

4. Curcio J. A., Drummeter L. F., Knestrick G. L. An atlas of the absorption spectrum of the lower atmosphere from 5400 Å to 8520 Å. Applied Optics, 1964, 3, № 12, 1401—1409.
5. Vabecek H. D., Moore C. E. The Solar Spectrum λ 6600 to λ 13495. Washington, 1947.
6. Тарасова Т. М. Прямые измерения светимости ночного неба. Астрон. циркуляр СССР, 1961, № 222.
7. Фишкова Л. М. Сезонные и годовые вариации интенсивности свечения ночного неба в Абастумани. Сборник статей „Полярные сияния и свечение ночного неба“ серия МГГ, Изд-во АН СССР, 1962, № 9, 5—9.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ И ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕЧЕНИЯ СУМЕРЕЧНОГО НЕБА

Т. Г. МЕГРЕЛИШВИЛИ, Т. И. ТОРОШЕЛИДZE и И. А. ХВОСТИКОВ

В Абастуманской астрофизической обсерватории проведены систематические измерения свечения сумеречного неба в разных участках спектра, причем полученные результаты частично опубликованы [9, 10, 42, 43, 47, 55]. Поскольку они представляют интерес для практических целей (например, для характеристики светового режима во время сумерек и др.), а также и для ряда научных задач физики верхней атмосферы, мы представляем в настоящей статье обобщенное изложение указанных результатов. Наряду с наблюдениями, проводившимися в Абастуманской обсерватории, нами использованы также результаты, полученные другими исследователями. Это позволило придать изложению более законченный вид и сформулировать некоторые выводы в более общем виде.

Большая часть опубликованных измерений яркости сумеречного неба выполнялась не в абсолютных, а в относительных единицах, что затрудняет сопоставление данных, полученных разными авторами. Поэтому, мы вынуждены, использовать во многих случаях также и относительные единицы.

Обзор состоит из трех частей. В первой, вводной части дана общая характеристика сумеречного неба с фотометрической и спектрофотометрической точек зрения. Во второй части более подробно рассмотрены данные о распределении спектральной яркости по сумеречному небу в зависимости от зенитного расстояния Солнца в разные сезоны, отдельно для утренних и вечерних сумерек. В третьей части изложены результаты изучения изменений интенсивности отдельных линий сумеречного свечения атмосферы.

1. Общая характеристика результатов фотометрических и спектрофотометрических исследований сумеречного неба. Днем, после полудня, по мере увеличения зенитного расстояния Солнца (Z_0), яркость неба в зените убывает, но в сумерках после захода Солнца, убывание сильно ускоряется. Если усреднить данные измерений яркости неба в зените, выполненных без светофильтров для разных зенитных расстояний Солнца, то получится кривая, согласно вычислениям Брунера [5], схематически показанная на рис. 1. На этой кривой поясняется принятое разделение сумерек на три стадии. Самая светлая часть сумерек называется гражданскими сумерками ($Z_0 \leq 96^\circ$).

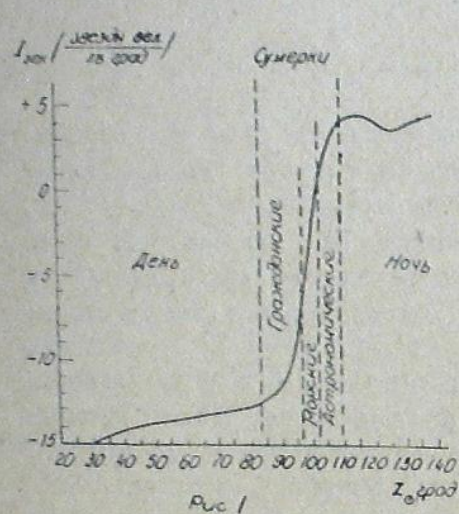


Рис 1

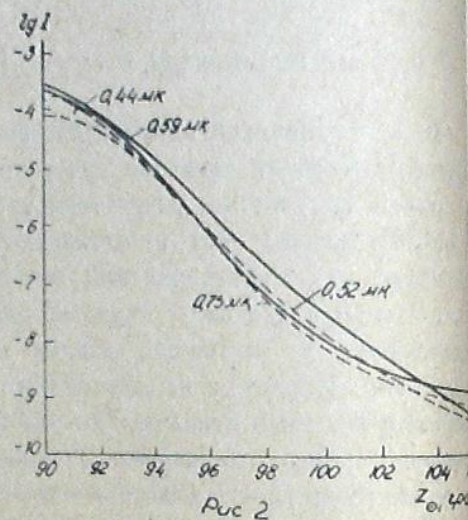


Рис 2

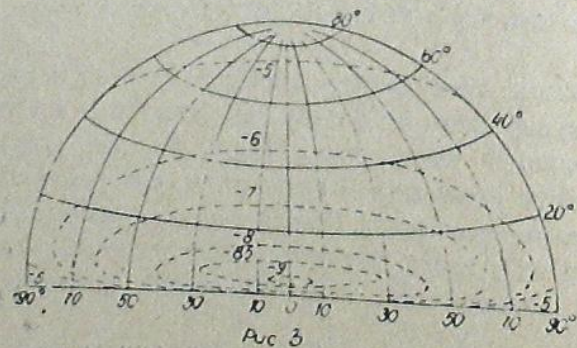


Рис 3

Более темную часть сумерек, когда $96 \leq Z^0 \leq 102$, называют морскими сумерками; до конца морских сумерек сохраняется возможность уверенно различать линию горизонта. Морские сумерки сменяются астрономическими, продолжающимися до наступления ночи, когда прекращается быстрое убывание яркости неба; обычно это происходит при зенитном расстоянии Солнца, равном 108° . Освещенность в конце гражданских сумерек около $2 \cdot 5$ лв, в конце морских — около 6×10^{-3} лк, а к концу астрономических снижается до 6×10^{-4} лк [6].

К началу сумерек ($Z_0 = 90^\circ$) Солнце приобретает красную окраску, а вдоль солнечного горизонта вытягивается яркая полоса зари, окраска которой от оранжево-желтой внизу изменяется до зелено-голубой в верхней своей части. Над ней раскидывается округлое, яркое, почти неокрашенное сияние, а у противоположного горизонта начинает медленно подниматься синевато-серый тусклый сегмент тени Земли, окаймленный розовым поясом („Пояс Венеры“).

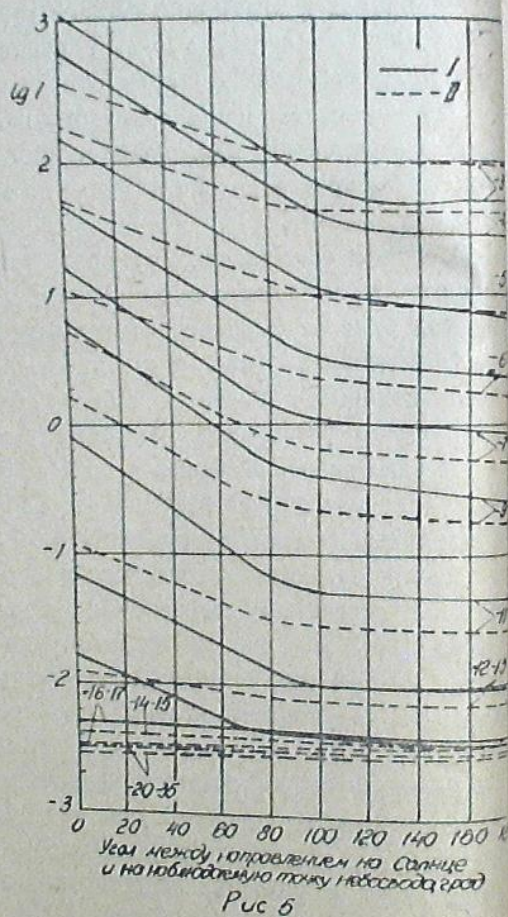
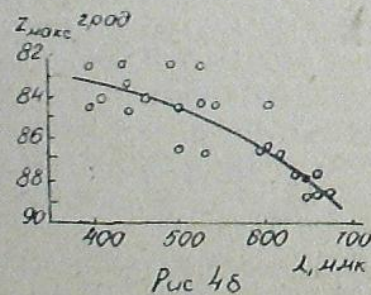
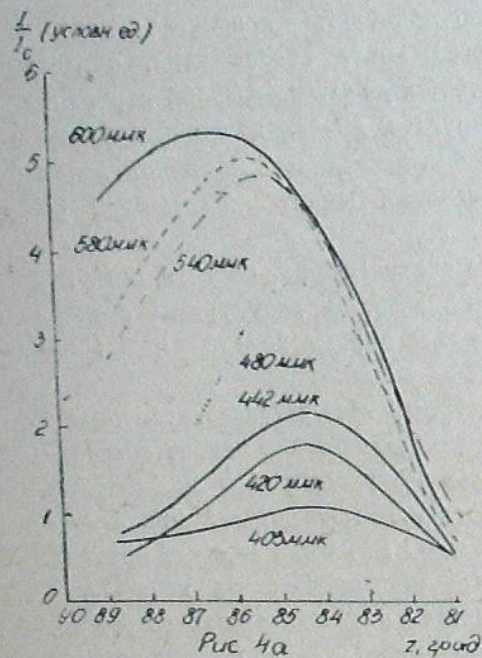
По мере увеличения зенитного расстояния Солнца, окраска неба над Солнцем становится насыщеннее, иногда появляется „пурпурный свет“ — розовое, быстро расплывающееся пятно на высоте $20-25^\circ$ над горизонтом.

К концу гражданских сумерек пурпурный свет затухает, разноцветный сегмент зари постепенно сокращается и бледнеет и к началу астрономических сумерек превращается в зеленовато-белесую узкую полосу [3].

Описанная картина часто наблюдается в ясную погоду; при замутненной атмосфере цвета зари более блеклые, а иногда зоревые явления одновременно развиваются по разному в различных участках неба [7].

В ряде работ, особенно в исследованиях, опубликованных сотрудниками Абастуманской астрофизической обсерватории [8—10], было показано, что характер изменения яркости неба в зависимости от зенитного расстояния Солнца существенно различен для разных длин волн, что может быть причиной серьезных погрешностей при измерениях в широких участках спектра [10]. На рис. 2 представлены кривые, полученные Эшборном с тремя интерференционными светофильтрами $\gamma_{эфф} = 0,44; 0,52$ и $0,59$ мк, имевшими полуширину полосы пропускания 150 ангстрем, четвертый светофильтр $0,75$ мк имел полуширину $0,23$ мк [11].

Распределение яркости по небесному своду в сумерки очень неравномерное. Выделяется яркий участок неба — сравнительно небольшой зоревой сегмент у солнечного горизонта. Это определяется особенностями рассеяния света в условиях одностороннего освещения атмосферы Солнцем из-под горизонта. Рассчитанные Н. М. Штауде [12] (с учетом только первичного молекулярного рассеяния света при $Z = 90^\circ$) изофоты (рис. 3) указывают на такое яркое пятно на небе на небольшой высоте над горизонтом. По измерениям Халберта [13] размеры яркого сегмента быстро уменьшаются с ростом зенитного расстояния. Положение и яркость светлого пятна зависят от длины волны. Измерения А. Х. Дарчия [14] дают детальную картину распределения яркости в зоревом сегменте. На рис. 4 приводятся ее данные для момента, когда Солнце находится на



горизонте ($Z = 90^\circ$), но аналогичная картина имеет место и при погружении Солнца под горизонт (до $Z = 94^\circ$).

Измерения яркости сумеречного неба вдоль различных альмукантаратов показывают, что изменения яркости по азимуту происходят много медленнее, чем по вертикали.

На рис. 5 приводятся измерения О. Д. Бояровой [15], полученные путем визуального фотометрирования без светофильтров.

2. Распределение спектральной яркости по сумеречному небу. Яркость любого участка неба во время сумерек меняется очень быстро при изменении зенитного расстояния Солнца. Поэтому основной фотометрической характеристикой сумеречного неба следует считать т. н. „сумеречные кривые“, т. е. кривые на рис. 2. Как указывалось в 1-ой части, вид сумеречных кривых зависит от длины волны, изменяется он в течение года, а также от утренних сумерек к вечерним. В связи с этим для характеристики распределения спектральной яркости по сумеречному небу ниже будут приведены в систематизированном виде наиболее типичные и надежные сумеречные кривые, измеренные в разных точках неба, для разных длин волн, отдельно для разных сезонов, для утра и вечера. Полнота приводимых данных ограничивается наличием опубликованных исследований и неопубликованных измерений Абастуманской астрофизической обсерватории.

2.1. Сумеречные кривые, измеренные в зените для разных длин волн. В табл. 1 приведены сумеречные кривые (в от-

Таблица 1

| Зенитное расстояние Солнца Z_\odot | Без фильтра | | Синий | Красный |
|--------------------------------------------|-------------|-----------|-----------------------|--------------|
| | 1947, Май | 1948, Май | 1948, Ап- рель—Май | 1948, Апрель |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 90° 0 | 2.024 | 2.162 | 1.390 | 0.867 |
| 5 | 1.905 | 2.050 | 1.289 | 0.757 |
| 91.0 | 1.768 | 1.916 | 1.155 | 0.632 |
| 5 | 1.621 | 1.765 | 1.012 | 0.491 |
| 92.0 | 1.458 | 1.597 | 0.849 | 0.330 |
| 5 | 1.270 | 1.407 | 0.675 | 0.149 |
| 93.0 | 1.074 | 1.199 | 0.478 | 0.944 |
| 5 | 0.863 | 0.984 | 0.266 | 9.713 |
| 94.0 | 0.642 | 0.757 | 0.042 | 9.462 |
| 5 | 0.409 | 0.521 | 9.806 | 9.189 |
| 95.0 | 0.167 | 0.269 | 9.561 | 8.905 |
| 5 | 9.924 | 0.012 | 9.305 | 8.617 |
| 96.0 | 9.669 | 9.752 | 9.043 | 8.322 |
| 5 | 9.413 | 9.483 | 8.779 | 8.025 |
| 97.0 | 9.154 | 9.208 | 8.518 | 7.734 |
| 5 | 8.903 | 8.916 | 8.244 | 7.447 |
| 98.0 | 8.653 | 8.677 | 7.983 | 7.143 |
| 5 | 8.422 | 8.449 | 7.75 | |
| 99.0 | 8.195 | 8.241 | 7.513 | |
| 5 | 7.991 | 8.037 | | |
| 100.0 | 7.783 | 7.842 | | |
| 5 | 7.579 | 7.644 | | |
| 101.0 | 7.379 | 7.451 | | |
| 5 | 7.379 | 7.268 | | |
| 102.0 | | 7.077 | | |

