

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СУМЕРЕЧНОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ АТМОСФЕРНОГО НАТРИЯ

Открытие присутствия значительных количеств натрия в высоких слоях атмосферы (60—100 км над уровнем моря) тотчас же поставило вопрос о путях его проникновения в эти слои. Тем самым исследования распределения натрия по высотам оказались теснейшим образом связанными с общей проблемой строения и динамики атмосферы, приобретающей за последнее время всё большее и большее значение. Среди различных методов определения концентрации натрия на различных высотах особое место занимают исследования его сумеречной люминесценции, открытой в 1937 г. М. Ф. Вуксом и В. И. Черняевым¹. Измерения интенсивности *D*-линии натрия, присутствующей в спектре свечения сумеречного неба, в функции зенитного расстояния Солнца, уже позволили сделать ряд существенных заключений². Реферлируемая работа, выполненная осенью 1948 г. С. Ф. Родионовым и Е. Н. Павловой³, посвящена дальнейшему развитию этих исследований и содержит новые, весьма существенные результаты.

В отличие от предшествовавших измерений, проводившихся методами фотографической фотометрии с помощью светосильных спектрографов малой разрешающей силы, С. Ф. Родионов и Е. Н. Павлова использовали фотоэлектрический фотометр и монохроматор с дисперсией в области 5900 Å, равной 135 Å/мм. Приёмником света служил фотоэлектронный умножитель с цезиевым катодом системы Л. А. Кубецкого. Измерения велись во время вечерних сумерек на высоте 2200 м (Адыл-Су, Кавказ), причём прибор направлялся под углом 30° к горизонту на юг или юго-запад. Непосредственно измерялась зависимость фототока через каждые 4,3 Å в интервале длин волн от 5825 до 5929 Å при различных погружениях Солнца под горизонт. Измерение одного такого спектра отнимало от 1 до 2 минут. На рис. 1 приведены результаты измерений для одного вечера. Все кривые охватывают интервал времени около 20 минут.

На кривых 1, 2, 3 совершенно отчётливо видна *D*-линия излучения натрия, причём дублет остался неразрешённым вследствие большой ширины щели монохроматора (0,12 мм). Ход интенсивности этой линии в функции зенитного расстояния Солнца в общих чертах воспроизводит данные других авторов³, и абсолютное значение интенсивности находится в удовлетворительном согласии с данными Брикара и Кастлера⁴.

Существенно новым является то, что при зенитных расстояниях, меньших 95°, линия испускания обращается и переходит в линию поглощения, вновь исчезающую при зенитных расстояниях, меньших 92°. Авторы

подчёркивают, что здесь мы имеем дело с регулярно наблюдающимся явлением. На рис. 2 приводится сводная кривая всех измерений интенсивности D -линии натрия

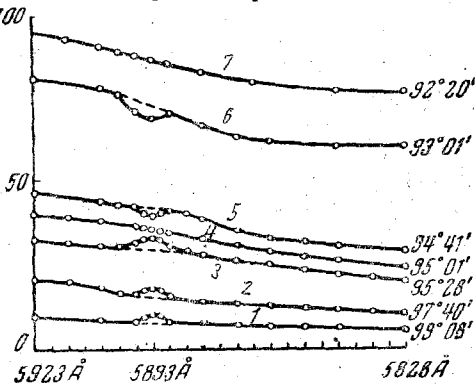


Рис. 1. Спектры сумеречного неба при различных зенитных расстояниях Солнца.

использованной авторами ширине щели фраунгоферова линия вообще не должна наблюдаться вследствие её малой интенсивности. Точно так же полоса поглощения водяного пара (6000—5850 Å) в условиях эксперимента должна была бы иметь ширину около 150 Å, в то время как ширина наблюдаемой линии поглощения составляет всего 9 Å.

Авторы ищут объяснения наблюдаемой линии поглощения в тушении «резонансной флуоресценции Na, образующегося вследствие диссоциации молекул NaCl (морского происхождения) в более низких слоях атмосферы» и рассматривают её как веский довод в пользу присутствия натрия на высотах, меньших 60 км. Согласно их гипотезе NaCl, находящийся на высотах 20—40 км, диссоциирует под действием солнечной радиации ($\lambda < 2400 \text{ Å}$), и за появление линии поглощения ответственно тушение резонансной флуоресценции освобожденных атомов натрия атомами азота. По мере погружения нижних слоёв атмосферы в тень земли и прекращения вследствие этого процесса диссоциации, свободные атомы Na быстро исчезают, рекомбинируя с атомами хлора, кислорода и т. п. Поскольку процессы тушения могут играть заметную роль только на высотах, не превышающих, примерно, 40 км, постольку, когда тень земли достигает этих высот и в формировании интенсивности D -линии начинают принимать участие только вышележащие слои атмосферы, где эффект обращения уже не имеет места, D -линия натрия выступает как линия испускания. Это объяснение представляется нам, однако, мало вероятным. И. А. Хвостикову³ удалось возбудить резонансную флуоресценцию натрия в призем-

(интенсивность D -линии натрия минус интенсивность фона рассеянного света Солнца в прилегающих областях спектра) при различных зенитных расстояниях Солнца.

