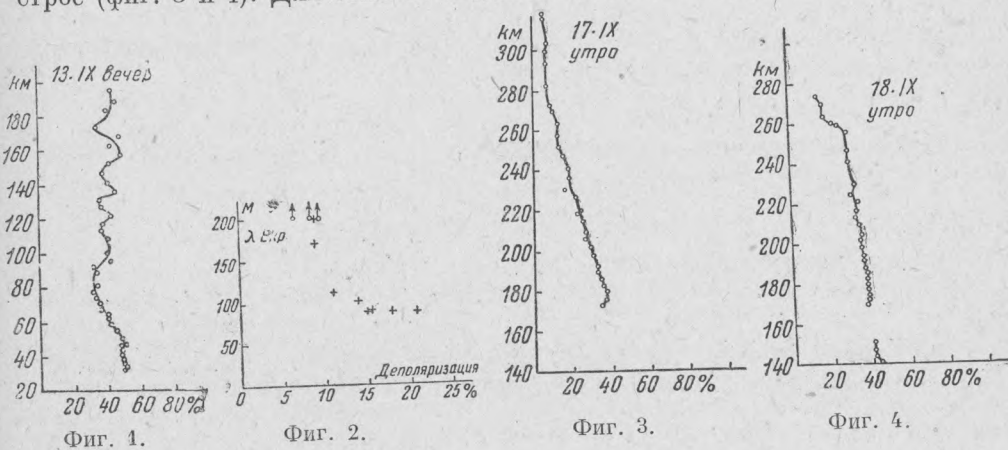
Практически на всех визуальных кривых, полученных нами, имеются минимумы поляризации и за объект корреляции была выбрана глубина этого минимума, т. е. уменьшение поляризации по сравнению с тем значением, которое она имела бы, если бы кривая была плавной (монотонной) (фиг. 1).

Результат сопоставления этих данных с критическими волнами слоя E показывает наличие несомненной связи между поляризационными ано-

малыми и электрическим состоянием ионосферы. Именно, коротким критическим волнам соответствует большое изменение поляризации, и обратно, как это видно из фиг. 2 (стрелками обозначены критические волны длиннее 200 км).

Напомним, что длина критической волны является мерой ионизации в слое, отражающем радиоволны ($\lambda_{кр}$ обратно пропорциональна \sqrt{N} , где N —концентрация ионов).

Фотоэлектрические кривые, как правило, не имеют минимумов на больших высотах, а показывают монотонное уменьшение поляризации с высотой, обычно медленное, иногда, на небольшом участке, очень быстрое (фиг. 3 и 4). Для этих наблюдений за объекты сопоставления были



взяты абсолютное значение поляризации и быстрота ее уменьшения с высотой (градиент по высоте).

В таблице приведены значения поляризации и градиенты поляризации на высоте 240 км для 8 наблюдений и соответствующие им критические волны слоя F . Здесь малому градиенту и необычно большой поляризации 18,9 соответствует необычно большая критическая волна. 4 наблюдения (13, 14, 15 и 17 сентября) с большими градиентами и меньшей поляризацией совпадают с более короткой критической волной. Наконец, трем наблюдениям (6, 12 и 14 сентября) с резкими изменениями поляризации соответствуют самые короткие критические волны, выходящие за диапазон ионосферной станции.

Дата (сентябрь)	18 утро	17 утро	15 утро	14 утро	13 утро	6 веч.	12 веч.	14 веч.
Градиент % на 10 км .	1,2	3	3	3,6	3,2	Резк. уменьш.	Резк. уменьш.	Макси- мум на 240 км
Поляризац. на 240 км (%)	30	18	18	21	19	—	—	—
Критическая волна (М)	67	50	50	50	50	<46	<46	<46

Наконец, можно отметить, что сам вид поляризационных кривых с явно выраженными минимумами на высотах, соответствующих слою E , и с медленным спадением поляризации на больших высотах соответствует общепринятому представлению о сравнительно тонком, локализованном слое E и о широком слое F с постепенно возрастающей ионизацией.

Что касается корреляции между высотами поляризационных аномалий и ионизированных слоев, то в этом отношении не удалось сделать никаких выводов, так как для слоя E и те и другие высоты мало меняются ото дня ко дню. Для слоя F вообще невозможно отнести аномалии на кривых к какой-нибудь определенной высоте из-за отсутствия явно выраженных минимумов.

Таким образом из полученных в этой работе материалов следует, что связь между аномалиями поляризационных кривых и состоянием ионизированных слоев атмосферы существует. Эта связь такова, что аномальное уменьшение поляризации тем больше, чем больше ионная или электронная концентрация в ионосфере.

В заключение мы считаем своим приятным долгом поблагодарить акад. С. И. Вавилова и проф. С. Э. Хайкина за постоянный интерес к нашей работе и ряд важных указаний.

Отдел атмосферы
Института теоретической геофизики
Академия Наук СССР

Поступило
1 II 1940

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. А. Хвостиков, УФН, XIX, 483 (1938); И. А. Хвостиков и А. Н. Севченко, ДАН, IV (XIII), № 8 (112), 359 (1936). ² И. А. Хвостиков, Исслед. свечения атмосферы (диссерт.). ³ В. Г. Фесенков, Тр. астрофиз. обсерват., II (1923); В. Г. Фесенков, Астрон. журн., VII, 400 (1930); Н. М. Штауде, Тр. ком. по изучению стратосферы АН СССР, т. I (1936). ⁴ J. Sabannes, Ann. de Phys., 15, 5 (1921). ⁵ Изв. Акад. Наук СССР, серия геофиз. (1940).