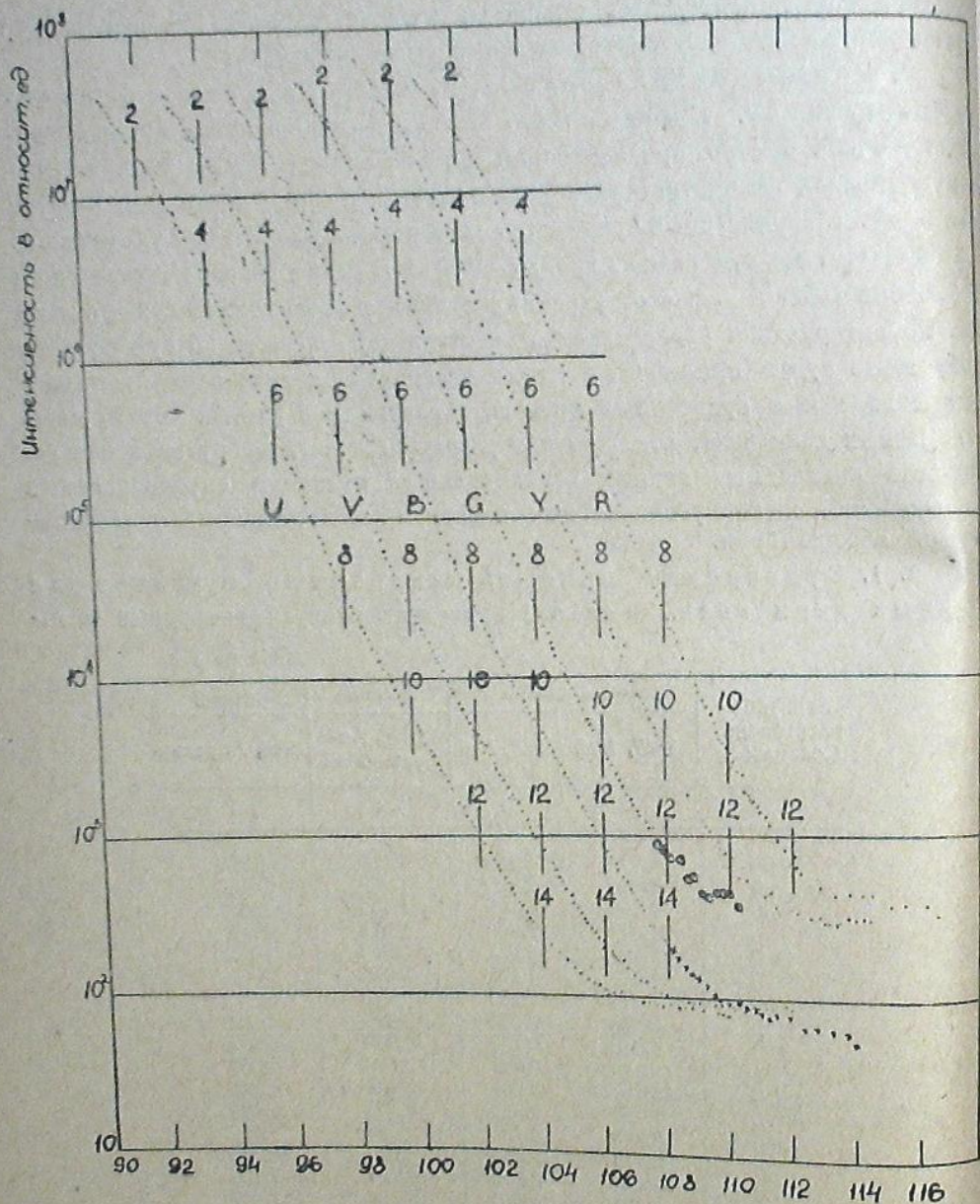


Рис. 6.

носительных единицах) по измерениям [16] для двух светофильтров: синем (центрирован на 0.435 мк) и красном (0.635 мк); для сравнения приводится сумеречная кривая без светофильтра. Эта последняя, с учетом спектральной чувствительности фотоумножителя (измерения проводились фотоэлектрическим методом), соответствует эффективной длине волны 0.46 мк.

Сравнение цифр в предпоследнем и последнем столбцах этой таблицы позволяет отчетливо выявить эффект посинения сумеречного неба (в зените) с увеличением зенитного расстояния Солнца в период гражданских сумерек. В самом деле, яркость неба в красном светофильтре убывает с зенитным расстоянием Солнца быстрее, чем в синем светофильтре; если при зенитном расстоянии Солнца $90-91.5^\circ$ отношение яркости $J_{\text{син}}/J_{\text{кр}} = 3.3$ (это следует из того, что $\lg J_{\text{син}} - \lg J_{\text{кр}} = 0.52$), то уже при зенитном расстоянии 94° отношение яркости увеличивается до 3.8, при зенитном расстоянии 96° — до 5.2, а при 98° — до 6.9.

Более полную и детальную картину спектральных зависимостей сумеречных кривых дают измерения Дейва и Раманатхана в Индии [17] в шести фильтрах (рис. 6) со следующими пропусками:

| | |
|---|------------------|
| U | 0.33 — 0.380 мк, |
| V | 0.364 — 0.405, |
| B | 0.435 — 0.480, |
| G | 0.553 — 0.575, |
| Y | 0.58 — 0.60, |
| R | 0.60 — 0.64. |

Интенсивности здесь даются в относительных единицах. Измерения проводились вечером. На рис. 6 приведены кривые, осредненные за 2—3 дня, а именно:

| | |
|---------------|---------------------------------------------------------|
| светофильтр U | — среднее за три дня (20—22 сентября 1951 г.) |
| " V | — " " " " (30 сентября 1951 г. и 1 и 22 ноября 1951 г.) |
| " B | — 1 день (23 октября 1951 г.) |
| " G | — среднее за 2 дня (23 и 28 сентября 1951 г.) |
| " Y | — " " 4 " (19—22 сентября 1951 г.) |
| " R | — " " 2 " (29 сентября и 1 ноября 1951 г.) |

До сих пор рассматривались измерения в видимой части спектра. Измерения в инфракрасной области проводились в Абастуманской обсерватории. В табл. 2 приведены среднemesячные значения для разных сезонов, отдельно для утренних и вечерних сумерек.

Для сравнения в табл. 3 приводятся аналогичные измерения, выполненные синхронно в Абастуманской обсерватории в голубой части спектра (0.533 мк).

Таблица 2

| Месяц | Август | | Сентябрь | | Октябрь | | Ноябрь | | Декабрь | | Февраль | | Март | | Июль | |
|-------|--------|------|----------|-------|---------|-------|--------|-------|---------|------|---------|-------|-------|------|-------|------|
| | вечер | | утро | | вечер | | утро | | вечер | | вечер | | утро | | вечер | |
| | вечер | утро | вечер | утро | вечер | утро | вечер | утро | вечер | утро | вечер | утро | вечер | утро | вечер | утро |
| 95° 0 | 2.75 | 2.41 | 1.96 | 2.06 | 1.72 | 2.23 | 2.37 | 1.83 | | | | | 2.14 | | 2.15 | 1.56 |
| 6 | 2.40 | 2.12 | 1.67 | 1.71 | 1.49 | 1.69 | 2.06 | 1.50 | | | | | 1.72 | | 1.80 | 1.56 |
| 96.0 | 2.13 | 1.95 | 1.46 | 1.50 | 1.34 | 1.83 | 1.86 | 1.30 | 2.74 | 1.45 | 1.55 | 1.30 | | | | |
| 6 | 1.73 | 1.72 | 1.19 | 1.28 | 1.12 | 1.07 | 1.66 | 0.91 | 2.22 | 1.12 | 1.18 | 0.96 | | | | |
| 97.0 | 1.53 | 1.56 | 1.01 | 1.09 | 0.92 | 0.93 | 1.51 | 0.67 | 1.90 | 0.88 | 0.98 | 0.78 | | | | |
| 6 | 1.26 | 1.39 | 0.81 | 0.90 | 0.71 | 0.72 | 1.33 | 0.38 | 1.53 | 0.60 | 0.71 | 0.56 | | | | |
| 98.0 | 1.09 | 1.22 | 0.65 | 0.72 | 0.53 | 0.50 | 1.20 | 0.23 | 1.26 | 0.37 | 0.52 | 0.36 | | | | |
| 6 | 0.87 | 1.05 | 0.54 | 0.50 | 0.34 | 0.27 | 1.00 | 0.03 | 0.95 | 0.11 | 0.33 | 0.14 | | | | |
| 99.0 | 0.71 | 0.92 | 0.30 | 0.30 | 0.18 | 0.10 | 0.88 | -0.10 | 0.72 | 0.05 | 0.23 | 0.00 | | | | |
| 6 | 0.50 | 0.72 | 0.11 | 0.08 | -0.02 | -0.09 | 0.70 | -0.26 | 0.40 | 0.22 | 0.04 | -0.00 | | | | |
| 100.0 | 0.33 | 0.58 | -0.04 | -0.08 | 0.11 | 0.16 | 0.58 | 0.36 | 0.14 | 0.32 | -0.08 | 0.28 | | | | |
| 6 | 0.12 | 0.42 | 0.04 | 0.26 | 0.25 | 0.28 | 0.46 | 0.47 | -0.10 | 0.42 | 0.32 | 0.40 | | | | |
| 101.0 | 0.07 | 0.26 | 0.37 | 0.40 | 0.38 | 0.34 | 0.35 | 0.52 | 0.28 | | 0.49 | 0.50 | | | | |
| 6 | 0.22 | 0.02 | 0.54 | 0.52 | 0.42 | 0.40 | 0.22 | | 0.48 | | 0.68 | | | | | |
| 102.0 | 0.30 | 0.14 | | 0.61 | | | 0.13 | | 0.60 | | 0.70 | | | | | |
| 6 | 0.38 | | | | | | 0.03 | | | | | | | | | |

Таблица 3

| Месяц | Август | | Сентябрь | | Октябрь | | Ноябрь | | Декабрь | | Февраль | | Март | | |
|-------|--------|------|----------|------|---------|------|--------|------|---------|------|---------|------|-------|------|--|
| | вечер | | утро | | вечер | | утро | | вечер | | вечер | | утро | | |
| | вечер | утро | вечер | утро | вечер | утро | вечер | утро | вечер | утро | вечер | утро | вечер | утро | |
| 95° 0 | 3.90 | 4.12 | 3.82 | 3.88 | 3.14 | 3.81 | 3.92 | 3.97 | | | | | | 4.01 | |
| 6 | 3.60 | 3.77 | 3.55 | 3.56 | 2.89 | 3.48 | 3.60 | 3.63 | | | | | | 3.60 | |
| 96.0 | 3.39 | 3.57 | 3.29 | 3.32 | 2.68 | 3.23 | 3.36 | 3.40 | | | | | | 3.32 | |
| 6 | 3.08 | 3.38 | 3.00 | 3.05 | 2.40 | 2.86 | 3.66 | 3.04 | 3.93 | 3.23 | | | | | |
| 97.0 | 2.87 | 3.08 | 2.79 | 2.83 | 2.18 | 2.56 | 2.92 | 2.72 | 3.51 | 2.73 | | | | | |
| 6 | 2.57 | 2.70 | 2.50 | 2.57 | 1.95 | 2.26 | 2.66 | 2.38 | 3.08 | 2.42 | | | | | |
| 98.0 | 2.35 | 2.58 | 2.29 | 2.37 | 1.70 | 2.07 | 2.51 | 2.10 | 2.78 | 2.20 | | | | | |
| 6 | 2.07 | 2.27 | 2.00 | 2.11 | 1.40 | 1.82 | 2.17 | 1.83 | 2.30 | 1.92 | | | | | |
| 99.0 | 1.89 | 2.16 | 1.80 | 1.90 | 1.19 | 1.65 | 1.95 | 1.63 | 2.00 | 1.73 | | | | | |
| 6 | 1.61 | 1.83 | 1.55 | 1.66 | 0.96 | 1.36 | 1.66 | 1.40 | 1.70 | 1.50 | | | | | |
| 100.0 | 1.42 | 1.63 | 1.38 | 1.46 | 0.86 | 1.16 | 1.45 | 1.22 | 1.47 | 1.34 | | | | | |
| 6 | 1.16 | 1.38 | 1.18 | 1.25 | 0.73 | 1.00 | 1.28 | 1.00 | 1.22 | 1.14 | | | | | |
| 101.0 | 0.99 | 1.21 | 1.03 | 1.05 | 0.61 | 0.88 | 0.96 | 0.86 | 1.06 | 1.00 | | | | | |
| 6 | 0.80 | 1.00 | 0.85 | 0.86 | 0.51 | 0.73 | 0.82 | 0.71 | 0.84 | 0.82 | | | | | |
| 102.0 | 0.69 | 0.87 | 0.72 | 0.76 | 0.45 | 0.66 | 0.71 | 0.57 | 0.60 | 0.75 | | | | | |
| 6 | 0.70 | | | | 0.36 | | 0.56 | 0.45 | 0.38 | 0.64 | | | | | |
| 103.0 | | | | | | | 0.42 | 0.34 | | 0.20 | | | | | |

2.2. Распределение спектральной яркости неба в вертикале Солнца. В табл. 4 приведены значения яркости неба, измеренные в 1947 г. в Швеции [16] в разных точках вертикала Солнца для длины волны 0.635 мк; измерения проводились фотоэлектрическим методом. В этой таблице отдельные строчки относятся к разным зенитным расстояниям Солнца, а столбцы — к разным значениям зенитного расстояния той точки неба, в которой проводились измерения. Данные приведены

в относительных единицах (всюду за единицу принято значение яркости J , соответствующее зениту). Положительные Z соответствуют тем линиям визирования, которые направлены в сторону солнечного горизонта (вечером на запад), а отрицательные — в противоположную сторону (вечером на восток). В таблице приведены средние значения за год.