Авторы приводят весьма убедительные доводы в пользу того, что линия поглощения, наблюдаемая при зенитных расстояниях от 92° до 95°, обусловлена атмосферным натрием.

Против её отождествления с фраунгоферовой линией свидетельствует как то, что она не наблюдается днём, так и то, что при

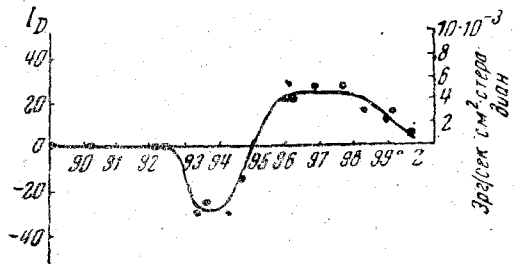


Рис. 2. Интенсивность D -линии атмосферного натрия в функции зенитного расстояния Солнца.

ных слоях атмосферы, вплоть до высот порядка 1000 м, причём флуоресценция эта, доказывающая присутствие Na на этих высотах, обнаруживалась именно по возрастной рассеивающей способности воздуха в области D-линии натрия. Нетрудно видеть, что результат этот, относящийся, правда, к более низким слоям атмосферы, прямо противоречит основному предположению авторов.

Более вероятно, на наш взгляд, другое объяснение, связанное с различием масс воздуха, участвующих в формировании яркости сумеречного неба в различных участках спектра. В самом деле, наличие натрия в нижних слоях атмосферы, доказанное опытами И. А. Хвостикова, должно обуславливать некоторое (и, судя по приведенным в⁵ данным, значительное) увеличение коэффициента экстинкции в области самой D-линии натрия по сравнению с соседними спектральными областями. Вследствие этого должно возникнуть различие и в эффективной высоте земной тени, т. е. в высоте нижней границы рассеивающего объёма для самой D-линии и для соседних участков спектра (сравнить, например,⁴). Так как плотность атмосферы весьма быстро убывает с высотой, то, вследствие указанной «дисперсии» эффективной высоты земной тени, должно возникнуть различие и в интенсивности света, рассеянного атмосферой внутри и вне границ D-линии. Это различие будет тем больше, чем больше градиент плотности, а так как последний быстро убывает с высотой, то и различие в интенсивности должно убывать по мере погружения Солнца под горизонт. С другой стороны, это различие должно стираться и при малых углах погружения вследствие уменьшения экранирующей толщии нижних слоёв атмосферы (см., например,⁶). Указанный эффект изменения относительной яркости сумеречного неба в различных участках спектра в результате «дисперсии» эффективных высот земной тени, вызванной различиями в коэффициентах экстинкции, может достигать заметной величины и, повидимому, в значительной мере ответственен за цвет сумеречного неба и его изменения в процессе сумерек при погружении Солнца, меньших 10°.

С этой точки зрения наблюдённый автором обращение D-линии атмосферного натрия может являться лишь кажущимся и связанным с убыванием интенсивности фона рассеянного света Солнца внутри линии по сравнению с фоном вне её.

В пользу того, что здесь мы имеем дело с эффектом такого рода свидетельствует и наличие неотмеченного авторами характерного изгиба кривых 5 и 6 (рис. 1) в области длин волн 5860 — 5880 Å, исчезающего как при больших, так и при меньших зенитных расстояниях.

Во всяком случае непосредственное определение интенсивности D-линии как разности интенсивностей внутри и вне соответствующего спектрального интервала, как это делалось до сих пор и как это делают авторы, без детального анализа всех факторов, влияющих на формирование яркости сумеречного неба, может вести к серьёзным ошибкам.

Таким образом, одним из существенных результатов реферируемой работы, как нам кажется, является выяснение настоящей необходимости, при интерпретации данных о сумеречной люминесценции натрия, детального рассмотрения всей картины формирования яркости сумеречного неба.

Указанное явление «дисперсии» эффективных высот земной тени значительно легче поддаётся учёту для зенита, чем для других областей неба. Кроме того, в той области неба, где велись измерения, существенную роль должно играть кратное рассеяние, крайне осложняющее картину. Поэтому приходится пожалеть, что весьма интересные и важные результаты, полученные авторами, относятся не к зениту и, тем самым, вряд ли могут быть положены в основу подробного теоретического рассмотрения на основе современной теории сумерек.

Г. Розенберг

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Черняев и М. Ф. Вукс, ДАН 14, 77 (1937).
 2. И. А. Хвостиков, Свечение ночного неба, Изд. Ак. наук СССР, 1948 г.
 3. С. Ф. Родионов и Е. Н. Павлова, ДАН 67, 251 (1949).
 4. J. Bricard et A. Kastler, Ann. Geophysique 1, 1, (1944).
 5. И. А. Хвостиков, УФН 36, 372 (1948).
 6. Н. М. Штауде, Изв. АН СССР, сер. геофиз. и географ. 11, 349 (1947).
-