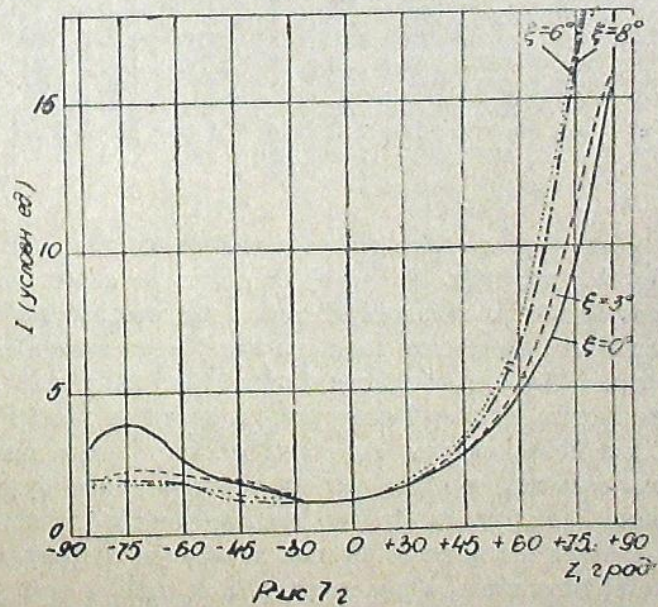
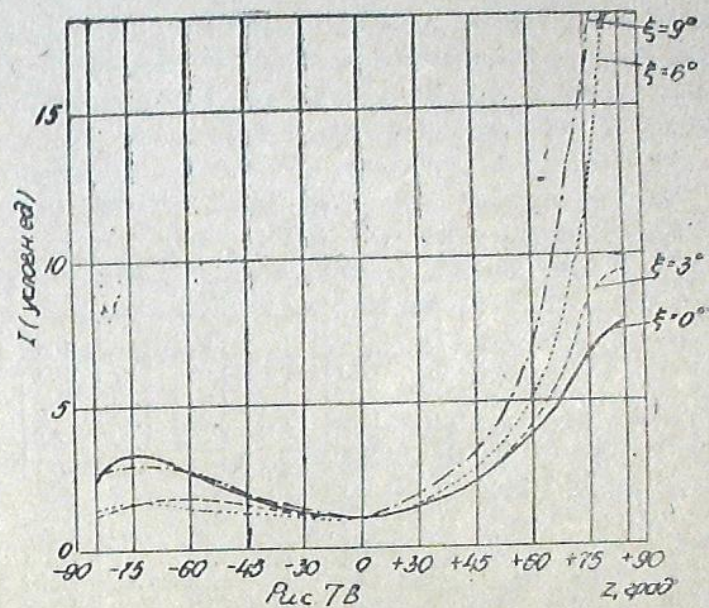
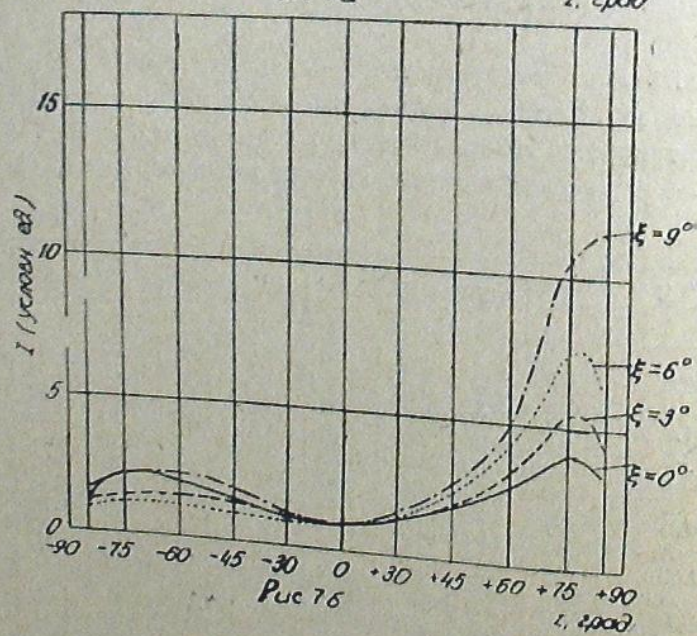
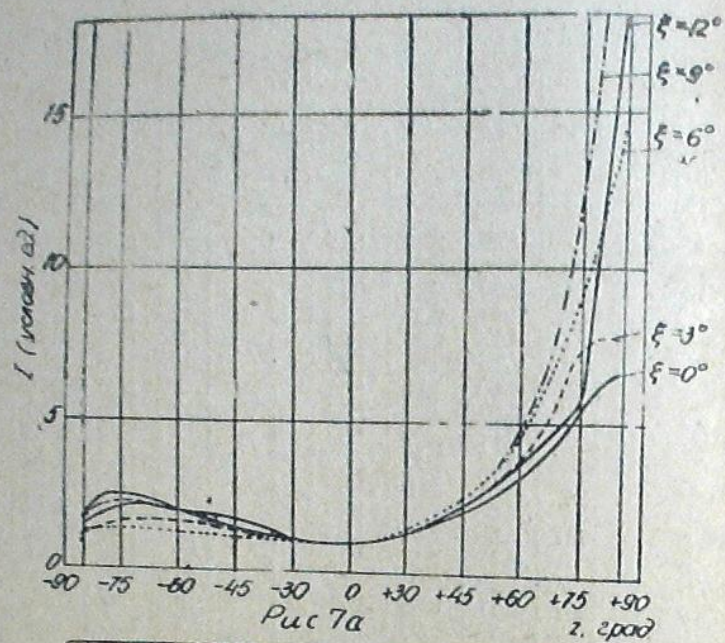
Таблица 4

| Вертикал Солнца; Z | | | | | | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|----|------|------|------|------|
| | +75° | +60° | +45° | +30° | 0° | -30° | -45° | -60° | -75° |
| 90° 0 | 8.79 | 4.26 | 2.39 | 1.47 | 1 | 1.29 | 1.76 | 2.63 | 4.02 |
| 5 | 8.21 | 3.95 | 2.84 | 1.46 | 1 | 1.25 | 1.75 | 2.54 | 3.77 |
| 91.0 | 8.21 | 3.89 | 2.26 | 1.44 | 1 | 1.32 | 1.78 | 2.45 | 3.53 |
| 5 | 8.28 | 3.97 | 2.28 | 1.46 | 1 | 1.31 | 1.78 | 2.47 | 3.43 |
| 92.0 | 8.81 | 4.23 | 2.33 | 1.50 | 1 | 1.33 | 1.76 | 2.46 | 3.10 |
| 5 | 9.46 | 4.39 | 2.38 | 1.49 | 1 | 1.28 | 1.68 | 2.33 | 2.63 |
| 93.0 | 10.2 | 4.60 | 2.45 | 1.51 | 1 | 1.22 | 1.55 | 2.15 | 2.31 |
| 5 | 11.7 | 5.07 | 2.65 | 1.54 | 1 | 1.17 | 1.50 | 1.95 | 2.06 |
| 94.0 | 13.4 | 5.87 | 3.02 | 1.68 | 1 | 1.17 | 1.44 | 1.83 | 1.79 |
| 5 | 16.4 | 6.17 | 3.17 | 1.64 | 1 | 1.19 | 1.43 | 1.76 | 1.62 |
| 95.0 | 16.4 | 6.07 | 3.05 | 1.60 | 1 | 1.26 | 1.45 | 1.76 | 1.67 |
| 5 | 15.7 | 6.03 | 3.01 | 1.63 | 1 | 1.32 | 1.46 | 1.79 | 1.74 |
| 96.0 | 16.0 | 6.33 | 3.04 | 1.66 | 1 | 1.31 | 1.45 | 1.82 | 1.81 |
| 5 | 16.5 | 6.44 | 3.13 | 1.72 | 1 | 1.32 | 1.46 | 1.91 | 1.92 |
| 97.0 | 15.7 | 6.29 | 3.05 | 1.72 | 1 | 1.26 | 1.36 | 1.89 | 1.97 |
| 5 | 15.5 | 6.11 | 2.93 | 1.71 | 1 | 1.19 | 1.27 | 1.88 | 2.01 |
| 98.0 | 14.5 | 5.78 | 2.76 | 1.60 | 1 | 1.11 | 1.15 | 1.84 | 2.03 |

В табл. 5 приведены аналогичные данные для более короткой длины волны: 0.528 мк. Можно заметить, что и для этой длины волны яркость неба концентрируется вблизи солнечного горизонта ($Z = 75^\circ$), но по сравнению с 0.635 мк распределение яркости вдоль вертикала Солнца более

Таблица 5

| Z | | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|----|------|------|------|------|
| | +75° | +60° | +45° | +30° | 0° | -30° | -45° | -60° | -75° |
| 90° 0 | 6.90 | 3.89 | 2.22 | 1.49 | 1 | 1.35 | 1.77 | 2.61 | 3.37 |
| 5 | 6.81 | 3.90 | 2.25 | 1.50 | 1 | 1.32 | 1.75 | 2.51 | 3.16 |
| 91.0 | 6.91 | 3.95 | 2.31 | 1.47 | 1 | 1.30 | 1.75 | 2.37 | 2.87 |
| 5 | 7.33 | 3.98 | 2.27 | 1.46 | 1 | 1.29 | 1.70 | 2.25 | 2.60 |
| 92.0 | 7.82 | 4.02 | 2.28 | 1.45 | 1 | 1.27 | 1.61 | 2.14 | 2.30 |
| 5 | 8.06 | 4.03 | 2.23 | 1.45 | 1 | 1.22 | 1.55 | 1.93 | 1.96 |
| 93.0 | 8.64 | 4.25 | 2.31 | 1.46 | 1 | 1.21 | 1.52 | 1.81 | 1.71 |
| 5 | 9.52 | 4.57 | 2.50 | 1.50 | 1 | 1.19 | 1.52 | 1.70 | 1.61 |
| 94.0 | 10.6 | 4.83 | 2.66 | 1.57 | 1 | 1.20 | 1.47 | 1.69 | 1.59 |
| 5 | 11.0 | 4.81 | 2.66 | 1.60 | 1 | 1.18 | 1.40 | 1.63 | 1.58 |
| 95.0 | 11.0 | 4.77 | 1.60 | 1.57 | 1 | 1.11 | 1.33 | 1.51 | 1.55 |
| 5 | 11.5 | 4.98 | 2.70 | 1.59 | 1 | 1.11 | 1.31 | 1.42 | 1.59 |
| 96.0 | 12.2 | 5.22 | 2.78 | 1.63 | 1 | 1.08 | 1.29 | 1.41 | 1.71 |
| 5 | 12.9 | 5.53 | 2.88 | 1.70 | 1 | 1.10 | 1.30 | 1.49 | 1.86 |
| 97.0 | 14.0 | 6.01 | 3.06 | 1.82 | 1 | 1.16 | 1.40 | 1.77 | 2.05 |
| 5 | 14.9 | 6.38 | 3.17 | 1.92 | 1 | 1.32 | 1.52 | 1.95 | 2.39 |
| 98.0 | 16.2 | 6.92 | 3.26 | 2.01 | 1 | 1.46 | 1.68 | 2.30 | 2.81 |
| 5 | 16.4 | 6.97 | 3.31 | 1.98 | 1 | 1.52 | 1.76 | 2.50 | 3.08 |
| 99.0 | 16.3 | 7.02 | 3.27 | 1.95 | 1 | 1.55 | 1.87 | 2.73 | 3.37 |



равномерное; например, для $Z_{\odot} = 94^{\circ}$ яркость в точке вертикала Z_{\odot} для 0.528 только в 10.6 раза превышает яркость в зените (J_{+75}/J_0), а для 0.635 это отношение равно 13.4. Но этот эффект имеет место до $Z_{\odot} = 96^{\circ}.5$, когда это отношение имеет значения 12.9 и, соответственно, 16.5. Для больших погружений Солнца под горизонт отношение J_{+75}/J_0 для 0.528 мк продолжается (для $Z_{\odot} = 98^{\circ}$ оно равно 16.2), а для 635 мк отношение уменьшается (до 14.5 для $Z_{\odot} = 98^{\circ}$). Впрочем, для еще больших Z_{\odot} и для 0.528 мк наблюдается явление роста рассматриваемого отношения с Z_{\odot} (сравни, напр., значения J_{+75} для $Z_{\odot} = 98^{\circ}.0$ и $98^{\circ}.5$ в табл. 5).

Таблица 6

| $Z_{\odot} \backslash Z$ | $+75^{\circ}$ | $+60^{\circ}$ | $+45^{\circ}$ | $+30^{\circ}$ | 0° | -30° | -45° | -60° | -75° |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 90 ^o .0 | 4.19 | 2.89 | 2.04 | 1.30 | 1 | 1.23 | 1.63 | 2.03 | 2.25 |
| .5 | 4.64 | 3.14 | 2.05 | 1.38 | 1 | 1.26 | 1.67 | 2.09 | 2.18 |
| 91.0 | 4.87 | 3.21 | 2.04 | 1.38 | 1 | 1.26 | 1.62 | 2.04 | 2.05 |
| .5 | 5.13 | 3.23 | 2.03 | 1.36 | 1 | 1.24 | 1.57 | 1.91 | 1.80 |
| 92.0 | 5.17 | 3.27 | 2.03 | 1.38 | 1 | 1.20 | 1.49 | 1.74 | 1.65 |
| .5 | 5.42 | 3.20 | 2.02 | 1.39 | 1 | 1.17 | 1.45 | 1.60 | 1.47 |
| 93.0 | 5.55 | 3.28 | 2.07 | 1.41 | 1 | 1.20 | 1.44 | 1.55 | 1.41 |
| .5 | 5.66 | 3.46 | 2.13 | 1.45 | 1 | 1.17 | 1.40 | 1.55 | 1.33 |
| 94.0 | 5.82 | 3.51 | 2.24 | 1.51 | 1 | 1.14 | 1.36 | 1.55 | 1.29 |
| .5 | 6.02 | 3.57 | 2.27 | 1.48 | 1 | 1.13 | 1.31 | 1.40 | 1.25 |
| 95.0 | 6.26 | 3.66 | 2.26 | 1.46 | 1 | 1.12 | 1.24 | 1.27 | 1.23 |
| .5 | 6.71 | 3.88 | 2.35 | 1.51 | 1 | 1.09 | 1.18 | 1.24 | 1.20 |
| 96.0 | 7.51 | 4.16 | 2.44 | 1.48 | 1 | 1.03 | 1.13 | 1.21 | 1.14 |
| .5 | 8.29 | 4.49 | 2.58 | 1.58 | 1 | 1.09 | 1.25 | 1.40 | 1.33 |
| 97.0 | 8.89 | 4.64 | 2.64 | 1.74 | 1 | 1.14 | 1.39 | 1.59 | 1.58 |
| .5 | 9.51 | 4.87 | 2.73 | 1.77 | 1 | 1.23 | 1.58 | 1.80 | 1.79 |
| 98.0 | 10.3 | 5.04 | 2.82 | 1.58 | 1 | 1.31 | 1.76 | 2.04 | 1.97 |
| .5 | 10.5 | 4.99 | 2.76 | 1.83 | 1 | 1.34 | 1.87 | 2.18 | 2.06 |
| 99.0 | 10.5 | 4.79 | 2.65 | 1.80 | 1 | 1.32 | 1.96 | 2.32 | 2.11 |

Если мы обратимся к аналогичным измерениям для еще меньших длин волны (0.435 мк; табл. 6), то путем таких же сопоставлений видимого спектра: распределение яркости вдоль вертикала Солнца более равномерное ($J_{+75}/J_0 = 5.28$ для $Z_{\odot} = 94^{\circ}$ и 8.29 для $96^{\circ}.5$), но рост отношения прекращается (см. значения для $98^{\circ}.5$ и 99° в табл. 6). Это последнее связано со своеобразными изменениями спектрального состава свечения зоревое сегмента, как об этом будет подробнее сказано ниже (см. § 2. 3). Другие закономерности характерны для распределения яркости в вертикале Солнца по другую сторону зенита; об этом свидетельствуют цифры в последнем столбце табл. 4—6.

Наглядное представление об указанных особенностях распределения яркости вдоль вертикала Солнца дают графики на рис. 7. Эти кривые взяты из работы того же автора [16]. Они относятся к разным погружениям Солнца под горизонт (около каждой кривой указано значение Z_{\odot} от $+90^{\circ}$ до -90°). И здесь данные приведены в условных единицах (для зенита яр-

что $J=1$). Графики построены для тех же длин волн 0. 635 (рис. 7г), 0. 528 (рис. 7в) и 0.435 мк (рис. 7б), а также по измерениям без светофильтра (рис. 7а); для этого последнего случая с учетом спектральной чувствительности аппаратуры (принято $\lambda_{эфф} = 0.46$ мк).

До сих пор мы рассматривали распределение яркости по небу в вертикале Солнца в относительных единицах. Большой интерес представляют, конечно, абсолютные значения яркости сумеречного неба в разных его частях. Такие измерения выполнены в Астрофизическом институте Академии наук Казахской ССР (обсерватория Каменское плато близ Алматы) при помощи фотоэлектрического фотометра [18]. Измерения велись двумя интерференционными светофильтрами, центрированными на 0.371, 0. 576 мк (полуширина полос пропускания светофильтра 165 и, соответственно, 74 ангстрем). Результаты, полученные в апреле 1959 г. приведены в табл. 7 (для 0.371 мк) и в табл. 8 (для 0. 576). В таблицах значения даны в миллионных долях (см. множитель 10^{-6} в последнем столбце) в $\text{лг/см}^2 \text{ сек } \text{А кв. градус}$.

Таблица 7

| $Z_{\odot} \backslash Z$ | $+75^{\circ}$ | $+60^{\circ}$ | $+40^{\circ}$ | $+30^{\circ}$ | 0° | -30° | -40° | -60° | -75° | Множитель |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|
| 94 ^o | 22 | 16 | 11 | 8.3 | 6.1 | 6.6 | 7.2 | 7.6 | 6.2 | 10^{-6} |
| 95 | 8.4 | 6.5 | 4.0 | 3.1 | 2.1 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.4 | 10^{-6} |
| 96 | 38 | 25 | 15 | 11 | 7.3 | 7.9 | 8.5 | 9.3 | 8.8 | 10^{-7} |
| 97 | 15 | 9.0 | 5.0 | 3.9 | 2.5 | 2.7 | 2.9 | 3.5 | 3.5 | 10^{-7} |
| 98 | 51 | 32 | 16 | 14 | 8.8 | 9.9 | 11 | 14 | 14 | 10^{-8} |
| 99 | 18 | 11 | 6.1 | 5.0 | 3.3 | 3.9 | 4.5 | 6.2 | 5.5 | 10^{-8} |
| 100 | 6.1 | 3.9 | 2.5 | 2.0 | 1.4 | 1.7 | 1.9 | 2.4 | 2.1 | 10^{-9} |
| 101 | 22 | 16 | 10 | 8.5 | 6.0 | 6.9 | 8.1 | 9.7 | 8.7 | 10^{-9} |
| 102 | 8.5 | 6.6 | 4.4 | 3.7 | 2.7 | 3.1 | 3.5 | 4.2 | 3.7 | 10^{-9} |
| 103 | 3.7 | 2.9 | 1.9 | 1.7 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 1.6 | 10^{-9} |
| 104 | 17 | 14 | 9.9 | 8.9 | 6.1 | 7.0 | 7.6 | 7.9 | 7.5 | 10^{-10} |

Таблица 8

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| 93 ^o | 46 | 20 | 11 | 8.0 | 4.7 | 5.5 | 6.6 | 8.6 | 8.2 | 10^{-6} |
| 94 | 16 | 7.9 | 4.1 | 3.0 | 1.7 | 2.1 | 2.3 | 3.0 | 2.5 | 10^{-6} |
| 95 | 54 | 26 | 12 | 8.3 | 5.0 | 5.5 | 6.1 | 7.1 | 6.4 | 10^{-7} |
| 96 | 18 | 8.2 | 3.6 | 2.4 | 1.4 | 1.3 | 1.6 | 1.7 | 1.9 | 10^{-7} |
| 97 | 69 | 24 | 9.8 | 6.8 | 3.7 | 4.1 | 4.3 | 5.6 | 6.7 | 10^{-8} |
| 98 | 24 | 3.7 | 3.1 | 2.1 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 2.0 | 2.6 | 10^{-8} |
| 99 | 84 | 24 | 10 | 6.9 | 4.1 | 4.5 | 5.3 | 7.8 | 10 | 10^{-9} |
| 100 | 29 | 8.5 | 3.5 | 2.8 | 1.9 | 2.1 | 2.4 | 3.5 | 4.8 | 10^{-9} |
| 101 | 100 | 34 | 16 | 13 | 9.8 | 11 | 12 | 17 | 22 | 10^{-10} |
| 102 | 41 | 19 | 10 | 7.8 | 6.5 | 7.3 | 7.5 | 10 | 11 | 10^{-10} |
| 103 | 19 | 11 | 6.2 | 5.2 | 4.4 | 4.8 | 4.9 | 6.3 | 6.9 | 10^{-10} |
| 104 | 12 | 6.3 | 4.3 | 3.7 | 3.0 | 3.5 | 3.7 | 4.5 | 5.0 | 10^{-10} |

2. 3. Распределение яркости в зоревом сегменте. Выше уже упоминалось об особенностях спектрального состава свечения зоревое сегмента. Этот вопрос заслуживает всестороннего изучения тем более, что в сравнительно небольшом зоревом сегменте концентрируется яркость неба. Обширные исследования такого рода выполнила А. Х. Гарция [14]. Некоторые ее результаты приводились на рис. 4. Спектры

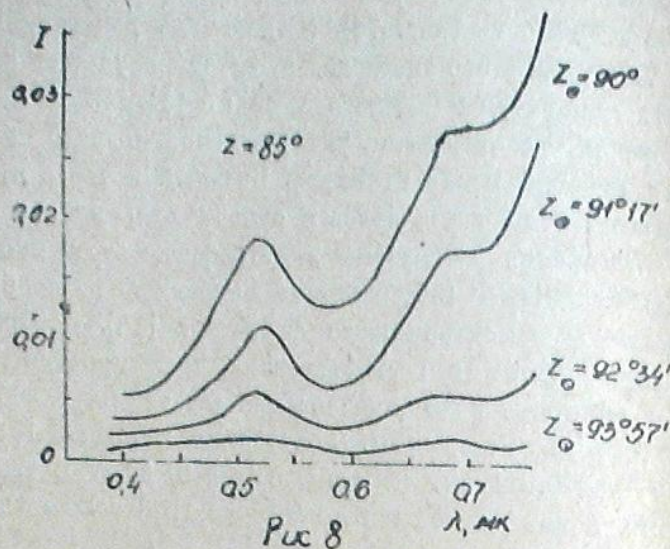


Рис 8

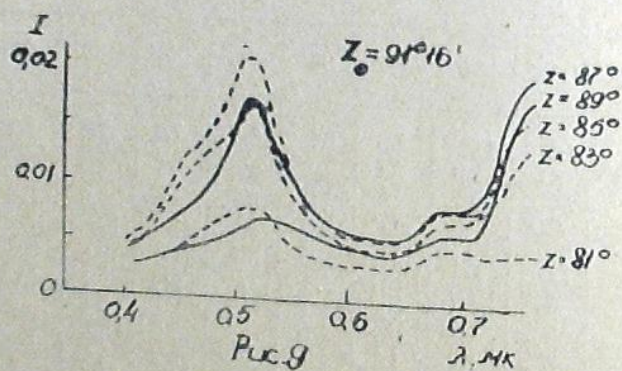


Рис 9

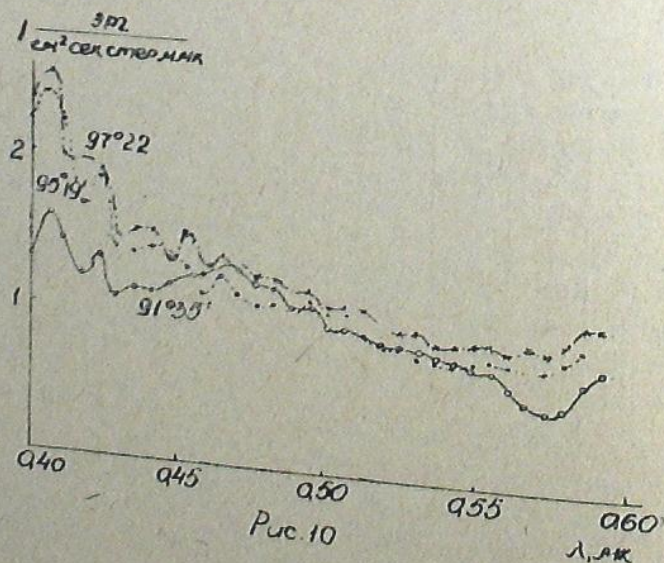


Рис 10

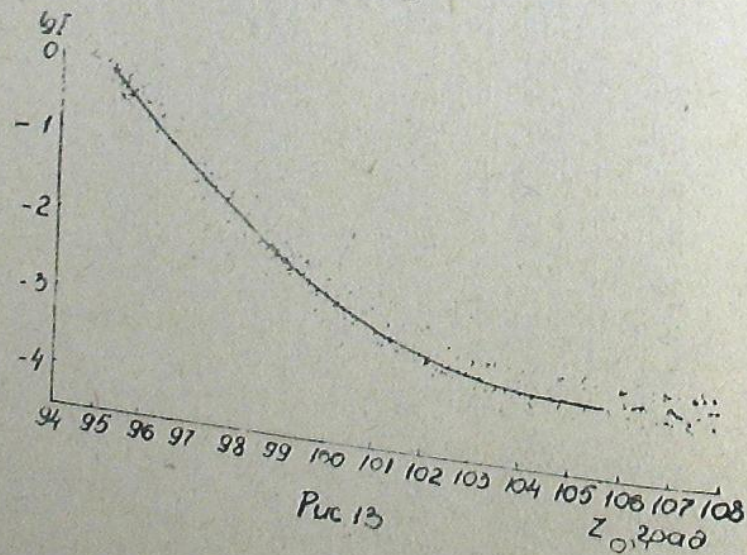
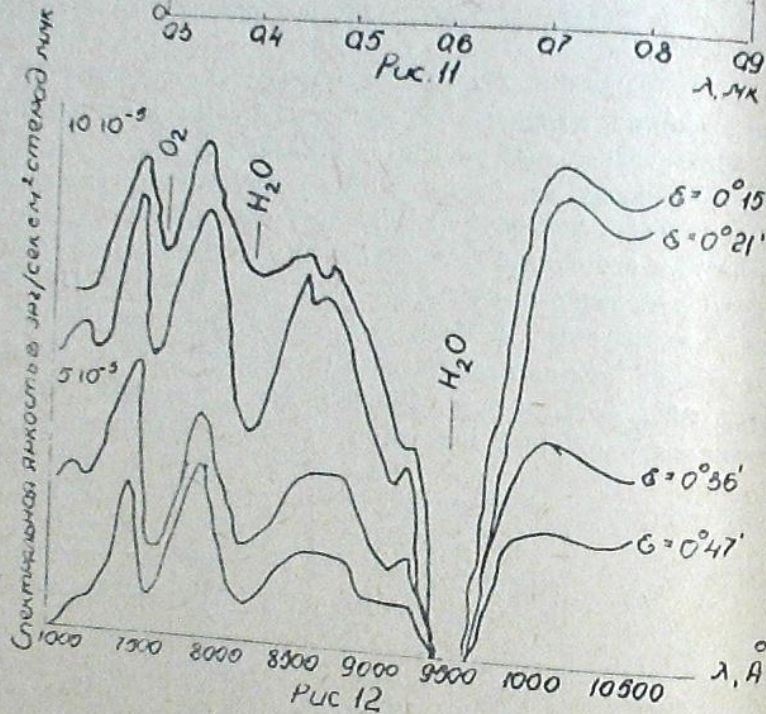
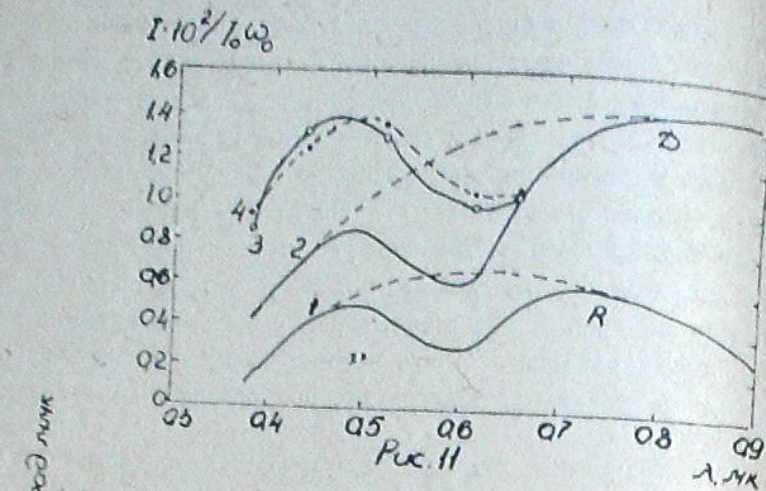
той части сумеречного неба обнаруживают крайнее разнообразие, что легко объяснимо, поскольку измерения ведутся вблизи горизонта, где весьма чувствительно сказываются даже незначительные изменения оптических характеристик атмосферы (экстинкции, аэрозольного рассеяния). На рис. 8 показаны примеры спектральных зависимостей яркости неба в единицах дневной освещенности) в зоревом сегменте для различных зенитных расстояний Солнца. На спектрах отчетливо выявляется полоса Шанпюи поглощения озоном между 0.5 и 0.7 мк, хотя она и меняется сильно ото дня ко дню. Но выбранная для измерений единица—дневная освещенность горизонтального белого экрана—нарушает спектральный ход кривых на рис. 8, поскольку спектр дневной освещенности сильно отличается от спектра Солнца.

На рис. 9 приведены примеры спектральных зависимостей яркости неба также в единицах дневной освещенности в зоревом сегменте для различных зенитных расстояний точки визирования Z для $Z_{\odot} = 91^{\circ}16'$ [14]. Сопоставление кривых на рис. 8 и 9 показывает, что полоса Шанпюи выступает тем яснее, чем ближе к горизонту снят спектр.

Поглощение света атмосферным озоном оказывает существенное влияние на цвет сумеречного неба [20—22]. Гуди и Фольц [19] детально рассчитали спектральный ход яркости неба в вертикале Солнца в точке $Z = 70^{\circ}$ (с учетом только однократного рассеяния) при зенитном расстоянии Солнца 90° в области полос Шанпюи для чисто молекулярной атмосферы (кривая на рис. 11) и атмосферы, содержащей аэрозоль (кривая D).

Таблица 9

| Z_{\odot} | Без фильтра | | Синий | Красный |
|-------------|-------------|----------|-----------------|-------------|
| | 1947 Май | 1948 Май | 1948 Апрель—Май | 1948 Апрель |
| 90° 0 | 2.024 | 2.162 | 1.390 | 0.867 |
| .5 | 1.905 | 2.050 | 1.289 | 0.757 |
| 91.0 | 1.768 | 1.916 | 1.155 | 0.632 |
| .5 | 1.621 | 1.765 | 1.012 | 0.491 |
| 92.0 | 1.458 | 1.597 | 0.849 | 0.330 |
| .5 | 1.270 | 1.407 | 0.675 | 0.149 |
| 93.0 | 1.074 | 1.199 | 0.478 | 9.944 |
| .5 | 0.863 | 0.984 | 0.266 | 9.713 |
| 94.0 | 0.642 | 0.757 | 0.042 | 9.462 |
| .5 | 0.409 | 0.521 | 9.806 | 9.189 |
| 95.0 | 0.167 | 0.269 | 9.561 | 8.905 |
| .5 | 9.924 | 0.012 | 9.305 | 8.617 |
| 96.0 | 9.669 | 9.752 | 9.043 | 8.322 |
| .5 | 9.413 | 9.483 | 8.779 | 8.025 |
| 97.0 | 9.174 | 9.208 | 8.518 | 7.734 |
| .5 | 8.903 | 8.916 | 8.244 | 7.447 |
| 98.0 | 8.653 | 8.677 | 7.983 | 7.143 |
| .5 | 8.422 | 8.449 | 7.75 | |
| 99.0 | 8.195 | 8.241 | 7.513 | |
| .5 | 7.991 | 8.073 | | |
| 100.0 | 7.783 | 7.842 | | |
| .5 | 7.579 | 7.644 | | |
| 101.0 | 7.379 | 7.451 | | |
| .5 | 7.379 | 7.268 | | |
| 102.0 | | 7.077 | | |



На том же рисунке представлены результаты их измерений яркости с интерференционными светофильтрами для двух дней (кривые 3 и 4) при зенитном расстоянии Солнца 90° .

2. 4. Спектры сумеречного неба в зените. В работе [8] был применен светосильный спектрограф $f:1$ для получения ряда спектров в зените при разных зенитных расстояниях Солнца. Удалось установить характер изменений спектрального состава рассеянного света сумеречного неба в зависимости от зенитного расстояния Солнца (эти кривые будут рассмотрены в § 2. 6, см. рис. 14). Большой интерес представляют измерения в абсолютных единицах И. М. Михайлина, Г. В. Розенберга и сотр. [3], результаты которых показаны на рис. 10 (кривая 1 относится к $91^\circ 35'$, кривая 2 — к $95^\circ 19'$, а кривая 3 — к $97^\circ 22'$) числа на оси ординат нужно умножить на 10^{-5} (кривая 1), или 10^{-7} (кривая 2), или 10^{-8} (кривая 3). В монографии [3] можно найти кривые, подобные показанным на рис. 10, но измеренные в единицах яркости Солнца.

Наблюдения спектров сумеречного неба [23] в области $0.55-0.66$ мк (со светосильным спектрографом СП-48) проводились в 1961 г. в Якутске.

Таблица 10

| Z_\odot | Без свето- фильтра | 0.435 мк | 0.528 | 0.635 |
|-----------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Июль—Ав- густ | Июль—Ав- густ | Июль—Ав- густ | Июль—Ав- густ |
| 90° 0 | 2.177 | 1.357 | 1.240 | 0.830 |
| .5 | 2.071 | 1.236 | 1.129 | 0.795 |
| 91.0 | 1.948 | 1.103 | 1.001 | 0.696 |
| .5 | 1.807 | 0.966 | 0.860 | 0.576 |
| 92.0 | 1.652 | 0.809 | 0.706 | 0.438 |
| .5 | 1.471 | 0.636 | 0.533 | 0.286 |
| 93.0 | 1.268 | 0.438 | 0.332 | 0.109 |
| .5 | 1.038 | 0.226 | 0.100 | 9.892 |
| 94.0 | 0.806 | 9.992 | 9.847 | 9.639 |
| .5 | 0.566 | 9.749 | 9.589 | 9.365 |
| 95.0 | 0.307 | 9.492 | 9.332 | 9.077 |
| .5 | 0.046 | 9.241 | 9.064 | 8.791 |
| 96.0 | 9.780 | 8.981 | 8.790 | 8.507 |
| .5 | 9.511 | 8.715 | 8.519 | 8.221 |
| 97.0 | 9.248 | 8.457 | 8.245 | 7.956 |
| .5 | 8.994 | 8.191 | 7.977 | 7.698 |
| 98.0 | 8.746 | 7.429 | 7.712 | 7.445 |
| .5 | 8.512 | 7.697 | 7.469 | |
| 99.0 | 8.303 | 7.472 | 7.229 | |
| .5 | 8.105 | | | |
| 100.0 | 7.901 | | | |
| .5 | 7.703 | | | |
| 101.0 | 7.511 | | | |
| .5 | 7.321 | | | |
| 102.0 | 7.131 | | | |

На рис. 12 воспроизводятся инфракрасные спектры сумеречного неба, измеренные летом 1963 г. в Пулково в абсолютных единицах [24]. Светосила монохроматора $f: 9$, дисперсия 22 ангстрем на мм. На кривых распределения энергии отмечены наиболее сильные полосы поглощения O_2 ,

и H_2O . Кривые измерены при разных погружениях Солнца под горизонт $Z_{\odot} = 90^\circ$.

2. 5. Распределение спектральной яркости по сумеречному небу в разные сезоны. Установлено, что имеются сезонные изменения закономерностей, характеризующих спектральный состав сумеречного неба в разных его точках. В табл. 9 и 10 представлены измерения, выполненные [16] в 1947—1948 гг. весной (апрель — табл. 9) и в конце лета (июль — август, табл. 10) с разными светочувствительными фильтрами, центрированными на 0.435 мк (синий), 0.528 мк (зеленый) и 0.635 мк (красный). Измерения проводились в зените; результаты указаны в относительных единицах (в таблицах приведены значения логарифмов яркости).

Таблица 11

| $Z_{\odot} \backslash Z$ | +75° | +60° | +45° | +30° | 0° | -30° | -45° | -60° | -75° |
|--------------------------|------|------|------|------|----|------|------|------|------|
| 90° 0 | 6.73 | 3.72 | 2.25 | 1.50 | 1 | 1.40 | 1.79 | 2.55 | 3.32 |
| .5 | 6.61 | 3.69 | 2.24 | 1.47 | 1 | 1.30 | 1.76 | 2.43 | 3.13 |
| 91.0 | 7.12 | 3.78 | 2.23 | 1.47 | 1 | 1.28 | 1.76 | 2.36 | 2.95 |
| .5 | 7.33 | 3.82 | 2.23 | 1.44 | 1 | 1.26 | 1.66 | 2.18 | 2.68 |
| 92.0 | 7.48 | 3.92 | 2.23 | 1.43 | 1 | 1.25 | 1.59 | 2.02 | 2.34 |
| .5 | 7.34 | 3.86 | 2.15 | 1.38 | 1 | 1.26 | 1.56 | 1.90 | 2.01 |
| 93.0 | 7.26 | 7.55 | 2.04 | 1.34 | 1 | 1.14 | 1.43 | 1.63 | 1.73 |
| .5 | 6.99 | 3.20 | 1.92 | 1.31 | 1 | 1.08 | 1.31 | 1.54 | 1.46 |
| 94.0 | 8.18 | 3.96 | 2.03 | 1.34 | 1 | 1.11 | 1.48 | 1.68 | 1.45 |

Таблица 12

| $Z_{\odot} \backslash Z$ | +75° | +60° | +45° | +30° | 0° | -30° | -45° | -60° | -75° |
|--------------------------|------|------|------|------|----|------|------|------|------|
| 90° 0 | 9.65 | 4.94 | 2.72 | 1.59 | 1 | 1.45 | 1.89 | 2.69 | 4.17 |
| .5 | 9.37 | 4.64 | 2.67 | 1.60 | 1 | 1.39 | 1.84 | 2.66 | 3.91 |
| 91.0 | 9.30 | 4.55 | 2.65 | 1.59 | 1 | 1.33 | 1.81 | 2.59 | 3.63 |
| .5 | 9.18 | 4.45 | 2.60 | 1.54 | 1 | 1.23 | 1.73 | 2.46 | 3.28 |
| 92.0 | 8.89 | 4.22 | 2.45 | 1.49 | 1 | 1.21 | 1.64 | 2.20 | 2.54 |
| .5 | 8.64 | 3.95 | 2.28 | 1.40 | 1 | 1.19 | 1.54 | 1.91 | 1.25 |
| 93.0 | 8.50 | 3.63 | 2.11 | 1.38 | 1 | 1.23 | 1.45 | 1.70 | 1.94 |
| .5 | 7.42 | 3.39 | 1.87 | 1.24 | 1 | 1.23 | 1.39 | 1.54 | 1.63 |
| 94.0 | 8.27 | 3.70 | 1.98 | 1.33 | 1 | 1.18 | 1.20 | 1.32 | 1.42 |

В § 2. 2 в табл. 4—6 приводились данные [16] для распределения яркости по вертикалу Солнца в среднем за год. В той же работе приведены подобные же данные, но для отдельных месяцев: для Декабря — Января (0. 528 мк, табл. 11; 0.635 мк, табл. 12) и для Апреля — Мая (0.435 мк, табл. 13; 0.635 мк, табл. 14). Сравнение табл. 11—14 между собой и с табл. 4—6 позволяет установить существование заметных сезонных вариаций распределения яркости.

Обширный материал, позволяющий составить суждение о некоторых закономерностях сезонных вариаций, получен в Абастуманской астрофизической обсерватории. Этот материал охватывает разные участки видимого спектра и инфракрасный спектр. В табл. 2 (см. § 2. 1) приведены измерения

в инфракрасной области; указаны среднемесячные значения логарифмов яркости в относительных единицах. Наблюдения проводились фотозлектрическим фотометром через светофильтр, центрированный на 0.94 мк; полоса пропускания светофильтра имела ширину 0.14 мк.

Таблица 13

| $Z_{\odot} \backslash Z$ | +75° | +60° | +45° | +30° | 0° | -30° | -45° | -60° | -75° |
|--------------------------|------|------|------|------|----|------|------|------|------|
| 90° 0 | 4.78 | 3.18 | 2.12 | 1.43 | 1 | 1.26 | 1.69 | 2.38 | 2.50 |
| .5 | 4.89 | 3.15 | 2.03 | 1.42 | 1 | 1.24 | 1.67 | 2.35 | 2.32 |
| 91.0 | 5.01 | 3.16 | 2.09 | 1.43 | 1 | 1.26 | 1.66 | 2.24 | 2.22 |
| .5 | 5.19 | 3.30 | 2.08 | 1.43 | 1 | 1.28 | 1.52 | 2.53 | 2.04 |
| 92.0 | 5.29 | 3.28 | 2.09 | 1.43 | 1 | 1.27 | 1.58 | 1.96 | 1.81 |
| .5 | 5.30 | 3.11 | 2.03 | 1.42 | 1 | 1.21 | 1.57 | 1.78 | 1.70 |
| 93.0 | 5.28 | 3.28 | 2.11 | 1.43 | 1 | 1.18 | 1.50 | 1.70 | 1.41 |
| .5 | 5.34 | 3.33 | 2.11 | 1.44 | 1 | 1.14 | 1.43 | 1.59 | 1.32 |
| 94.0 | 5.58 | 3.40 | 2.19 | 1.49 | 7 | 1.11 | 1.37 | 1.50 | 1.26 |
| .5 | 5.89 | 3.53 | 2.27 | 1.50 | 1 | 1.09 | 1.33 | 1.43 | 1.21 |
| 95.0 | 6.41 | 3.70 | 2.32 | 1.53 | 1 | 1.07 | 1.28 | 1.37 | 1.22 |
| .5 | 7.03 | 3.92 | 2.42 | 1.55 | 1 | 1.05 | 1.24 | 1.36 | 1.31 |
| 96.0 | 7.89 | 4.24 | 2.51 | 1.61 | 1 | 1.03 | 1.25 | 1.36 | 1.43 |
| .5 | 8.67 | 4.49 | 2.57 | 1.63 | 1 | 1.02 | 1.21 | 1.35 | 1.52 |
| 97.0 | 9.72 | 4.71 | 2.67 | 1.71 | 1 | 1.04 | 1.31 | 1.53 | 1.68 |
| .5 | 11.0 | 5.03 | 2.83 | 1.82 | 1 | 1.12 | 1.50 | 1.77 | 1.89 |
| 98.0 | 12.5 | 6.40 | 2.93 | 1.93 | 1 | 1.25 | 1.74 | 1.99 | 2.10 |
| .5 | 12.9 | 5.23 | 2.86 | 1.90 | 1 | 1.26 | 1.83 | 2.08 | 2.13 |
| 99.0 | 13.5 | 5.15 | 2.75 | 1.86 | 1 | 1.27 | 1.94 | 2.17 | 2.17 |

Одновременно проводились измерения в видимой области спектра. В табл. 15 приведены такие же данные для 0.64 мк (ширина полосы пропускания светофильтра составляла 0.11 мк), а в табл. 3 (см. § 2.1) — для 0.533 мк (полоса пропускания 0.12 мк).

Анализ сезонных вариаций и причин, их вызывающих, — это сложный и недостаточно изученный вопрос, если говорить о количественной теории соответствующих процессов. Но можно указать четыре основные группы процессов.

1. Сезонные изменения строения атмосферы (вертикальное распределение температуры, плотности и т. д.), сопровождаемые соответствующими изменениями ее оптических характеристик.

2. Сезонные изменения замутненности атмосферы, в том числе ее высоких слоев, что сильно сказывается на рассеивающей способности различных слоев, а поэтому и на яркости и спектральном составе фона сумеречного неба.

3. Сезонные изменения содержания озона.

4. Светимость высоких слоев атмосферы зависит, в числе других факторов, от степени диссоциации, ионизации разрых составляющих атмосферных (особенно — кислорода) и скорости многих химических (фотохимических) реакций, изменяющихся в течение года вследствие сезонных изменений зенитного расстояния Солнца и по другим причинам.

Обширный материал сумеречных наблюдений (около 100 случаев) собран за последнее время на обсерватории Влю Хилл вблизи Востона

(США). Измерялась яркость неба в вертикале Солнца на высоте 200 м над горизонтом. Применялись пять светофильтров в области 0.38 — 0.64 мк. Установлено, что в зависимости от сезона изменяются абсолютные значения яркости, градиент и цвет. По мнению автора [28], сезонные вариации частично обусловлены изменениями содержания озона. В [28] сообщается, что по измеренным значениям яркости сумеречного неба в зеленом, оранжевом и красном светофильтрах „с удивительной точностью можно вычислить изменения содержания озона. Однако основной причиной сезонных изменений сумерек являются, согласно [28], вариации рассеяния света аэрозольными частицами на высотах 10 — 30 км. Вертикальное распределение концентрации аэрозолей, полученное из сумеречных наблюдений осенью и зимой, находится в хорошем согласии с данными, полученными из непосредственных измерений распределения аэрозолей при помощи лидара, поднимаемого на стратостате, и из оптических измерений в кетях.

Таблица 14

| Z | +75° | +60° | +45° | +30° | 0° | -30° | -45° | -60° | -75° |
|-------|------|------|------|------|----|------|------|------|------|
| 90° 0 | 11.9 | 5.19 | 2.52 | 1.62 | 1 | 1.29 | 1.73 | 2.72 | 3.90 |
| .5 | 11.4 | 5.01 | 2.43 | 1.54 | 1 | 1.27 | 1.70 | 2.63 | 3.68 |
| 91.0 | 11.3 | 4.92 | 2.56 | 1.55 | 1 | 1.28 | 1.70 | 2.59 | 3.54 |
| .5 | 11.6 | 5.06 | 2.61 | 1.55 | 1 | 1.36 | 1.73 | 2.54 | 3.43 |
| 92.0 | 11.1 | 4.87 | 2.54 | 1.55 | 1 | 1.23 | 1.69 | 2.36 | 2.74 |
| .5 | 11.0 | 4.91 | 2.51 | 1.55 | 1 | 1.26 | 1.62 | 2.30 | 2.55 |
| 93.0 | 11.1 | 4.98 | 2.53 | 1.52 | 1 | 1.26 | 1.56 | 2.02 | 2.12 |
| .5 | 11.2 | 4.96 | 2.60 | 1.53 | 1 | 1.24 | 1.51 | 1.87 | 1.88 |
| 94.0 | 11.3 | 4.89 | 2.60 | 1.55 | 1 | 1.21 | 1.45 | 1.70 | 1.64 |
| .5 | 11.6 | 4.96 | 2.63 | 1.58 | 1 | 1.19 | 1.38 | 1.56 | 1.44 |
| 95.0 | 12.6 | 5.27 | 2.73 | 1.60 | 1 | 1.17 | 1.35 | 1.51 | 1.33 |
| .5 | 13.8 | 5.65 | 2.85 | 1.59 | 1 | 1.13 | 1.32 | 1.44 | 1.31 |
| 96.0 | 15.4 | 6.27 | 3.03 | 1.72 | 1 | 1.09 | 1.24 | 1.41 | 1.48 |
| .5 | 18.0 | 6.80 | 3.13 | 1.77 | 1 | 1.03 | 1.15 | 1.39 | 1.60 |
| 97.0 | 23.0 | 7.76 | 3.25 | 1.81 | 1 | 1.07 | 1.15 | 1.42 | 1.72 |
| .5 | 23.1 | 8.56 | 3.38 | 1.86 | 1 | 1.11 | 1.19 | 1.58 | 2.14 |
| 98.0 | 26.5 | 9.35 | 3.43 | 1.89 | 1 | 1.17 | 1.23 | 1.67 | 2.86 |

Указанные изменения происходят в зависимости не только от времени года, но и от фазы цикла солнечной активности и от времени суток. Влияние солнечной активности на спектральную яркость сумеречного неба почти не изучено (если не касаться интенсивности отдельных линий в спектре сумеречного свечения атмосферы; этот тип свечения подробно рассмотрен в третьей части настоящего обзора). Зависимость же от времени суток будет рассмотрена в следующем параграфе.

2. 6. Суточные изменения спектрофотометрических характеристик сумеречного неба. Сопоставление утренних и вечерних сумеречных кривых определенно указывает на заметные различия между ними, характер которых зависит, по-видимому, от рассматриваемого участка спектра, области неба и времени года. Типичная вечерняя сумеречная кривая (для 0.63 мк) показана

рис. 13; эта кривая построена по измерениям в Чехословакии [25], охватывающим 32 вечера. Если сравнить с этой сумеречной кривой вечерние измерения в Абастуманской обсерватории для 0.64 мк (табл. 15), то можно отметить хорошее согласие между этими данными. Однако, измерения Абастумани выполнялись в это же время и утром, что позволяет непосредственно проследить за изменениями от вечера к утру. Интересны в этом отношении и измерения, проводившиеся в Индии [26] с помощью интерференционных светофильтров, центрированных на длины волн 0.63 и 0.56 мк; результаты даны в абсолютных единицах (свеча/см² стерадиан). В табл. 16 приводятся усредненные значения для зенита за Ноябрь и Январь отдельно для вечера (39 наблюдений) и утра (37 наблюдений). Полученные данные подвергнуты анализу для выявления влияния многократного рассеяния.

Таблица 15

| Месяц | Август | | Сентябрь | | Октябрь | | Ноябрь | | Декабрь | | Февраль | | Март | | Июль | | Август | |
|-------|--------|------|----------|-------|---------|------|--------|-------|---------|------|---------|------|-------|------|-------|------|--------|--|
| | вечер | | утро | вечер | вечер | утро | вечер | вечер | вечер | утро | вечер | утро | вечер | утро | вечер | утро | вечер | |
| 95° 0 | 3.96 | 4.20 | 3.92 | 3.81 | 3.15 | 3.71 | 3.80 | 3.66 | | 3.74 | | 3.57 | 3.56 | 3.63 | | | | |
| .6 | 3.64 | 3.96 | 3.63 | 3.54 | 2.94 | 3.39 | 3.60 | 3.55 | | 3.31 | 3.55 | 3.25 | 3.32 | 3.32 | | | | |
| 96.0 | 3.42 | 3.78 | 3.43 | 3.33 | 2.75 | 3.06 | 3.45 | 3.05 | | 3.04 | 3.20 | 3.01 | 3.10 | 3.15 | | | | |
| .6 | 3.16 | 3.52 | 3.15 | 3.06 | 2.50 | 2.74 | 3.21 | 2.63 | 3.58 | 2.70 | 2.85 | 2.72 | 2.83 | 2.90 | | | | |
| 97.0 | 2.96 | 3.35 | 2.96 | 2.87 | 2.28 | 2.52 | 3.4 | 2.34 | 3.23 | 2.47 | 2.66 | 2.56 | 2.60 | 2.68 | | | | |
| .6 | 2.69 | 3.09 | 2.69 | 2.62 | 1.99 | 2.25 | 2.80 | 1.93 | 2.88 | 2.32 | 2.42 | 2.26 | 2.44 | 2.37 | | | | |
| 98.0 | 2.50 | 2.90 | 2.50 | 2.43 | 1.74 | 1.98 | 2.65 | 1.71 | 2.59 | 1.91 | 2.20 | 2.06 | 2.27 | 2.19 | | | | |
| .6 | 2.24 | 2.63 | 2.26 | 2.17 | 1.42 | 1.73 | 2.34 | 1.39 | 2.17 | 1.61 | 1.97 | 1.82 | 1.98 | 2.01 | | | | |
| 99.0 | 2.05 | 2.45 | 2.10 | 1.97 | 1.22 | 1.54 | 2.14 | 1.21 | 1.82 | 1.41 | 1.78 | 1.65 | 1.76 | 1.82 | | | | |
| .6 | 1.80 | 2.23 | 1.86 | 1.71 | 0.96 | 1.28 | 1.83 | 0.99 | 1.53 | 1.17 | 1.56 | 1.42 | 1.55 | 1.58 | | | | |
| 100.0 | 1.62 | 2.10 | 1.69 | 1.53 | 0.85 | 1.08 | 1.60 | 0.87 | 1.32 | 1.00 | 1.37 | 1.18 | 1.40 | 1.40 | | | | |
| .6 | 1.32 | 1.85 | 1.44 | 1.24 | 0.68 | 0.90 | 1.28 | 0.68 | 1.05 | 0.80 | 1.06 | 0.86 | 1.15 | 1.17 | | | | |
| 101.0 | 1.09 | 1.72 | 1.26 | 1.05 | 0.62 | 0.72 | 1.10 | 0.55 | 0.86 | 0.67 | 0.85 | 0.88 | 0.93 | 1.00 | | | | |
| .6 | 0.78 | 1.43 | 1.04 | 0.82 | 0.52 | 0.62 | 0.91 | 0.41 | 0.63 | 0.53 | 0.60 | 0.73 | 0.70 | 0.80 | | | | |
| 102.0 | 0.60 | 1.26 | 0.97 | 0.68 | 0.44 | 0.55 | 0.78 | 0.33 | 0.46 | 0.45 | 0.41 | 0.59 | 0.51 | | | | | |

В Чехословакии проводились систематические измерения утренних и вечерних сумеречных кривых в нескольких длинах волн [27]. В зеленой части спектра (0.58 мк) измерения в относительных единицах, усредненные за Август 1956 г., указаны в табл. 17 (Ломницкий Шит, 49° с. ш., 20° в. д.) и табл. 18 (Яворина, 48° с. ш., 19° в. д.). Одновременно (Август 1956 г.) в двух других пунктах Чехословакии наблюдения велись сразу в трех длинах волн: 0.56, 0.59 и 0.63 мк. Для Ситно (48° с. ш., 18° в. д.) результаты в относительных единицах указаны в табл. 19, а для Ондржейова (50° с. ш., 15° в. д.) — в табл. 20.

Нужно иметь в виду, что в рассматриваемом исследовании чехословацких астрономов [27], как и в некоторых других, указанных выше работах применялись интерференционные светофильтры, отличающиеся сравнительно узкими полосами пропускания.

Таблица 16

| Z | Утро | | Вечер | |
|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | 0.63 мк | 0.56 мк | 0.63 мк | 0.56 мк |
| Z _⊙ | | | | |
| 89° | — | — | 9.732×10^{-5} | — |
| 90 | 5.246×10^{-5} | — | 7.193×10^{-5} | — |
| 91 | 3.039×10^{-5} | 5.166×10^{-4} | 4.092×10^{-5} | — |
| 92 | 1.649×10^{-5} | 3.299×10^{-4} | 2.333×10^{-5} | 4.303×10^{-4} |
| 93 | 7.161×10^{-6} | 1.451×10^{-4} | 9.719×10^{-6} | 1.982×10^{-4} |
| 94 | 2.621×10^{-6} | 4.923×10^{-5} | 3.964×10^{-6} | 7.737×10^{-5} |
| 95 | 9.271×10^{-7} | 1.662×10^{-5} | 1.374×10^{-6} | 2.494×10^{-5} |
| 96 | 3.260×10^{-7} | 6.202×10^{-6} | 3.676×10^{-7} | 8.695×10^{-6} |
| 97 | 1.151×10^{-7} | 2.270×10^{-6} | 1.685×10^{-7} | 3.203×10^{-6} |
| 98 | 4.604×10^{-8} | 8.056×10^{-7} | 7.033×10^{-8} | 1.250×10^{-6} |
| 99 | 2.398×10^{-8} | 3.005×10^{-7} | 3.281×10^{-8} | 4.540×10^{-7} |
| 100 | 1.758×10^{-8} | 1.260×10^{-7} | 2.174×10^{-8} | 1.854×10^{-7} |
| 101 | — | 6.317×10^{-8} | 1.790×10^{-8} | 8.632×10^{-8} |
| 102 | — | 3.696×10^{-8} | — | 4.418×10^{-8} |
| 103 | — | 2.474×10^{-8} | — | 2.813×10^{-8} |
| 104 | — | 1.944×10^{-8} | — | 2.110×10^{-8} |
| 105 | — | 1.803×10^{-8} | — | 1.835×10^{-8} |
| 106 | — | 1.694×10^{-8} | — | 1.726×10^{-8} |
| 107 | — | 1.651×10^{-8} | — | 1.698×10^{-8} |
| 108 | — | 1.648×10^{-8} | — | — |

Таблица 17

| Z _⊙ | 1956 Август | |
|----------------|-------------|-------|
| | утро | вечер |
| 95° 0 | -1.03 | -0.92 |
| .6 | 1.34 | 1.31 |
| 96.0 | 1.51 | 1.54 |
| .6 | 1.87 | 1.86 |
| 97.0 | 2.07 | 2.10 |
| .6 | 2.40 | 2.43 |
| 98.0 | 2.60 | 2.63 |
| .6 | 2.87 | 2.88 |
| 99.0 | 3.04 | 3.05 |
| .6 | 3.26 | 3.28 |
| 100.0 | 3.36 | 3.44 |
| .6 | 3.56 | 3.61 |
| 101.0 | 3.70 | 3.75 |
| .6 | 3.92 | 3.98 |
| 102.0 | 4.04 | 4.12 |
| .6 | 4.25 | 4.32 |
| 103.0 | 4.38 | 4.41 |
| .6 | 4.52 | |

Таблица 18

| Z _⊙ | | |
|----------------|------|-------|
| | утро | вечер |
| 95° 0 | 1.06 | -1.23 |
| .6 | 1.33 | 1.59 |
| 96.0 | 1.55 | 1.81 |
| .6 | 1.87 | 2.14 |
| 97.0 | 2.09 | 2.36 |
| .6 | 2.43 | 2.70 |
| 98.0 | 2.64 | 2.87 |
| .6 | 2.92 | 3.18 |
| 99.0 | 3.10 | 3.36 |
| .6 | 3.34 | 3.60 |
| 100.0 | 3.47 | 3.73 |
| .6 | 3.70 | 3.96 |
| 101.0 | 3.82 | 4.11 |
| .6 | 4.01 | 4.28 |
| 102.0 | 4.12 | 4.37 |
| .6 | 4.26 | 4.51 |
| 103.0 | 4.38 | 4.57 |
| .6 | 4.56 | 4.69 |

Эти светофильтры центрированы на длины волн, отличающиеся тем, что здесь располагаются яркие линии излучения атмосферы: зеленая (0.557 мк) и красная (0.630 мк), линии атомарного кислорода и желтый дублет натрия (0.5893 мк). Интерпретация таких наблюдений должна делаться осторожно. Дело в том, что эти светофильтры пропускают достаточно много рассеянного света (фона) неба, чтобы измеренные интенсивности

жно было бы лишь приблизительно приписывать атомарной линии излучения. Для этого последнего более надежные результаты дают измерения, проводимые с помощью спектрографов (о них будет речь в третьей части обзора). Но приписывать измеренные интенсивности в основном рассеянному свету тоже рискованно, поскольку яркость линии может составлять заметную часть общей яркости.

Таблица 19

| Z _⊙ | 0.56 мк | | 0.59 мк | | 0.63 мк | |
|----------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | утро | вечер | утро | вечер | утро | вечер |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 95° 0 | +0.92 | +0.65 | +0.14 | +0.11 | +0.28 | +0.02 |
| .6 | 0.55 | 0.29 | -0.18 | 0.49 | -0.05 | -0.29 |
| 96.0 | 0.30 | 0.05 | 0.41 | 0.73 | 0.27 | 0.51 |
| .6 | -0.07 | -0.33 | -0.85 | +1.09 | -0.67 | -0.85 |
| 97.0 | 0.32 | 0.57 | 1.10 | 1.34 | 0.89 | 1.10 |
| .6 | 0.72 | 0.95 | 1.45 | 1.68 | 1.22 | 1.44 |
| 98.0 | 0.97 | 1.17 | 1.66 | 1.89 | 1.42 | 1.62 |
| .6 | 1.22 | 1.43 | 1.99 | 2.18 | 1.73 | 1.92 |
| 99.0 | 1.43 | 1.58 | 2.20 | 2.36 | 1.91 | 2.13 |
| .6 | 1.66 | 1.81 | 2.14 | 2.60 | 2.19 | 2.36 |
| 100.0 | 1.79 | 1.92 | 2.58 | 2.75 | 2.34 | 2.50 |
| .6 | 1.98 | 2.11 | 2.81 | 2.90 | 2.58 | 2.72 |
| 101.0 | 2.18 | 2.22 | 2.92 | 3.02 | 2.74 | 2.83 |
| .6 | 2.30 | 2.34 | 3.06 | 3.17 | 2.92 | 2.96 |
| 102.0 | 2.39 | 2.45 | 3.13 | 3.27 | 2.98 | 3.07 |
| .6 | 2.52 | 2.57 | 3.26 | 3.34 | 3.15 | 3.16 |
| 103.0 | 2.57 | 2.63 | 3.31 | 3.38 | 3.21 | 3.22 |
| .6 | 2.58 | 2.77 | 3.37 | | 3.26 | 3.30 |

Изменение спектрального состава сумеречного свечения атмосферы от утра к вечеру, о котором можно судить путем сравнения сумеречных кривых, измеренных с помощью разных светофильтров (см. табл. 14—19), можно исследовать также путем сравнения энергии по спектрам утренних и вечерних сумерек. Такое исследование было проведено в Крыму с помощью светосильного спектрографа ГОИ f:1. На рис. 14 приведены кривые интенсивности в зависимости от высоты „сумеречного луча“, т. е. высоты эффективного рассеивающего слоя, несколько превышающей высоту тени Земли (для рассматриваемой области спектра — примерно на 20 км) и соответственно увеличивающейся с ростом зенитного расстояния Солнца. Эти кривые демонстрируют поспинение сумеречного неба в зените с увеличением зенитного расстояния Солнца; кривые построены так, что для всех h яркость сумеречного неба для 0.60 мк условно принята за единицу.

Графики показывают, что общий характер изменения цвета неба в зависимости от зенитного расстояния Солнца одинаков утром и вечером, но количественные характеристики изменения цвета несколько различаются.

Таблица 20

| Z _⊙ | 0.55 мк | | 0.59 мк | | 0.63 мк | |
|----------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | утро | вечер | утро | вечер | утро | вечер |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 96° 0 | -11 | -16 | -0.92 | -0.95 | -0.65 | -0.71 |
| .6 | 0.45 | 0.42 | 1.26 | 1.29 | 0.99 | 1.04 |
| 97.0 | 0.69 | 0.66 | 1.49 | 1.51 | 1.22 | 1.27 |
| .6 | 1.15 | 1.00 | 1.82 | 1.85 | 1.53 | 1.59 |
| 98.0 | 1.26 | 1.21 | 2.03 | 2.07 | 1.73 | 1.81 |
| .6 | 1.54 | 1.50 | 2.33 | 2.38 | 2.03 | 2.12 |
| 99.0 | 1.70 | 1.72 | 2.52 | 2.56 | 2.20 | 2.27 |
| .6 | 1.94 | 1.97 | 2.76 | 2.80 | 2.47 | 2.54 |
| 100.0 | 2.10 | 2.12 | 2.92 | 2.95 | 2.63 | 2.68 |
| .6 | 2.32 | 2.33 | 3.13 | 3.15 | 2.87 | 2.90 |
| 101.0 | 2.46 | 2.48 | 3.26 | 3.25 | 3.02 | 3.02 |
| .6 | 2.64 | 2.64 | 3.42 | 3.40 | 3.22 | 3.18 |
| 102.0 | 2.73 | 2.72 | 3.52 | 3.47 | 3.32 | 3.27 |
| .6 | 2.84 | 2.83 | 3.62 | 3.52 | 3.46 | 3.41 |
| 103.0 | 2.88 | 2.90 | 3.67 | 3.63 | 3.54 | 3.48 |
| .6 | 2.97 | 3.00 | 3.73 | 3.69 | 3.63 | 3.56 |
| 104.0 | 2.99 | 3.04 | 3.76 | 3.72 | 3.68 | 3.60 |
| .6 | 3.02 | 3.09 | 3.78 | 3.73 | 3.72 | 3.63 |
| 105.0 | 3.04 | 3.10 | 3.79 | 3.73 | 3.74 | 3.64 |
| .6 | 3.04 | 3.11 | 3.81 | 3.74 | 3.76 | 3.66 |

3. Изменения интенсивности отдельных линий свечения сумеречного неба. Помимо солнечного света, рассеянного атмосферой, характеристики которого были рассмотрены во второй части данного обзора, свечение сумеречного неба включает в себя ряд линий полос излучения атомов и молекул, образующих земную атмосферу. В видимой части спектра наиболее интенсивны линии атомарного кислорода и натрия. Кроме того, присутствуют полосы гидроксила OH , но их интенсивность мала и подвержена большим колебаниям. Еще менее регулярно появляются на спектрограммах полосы ионизированной молекулы N_2^+ с длиной волны 3914 ангстр., линии других элементов группы щелочных металлов — лития, калия, а также линии гелия и ионизированного кальция. Ниже приводятся данные об интенсивности и пространственно-временных вариациях этих линий.

3. 1. Свечение атомарного кислорода. Регулярно появляются на спектрограммах сумеречного неба красные линии кислорода 6347 и (более слабая) 6364 ангстрем; третий компонент этого триплета — линия 6392 ангс. очень слаба и ее трудно обнаружить. Интенсивность линии 6347 измеряется сотнями рэлеев и может достигать в максимуме 1550 рэлеев [31], медленно убывая с ростом зенитного расстояния Солнца и постепенно снижаясь до ночного значения 50 — 100 рэлеев. Интенсивность линии 6364 достигает 400 рэлеев, снижаясь к ночи до 40. Ширина линии 6347, как показали интерференционные измерения [32, 33], составляет

Существует суточный и сезонный ход интенсивности красных линий кислорода. Установлено, что вечером интенсивность больше, чем утром [29, 30]. По данным Абастуманской обсерватории отношение утренних и вечерних интенсивностей имеет сезонный ход с минимумом в марте и сентябре. Интенсивность линий меняется в течение года, имеется максимум и минимум зимой.

Что касается зеленой линии кислорода 5577 ангстрем, то долгое время оставалось неясным, усиливается ли это излучение в период сумерек сравнительно с ночным свечением. Наблюдения, проведенные в период МГР, показали, что сумеречное усиление зеленой линии имеет место, но не является столь регулярным и значительным, как усиление красных линий [34]. Существует, по-видимому, сезонный ход яркости зеленой линии с максимумом осенью и зимой. По наблюдениям Абастуманской обсерватории наибольшее сумеречное усиление зеленой линии отмечается в сентябре — октябре.

Исследованиями Института физики атмосферы АН СССР установлено наличие сумеречного свечения кислородной линии 8446 ($3^3P-3^3S_1^0$) со средней интенсивностью 13 рэлеев. По наблюдениям на станции ИФА Звенигород [36], в течение лета 1960 г. получены результаты, представленные в табл. 21, в которой указаны условия наблюдения (Δ — максимальный угол погружения Солнца под горизонт, h_{\min} и h_{\max} — минимальная и максимальная высоты границы неосвещенной части атмосферы в течение экспозиции).

Джонс и Гаррисон [37] обнаружили в инфракрасном спектре сумеречного неба полосу (0.1) кислорода $\Delta g - ^3\Sigma g$ около 1,58 мк. Полоса была замечена на спектрограмме вечерних сумерек; при утренних сумерках эта полоса не появляется. По измерениям в январе — феврале 1957 г. яркость полосы составляет в среднем 17.6 килорэлеев, варьируя в пределах от 12 до 20 килорэлеев.

3. 2. Желтый дуплет натрия. Сумеречная вспышка линий натрия 5890 и 5896 ангстр. характеризуется большой яркостью, но отличается от сумеречного свечения красных линий кислорода малой продолжительностью. На рис. 15 показаны примеры кривых изменения интенсивности линий натрия в зависимости от зенитного расстояния Солнца. Максимальная яркость желтой линии наблюдается при зенитном расстоянии Солнца $96 - 98^\circ$, когда яркость превышает ночное значение в $10^2 - 10^3$ раз. Энергетическая яркость линий достигает $5 \cdot 10^{-3}$ эрг/сек см² стерад [34]. По измерениям на высокогорной станции в Андах [31] сумеречная интенсивность дуплета натрия составляет 6000 рэлеев, что в 250 раз больше ночной интенсивности. По измерениям в Австралии и Антарктиде [38] сумеречная интенсивность превосходит ночную в 15 — 50 раз.

В течение года интенсивность сумеречного свечения натрия меняется в 5 — 15 раз по измерениям ряда исследователей. Максимум отмечается зимой, минимум — летом. Однако, измерения, проведенные в разных местах и в разные годы, дают не вполне совпадающие результаты. В работе [50] отмечалось, что во Франции с ноября по апрель желтая линия отчет-

ливо наблюдается при зенитном расстоянии Солнца от $96^{\circ}30'$ до 100°. В начале апреля яркость линии убывает, прежде всего при малых зенитных расстояниях Солнца.

В июне—июле свечение не наблюдается, оно появляется в августе при зенитном расстоянии Солнца $98-100^{\circ}$. В начале октября желтая линия видна на спектрограммах отчетливо, ее интенсивность усилилась в ноябре. В Норвегии отчетливый максимум яркости отмечается в декабре—январе [51]. По данным [52] летом свечение не яркое, а зимой очень слабое; осенью и весной—очень слабое или совсем отсутствует. Глав-

Таблица 21

| Дата 1960 г. | Интенсивность (разл.-ев) | Экспозиция | Максимальный угол погружения Солнца | Минимум, км | Максимум, км |
|--------------|--------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------|--------------|
| 15—16 мая | 10 | 3 час. 25 мин. | $15^{\circ} 30'$ | 120 | 175 |
| 26—27 | 12 | 2 " 50 " | $13 20'$ | 100 | 135 |
| 27—28 | 15 | 3 " 60 " | $13 05'$ | 100 | 130 |
| 29—0 | 14 | 2 " 40 " | $12 40'$ | 100 | 125 |
| 30—31 | 12 | 2 " 30 " | $12 30'$ | 100 | 120 |
| 5—6 июня | 17 | 1 " 55 " | $11 50'$ | 100 | 115 |
| 8—9 | 11 | 2 " 30 " | $11 30'$ | 100 | 110 |
| 10—11 | 25 | 2 " 00 " | $10 30'$ | 90 | 100 |
| 17—18 | 16 | 1 " 40 " | $10 50'$ | 85 | 95 |
| 18—19 | 14 | 1 " 25 " | $10 50'$ | 85 | 95 |
| 20—21 | 13 | 1 " 20 " | $10 50'$ | 85 | 95 |
| 26—27 | 15 | 1 " 45 " | $10 55'$ | 85 | 95 |
| 27—28 | 19 | 1 " 40 " | $11 00'$ | 85 | 100 |
| 4—5 июля | 11 | 1 " 45 " | $11 30'$ | 90 | 105 |
| 9—10 | 23 | 2 " 00 " | $12 00'$ | 100 | 115 |
| 10—11 | 9 | 2 " 00 " | $12 05'$ | 100 | 115 |
| 11—12 | 14 | 2 " 00 " | $12 10'$ | 100 | 115 |
| 21—22 | 9 | 2 " 40 " | $13 40'$ | 110 | 145 |
| 24—25 | 4 | 3 " 15 " | $14 20'$ | 120 | 155 |
| 25—26 | 8 | 3 " 15 " | $14 40'$ | 130 | 160 |
| 6—7 августа | 6 | 3 " 00 " | $17 20'$ | 140 | 210 |

максимум отмечается в декабре, вторичный—в июле. Отношение яркости к летней в среднем около 3.7 для зенитного расстояния Солнца $95-96^{\circ}$. По наблюдениям в Канаде [50] отчетливый максимум $34 \cdot 10^7$ фотон/см.² сек. стерад. приходится на конец февраля, а хорошо выраженный минимум $7 \cdot 10^7$ фотон/см.² сек. стерад.—на конец июня. По наблюдениям во Франции, проводившимся с применением другой методики [53], максимумы интенсивности зарегистрированы в ноябре и марте, минимумы—в январе—феврале.

Во Франции отмечаются своеобразные пространственные изменения яркости сумеречного свечения натрия [54]: к западу яркость в 1.5 раз (в среднем) больше, чем к востоку от обсерватории Верхнего Прованса, однако в течение суток это отношение может измениться.

Определялось отношение интенсивностей компонент дублета натрия по измерениям под Москвой [39] отношение $S = J_{\lambda_2} : J_{\lambda_1}$ изменяется от 1.10 до 1.32 в зависимости от зенитного расстояния Солнца и высоты точки неба. По измерениям в Канаде [40] получено: $s = 1.50 \pm 0.05$, а измерения во Франции [41] дали 1.6 ± 0.3 для утренних сумерек

3.3. Другие элементы группы щелочных металлов. Резонансная линия лития 6707.86 ангст. была обнаружена в свечении сумеречного неба в 1958 г. в Абастуманской обсерватории [42, 43] и независимо в других местах [34]. Предпринимались попытки оценить отношение интенсивностей линий лития и натрия (желтый дублет). По некоторым оценкам получалось отношение порядка 1:10. Однако нужно иметь в виду, что интенсивность линии лития подвержена гораздо большим колебаниям, чем интенсивность желтого дублета. Отмечаются продолжительные периоды, когда линия лития вовсе не обнаруживается на спектрограммах. Появление в атмосфере атомов лития частично может быть следствием проводившихся на Земле искусственных взрывов. В 1959 г. было опубликовано сообщение относительно обнаружения в Норвегии резонансных линий калия 7664.9 и 7699.0 ангстрем [44]. Эти линии приходятся на область сильного атмосферного поглощения на кислородную полосу (0,0) так называемой „атмосферной“ системы, имеющей сложную структуру. Это создает большие трудности для достоверного обнаружения указанных линий калия. Необходимы дальнейшие систематические наблюдения.

3.4. Свечение гидроксила. В спектре светимости ночного неба в инфракрасной области полосы гидроксила очень интенсивны [34], но в спектрах сумеречного неба долгое время не удавалось обнаружить каких-либо полос этой молекулы. За последние годы некоторые полосы удалось выявить. По наблюдениям в Абастуманской обсерватории зафиксированы линии гидроксильных полос (6,1) и (9,3), перечисленные в табл. 22.

Таблица 22

| Длина волны | Полоса | Длина волны | Полоса |
|--------------------|--------|--------------------|--------|
| 6297 \AA | (9,3) | 6522 \AA | (6,1) |
| 6260 | (9,3) | 6538 | (6,1) |
| 6258 | (9,3) | 6543 | (6,1) |
| 6328 | (9,3) | 6553 | (6,1) |
| 6348 | (9,3) | 6580 | (6,1) |
| 6375 | (9,3) | 6603 | (6,1) |
| 6386 | (9,3) | | |
| 6467 | (6,1) | | |
| 6499 | (6,1) | | |

За период 1960—1961 гг. из наблюдений, проводимых в Абастуманской обсерватории, установлено наличие сезонного хода интенсивности полос гидроксила: максимум имеет место в ноябре—январе с большим вторичным максимумом в июне—июле. По предварительным данным Абастуманской обсерватории в спектрах сумерек обнаруживается и полоса гидроксила (7,2); пока наблюдения дают лишь R и Q—ветви этой полосы [47].

3.5. Линии ионизированного кальция. В 1956 г. появилось сообщение [45] о том, что в Канаде на некоторых спектрограммах сумеречного неба обнаружены две резкие линии излучения с длинами

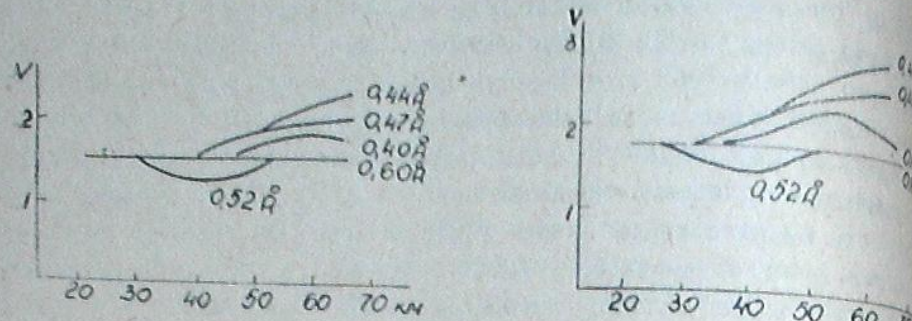


Рис. 14

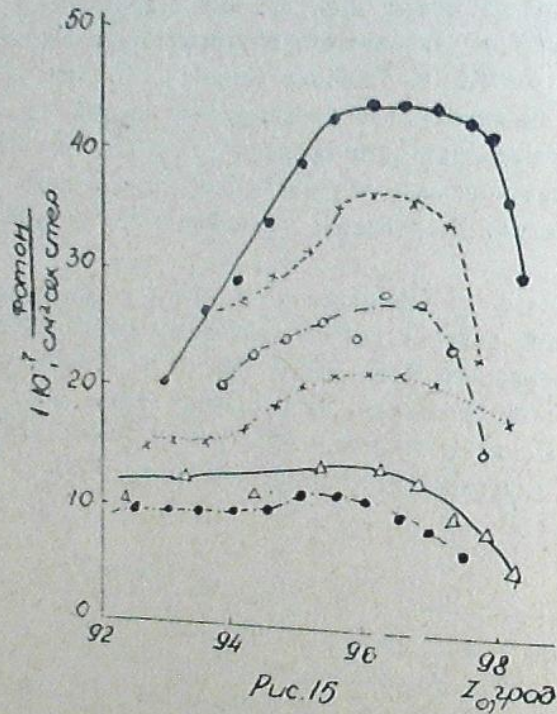


Рис. 15

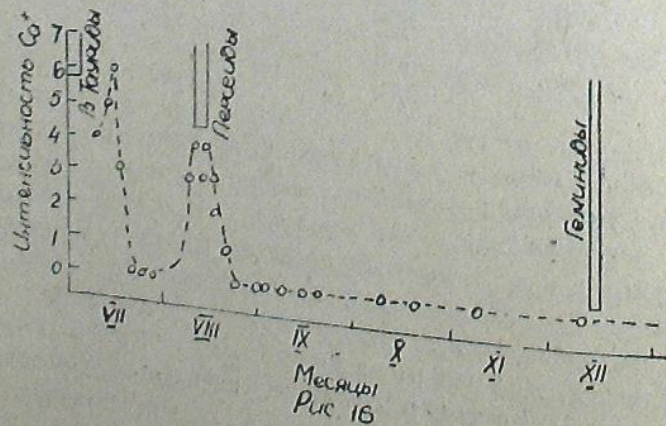


Рис. 16

волн 3933.7 и 3968.5 ангстрема, что соответствует длинам волн H— и K— линий ионизированного кальция. Отношение интенсивностей линий равно 2. 1. Фотографирование спектров всегда проводилось так, что луч зрения спектрографа пересекал тень Земли на высоте 100 км. Интенсивность линии менялась ото дня ко дню с июля по декабрь так, как показано на рис. 16. В верхней части рисунка отмечены главные метеорные потоки. Эмиссионные линии исчезли в конце июля и снова появились с большой интенсивностью около 9—10 августа и присутствовали ежедневно около 10 дней. После этого линии исчезли и более не появлялись. Подобная эпизодичность появления линий наблюдалась и в 1956—1957 гг., что дало основание [45] предположить метеорное происхождение кальция. По оценкам [45] максимальная поверхностная яркость линий оказалась равной для более интенсивной линии около 2.4×10^6 фотон/см.² сек.² стерад (около 30 рэлеев). Эпизодическое появление H— и K—линий Ca⁺ наблюдалось и другими авторами [46].

3. 6. Свечения азота и гелия. Эпизодически в спектрах сумеречного неба наблюдается полоса отрицательной системы ионизированной молекулы N₂⁺ около 3914 ангстр. Интенсивность полосы обычно увеличивается в периоды высокой геомагнитной активности [34]. Сумеречная интенсивность полосы достигает 800 рэлеев [31].

Наблюдается в сумерках и свечение атомарного азота; изредка на спектрограммах обнаруживается тесный дуплет у 5200 ангстр. [48]. Во время вечерних сумерек эта линия ярче, чем утром. Связь с магнитной активностью не наблюдается. Интенсивность дуплета оценена очень приблизительно [31]; для сумеречного свечения получены значения от 30 до 600 рэлеев, а для ночного 2 рэлей.

В результате исследований Института физики атмосферы АН СССР обнаружено свечение гелия—линия 10830 ангстрем [49]. Исследования этой интенсивной эмиссии верхней атмосферы продолжаются.

Июль, 1965.

ბინდის ცის ნათებას ინტენსივობის სივრცული და დროითი ვარიაციები

თ. მებგალიშვილი, თ. ბოროშელიძე და ი. ხვოსტიკოვი

(რეზიუმე)

აბასთუმნის ასტროფიზიკურ ობსერვატორიაში ჩატარდა სისტემატური დაკვირვებები ბინდის ცის ნათებაზე სხვადასხვა სპექტრულ უბნებში. მიღებული შედეგები ნაწილობრივ გამოქვეყნებულია [9, 10, 42, 43, 47, 55]. რადგანაც ეს დაკვირვებები ვარკვეულ პრაქტიკულ ინტერესს წარმოადგენს (მაგალითად, ბინდის დროს სინათლის რეჟიმის დასახასიათებლად და სხვ.) და

დაკავშირებულია, საერთოდ, ატმოსფეროს მაღალი ფენების ფიზიკური ანტიკანების შესწავლასთან, მიღებული შედეგები წარმოვადგინეთ განზოგადებული სახით. ობსერვატორიაში ჩატარებულ დაკვირვებათა ვარდა, სტატისტიკურ ფართოდ არის გამოყენებული სხვა მკვლევართა მიერ მიღებული შედეგები.

მიმოხილვა სამი ნაწილისაგან შედგება, პირველ ნაწილში მოცემულია ბინდის ცის საერთო დახასიათება ფოტომეტრიისა და სპექტროფოტომეტრიის თვალსაზრისით. მეორე ნაწილში დაწვრილებითაა განხილული ბინდის ცის სპექტრული სიკაშკაშის განაწილება მზის ზენიტურ მანძილზე დამოკიდებით, წლის სხვადასხვა დროს, დილის და საღამოს ბინდისათვის ცალ-ცალკე. მესამე ნაწილში წარმოდგენილია ბინდის ცის ნათებაში ცალკეული ემისიური ხაზების ინტენსივობათა ცვლილებანი.

SPATIAL AND TIME VARIATIONS OF INTENSITY OF THE TWILIGHT SKY

T. G. MEGRELISHVILI, T. I. TOROSHELIDZE, I. A. KHVOSTIKOV

(Summary)

The article represents a survey of the twilight data based upon our observations at Abastumani and those of other authors, carried out at different places, for different zenith distances and in various spectral regions.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Фесенков В. Г. О строении атмосферы (фотометрический анализ сумерек). Тр. Га. астрофиз. obs., 1923, 2.
2. Штауде Н. М. Фотометрические наблюдения сумерек как метод изучения верхней атмосферы. Тр. Комис. по изучению стратосферы при АН СССР, 1936, 1.
3. Розенберг Г. В. Сумерки. Москва, 1963.
4. Хвостиков И. А. Высокие слои атмосферы. Гидрометеоздат. Ленинград, 1964.
5. Brunner W. Publ. d. Eidgenössischen Sternwarte in Zürich, 6 (1935). Beiträge z. Photometrie d. Nachthimmels, unter besonderer Berücksichtigung d. Zodiakallichtes und d. Dämmerungserscheinungen.
6. Шаронов В. В. Докл. АН СССР, 1947, 42, 310; Тр. юбилейной научной сессии Лен. гос. ун.—та, 1948, стр. 47.
7. Кучеров Н. И. Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз. П., 1947, № 6, 465.
8. Хвостиков И. А., Магид Е. Н. и Шубин А. А. Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз., 1940, № 5.
9. Мегрелишвили Т. Г. Докл. АН СССР, 1946, 53, № 2, 127.
10. Мегрелишвили Т. Г. Бюлл. Абастум. астрофиз. obs., 1948, № 9, 1—142.
11. Ashburn E. V. J. Geophys. Res. 1952, 57, № 1, 85.
12. Штауде Н. М. Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз. 1949, 13, № 4, 307.
13. Hulbert E. O. J. Opt. Soc. Amer. 1938, 28, № 7, 227.
14. Дарчия А. Х. Изв. ГАО АН СССР, 1960, № 165.
15. Бартенева О. Д., Боярова А. Н. Тр. ГГО 1960, вып. 100, 133.
16. Ljunhall A. The intensity of twilight and its connection with the density of the atmosphere. Meddelande Fran Lunds Astronom. Observ. Ser. II, 1949, № 125.

17. Dave J. V. and Ramanathan. Proc. Indian Acad. Sci. 1956, A 43, № 2, 67—68.
18. Дивари Н. Б. Геоматнетизм и астрономия. 1962, II, № 4.
19. Volz F. E. and Coody R. M. The intensity of twilight and upper atmospheric dust. J. of Atmosph. Sci. 1962, 19, (5), 385.
20. Gadsden M. J. Atmosph. and Terr. Phys. 1957, 10, № 3, 176.
21. Дивари Н. Б. Докл. АН СССР, 1958, 122, № 5, 795.
22. Hulbert E. O. J. Opt. Soc. Am. 1953, 43, № 2, 113.
23. Ярин В. И. В сб. „Полярные сияния и свечение ночного неба“. Результаты МГГ. 1962, 1, № 9.
24. Гниловский Е. В. „Об инфракрасном спектре сумеречного неба“. Вестник Ленингр. унив. 1964, № 4, вып. 1, серия физики и химии.
25. Link F., Neuzil L., Zacharov I. Astronom. Inst. Czechosl. Acad. Sc. Publ. 1958, № 38.
26. Chiplonkar M. W. and Kulkarni P. V. Further studies of the twilight illumination. Бюл. астроф. ин-тов Чехословакии, 1958, 9, № 4, 128—132.
27. Link F., Neuzil L. et Zacharov I. Astronom. Inst. Czechosl. Acad. Sc. Praha. Ondrejov. Publ. 1958, № 38.
28. Volz F. Stratosphärische Trübung und Ozongehalt nach Dämmerungsmessungen. Zusammenfassung. Ber. Dtsch. Wetterdienstes. 1963, 12, № 91, 150.
29. Elvey C. T., Farnsworth A. H. Spectrophotometric observations of the light of the night sky. Astrophys. J. 1942, 96, № 3, 451—467.
30. Link F. Aurorae and airglow. Internat. Geophys. Year and cooperation in Czechoslovakia 1957—1959. Praha, CSAV, 1960, 95—111.
31. Blakwell D. E., Ingham M. F., Rundle H. N. Observations of twilight and night sky airglow near the equator. Ann géophys. 1960, 16, № 1, 150—151.
32. Wark D. Q. A determination of the line-width of the λ 6300 Å of oxygen in the twilight sky. Nature. 1956, 178, 689—691.
33. Philipps H. The determination of the widths of the airglow and twilight flash. In: „The airglow and the aurorae. A Symposium held at Belfast in September 1955“, eds. E. V. Armstrong, A. Dalgarno. Suppl. J. Atmos. a. Terr. Phys. 1956, 5, 67—72.
34. Хвостиков И. А. Физика озоносферы и ионосферы. Изд. АН СССР. Москва, 1963.
35. Дж. Чемберлен. Физика полярных сияний и излучения атмосферы. 1963.
36. Шефов Н. Н. Сумеречная эмиссия 8466 Å. Сб. „Полярные сияния и свечение ночного неба“, № 9. Изд. АН СССР. 1962, 55—58.
37. Jones A. A., Harrison A. W. Infrared emission band in the twilight airglow spectrum. J. Atmos. a. Terr. Phys. 1958, 13, 45—60.
38. O'Brien B. J. Southern—hemisphere observations of sodium emission throughout twilight. J. Geophys. Res. 1960, 65, № 1, 137—140.
39. Гальперин Ю. И. Отношение интенсивностей компонент желтого дублета натрия в спектре сумеречного неба. Астрон. ж. 1956, 33, вып. 2, 173—181.
40. Harrison A. W., Jones A. V. The intensity ratio of the D—lines in twilight. In: „The airglow and the aurorae. A symposium held at Belfast in September 1955“, Eds. E. V. Armstrong, A. Dalgarno. Suppl. J. Atmos. a. Terr. Phys. 1956, 5, 114—121.
41. Nguyen—Huu—Doan. Rapport des intensités des raies D₂ et D₁ du sodium émises dans la atmosphere au crépuscule et pendant la nuit. C. R. Acad. sci. 1959, 249, № 5, 739—741.
42. Мегрелишвили Т. Г. О люминесценции сумеречного неба в инфракрасной области спектра. Докл. АН СССР. 1957, 116, № 5, 766—769.
43. Khvostikov I. A., Megrelishvili T. H. New bands and lines in the twilight sky spectrum. Nature. 1959, 183, № 4664, 811.

44. Kvifte G. Alkaliemetaller i den øvre atmosfære. *Fra fys. verden*. 1959, 21, № 2, 253—265.
45. Jones A. V. Ca II emission lines in the twilight spectrum. *Nature*. 1956, 178, № 1527, 276—277.
46. Dufay M. Etude photoélectrique du spectre du ciel nocturne dans le proche infra-rouge. *Ann. géophys.* 1959, 15, № 2, 134—152.
47. Мегрелишвили Т. Г. и Торшелидзе Т. И. *Бюлл. Абастум. астрофиз. обс.* № 29, 1962; *Астрон. ширк.* 1958, 197.
48. Хвостиков И. А. Свечение ночного неба. Изд. АН СССР, 1948.
49. Шефов Н. Н. Эмиссия гелия в верхней атмосфере. Сб. «Полярные сияния и свечение ночного неба». Изд. АН СССР, Москва, 1962, 50—65.
50. Bricard J., Kastler A. Recherches sur la radiation D du sodium dans la lumière du ciel crépusculaire nocturne. *Ann. géophys.* 1944, 1, fasc. 1, 1—30.
51. Vegard L., Kvifte G., Omholt A., Larsen S. Studies of the twilight sodium lines from observations at Oslo and Tromsø, and results of auroral spectrograms from Oslo. *Geophys. publ.* 1955, 19, № 3, 22.
52. Barber D. R. Note on the seasonal variation of sodium D—line emission in twilight. *J. Atmos. a Terr. Phys.* 1954, 5, №5—6, 347—348.
53. Blamont J. E. Observations de l'émission atmosphérique des raies D du sodium au moyen d'un appareil à balayage magnétique. In: *The airglow and the aurorae. A Symposium held at Belfast in September 1955**. Eds. E. B. Armstrong, A. Dalgarno. *Suppl. J. Atmos. a Terr. Phys.* 1956, 5, 99—113.
54. Blamont J. E., Donahue T. M., Stull V. R. The sodium twilight, airglow 1955-1957. *Ann. géophys.* 1958, 14, № 3, 253—281.
55. Мегрелишвили Т. Г., Торшелидзе Т. И. К вопросу о вариациях свечения натрия в сумерках. *Бюлл. Абастум. Астрофиз. обс.* 1965, № 32, 165.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛОСЫ ГИДРОКСИЛА (7,2) В СПЕКТРЕ СУМЕРЕЧНОГО СВЕЧЕНИЯ НЕБА

Т. Г. МЕГРЕЛИШВИЛИ, Т. И. ТОРОШЕЛИДЗЕ и И. А. ХВОСТИКОВ

Как уже сообщалось [1], в Абастуманской астрофизической обсерватории АН Грузинской ССР при помощи светосильного спектрографа *СП-48* были обнаружены в спектрах свечения сумеречного неба две линии с длинами волн 6838 и 6867,6 ангстрема, отождествленные нами с *R*- и *Q*-ветвями полосы (7,2) гидроксила. Спектрограф был установлен на область спектра 5500—6950 ангс., включающую только *R*- и *Q*-ветви полосы (7,2). В октябре 1964 года длинноволновая граница этой области на спектрографе была передвинута до ~ 7000 ангстрем, что позволило получать на спектрограммах, кроме *R*- и *Q*-, также и *P*-ветвь. Нами были уверенно отождествлены линии излучения до четвертой компоненты *P*-ветви полосы (7,2). Компоненты *P*₅, имеющие длины волн 7005 и 7012 ангс., приходится на самую границу спектральной чувствительности пленки *ДК*, используемой в обсерватории в ходе выполнения наблюдений по программе Международного Года Спокойного Солнца. Поэтому компоненты *P*₅ не регистрировались.

Всего было зарегистрировано 13 линий, соответствующих компонентам полосы *ОН* (7,2) [2] (табл. 1).

В ранее опубликованном сообщении [1] длины волн двух обнаруженных нами эмиссий были определены лишь приблизительно. Более точные измерения по большому числу спектрограмм показали, что эмиссия 6838 соответствует линии *R*₁, 6834,2 ангс., а эмиссия 6867,6—линии *Q*, 6863,9 ангс.

Съемка спектров сумеречного свечения атмосферы проводилась при шести разных зенитных расстояниях Солнца, в течение каждого сумерек, однако на спектрограммах, снятых при зенитных расстояниях $\leq 99^\circ$, линии полосы *ОН* (7,2) не выявляются на интенсивном фоне сплошного спектра сумеречного неба. Лишь при зенитных расстояниях $\geq 99^\circ$, когда интенсивность фона заметно ослабевает, на спектрограммах появляются указанные линии.

В период с 26 октября 1964 г. по 5 января 1965 г. фотографировались спектры 24 сумерек (10 утренних и 14 вечерних), были получены

| Длина волны в ангстремах | Компонента ветвей полосы (7,2) |
|--------------------------|--------------------------------|
| 6828,5 | R ₅ |
| 6834,2 | R ₁ |
| 6842,2 | Q ₁ |
| 6863,9 | Q ₂ |
| 6878,8 | Q ₃ |
| 6889,2 | P ₁ |
| 6898,0 | P ₁ |
| 6912,0 | P ₂ |
| 6920,6 | P ₂ |
| 6939,0 | P ₃ |
| 6948,5 | P ₃ |
| 6967,0 | P ₄ |
| 6976,9 | P ₄ |