

## О ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА СУМЕРЕЧНОГО НЕБА

Т. Г. МЕГРЕЛИШВИЛИ

В одной из ранних работ [1], касаясь вопроса расхождения сумеречных данных с ракетными данными, мы указывали на ряд возможных причин, обуславливающих это различие, и среди них — на присутствие в атмосфере Земли аэрозольных частиц, меняющих рассеивающую способность отдельных слоев земной атмосферы. На присутствие в атмосфере аэрозольного слоя указывала, основываясь на сумеречных наблюдениях, Н. М. Штауде, которая считала, что крупные частицы — преимущественно метеорного происхождения [2]. Атмосфера Земли, содержащая, кроме механической смеси газов, аэрозоли разной величины, претерпевает пульсацию, поднимается или опускается с изменением температуры, меняется в связи с турбулентными или конвекционными потоками и приходит к слоистому, неоднородному строению. При неоднородном строении атмосферы ее оптические свойства на разных высотах бывают различны. Оптические неоднородности атмосферы, как на это не раз указывалось в литературе [3, 4], целесообразно исследовать при помощи поляризационных наблюдений сумеречного света.

С 1946 по 1952 г. в Абастуманской обсерватории проводились электрополяриметрические наблюдения сумеречного неба в желтых лучах в зените. Цель данной статьи — изложить часть фактического материала, полученного за этот период, указать на те результаты, которые вытекают непосредственно из наблюдений, и высказать некоторые предположения, которые, впрочем, отчасти упоминались до нас и другими авторами [5, 6, 7, 8, 9]. Следует отметить, что исследование сумеречных кривых зависимости  $\log I$  от  $z_0$  показало, что они претерпевают сильные изменения от дня ко дню, которые отчасти могут быть вызваны присутствием в атмосфере аэрозолей, так как содержание последних наиболее изменчиво как в количественном, так и в качественном отношении.

При поляризованном рассеянном свете в сумерках степень поляризации, кроме зависимости от положения Солнца, зависит также и от физического состояния атмосферы, от рассеивающей способности атмосферы.

На рис. 1, 2, 3, 4 и в таблице 1 приведены среднемесячные и среднесезонные значения степени поляризации в зависимости от зенитного расстояния Солнца для 1948, 1949, 1950, 1951 гг. Рассмотрение кривых показывает, что почти всегда наблюдается минимум степени поляризации, указывающий, по-видимому, на наличие на соответствующих высотах слоя, состоящего из более крупных частиц, чем молекулы, т. е.



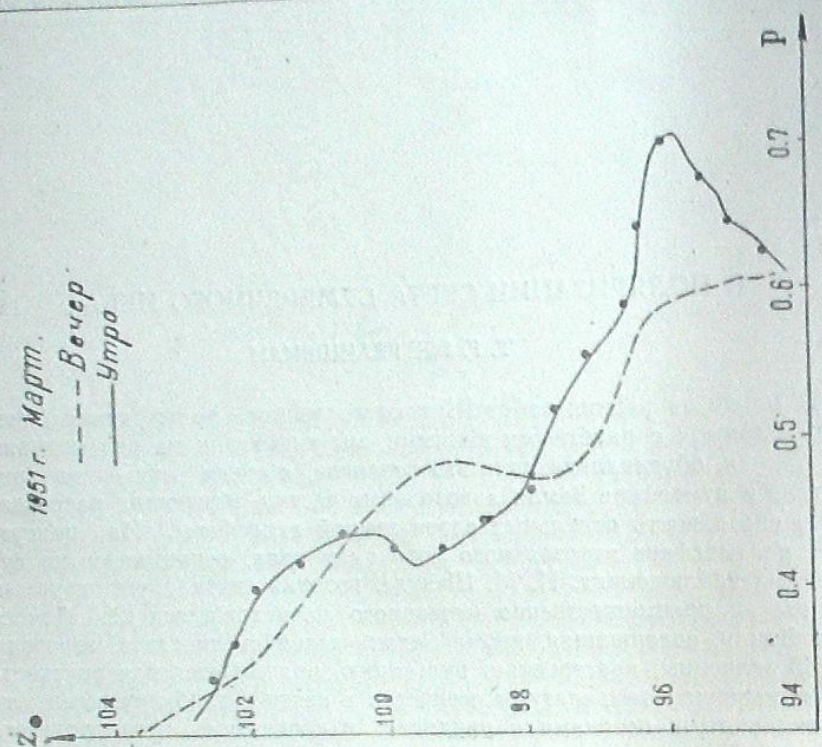


Рис. 2

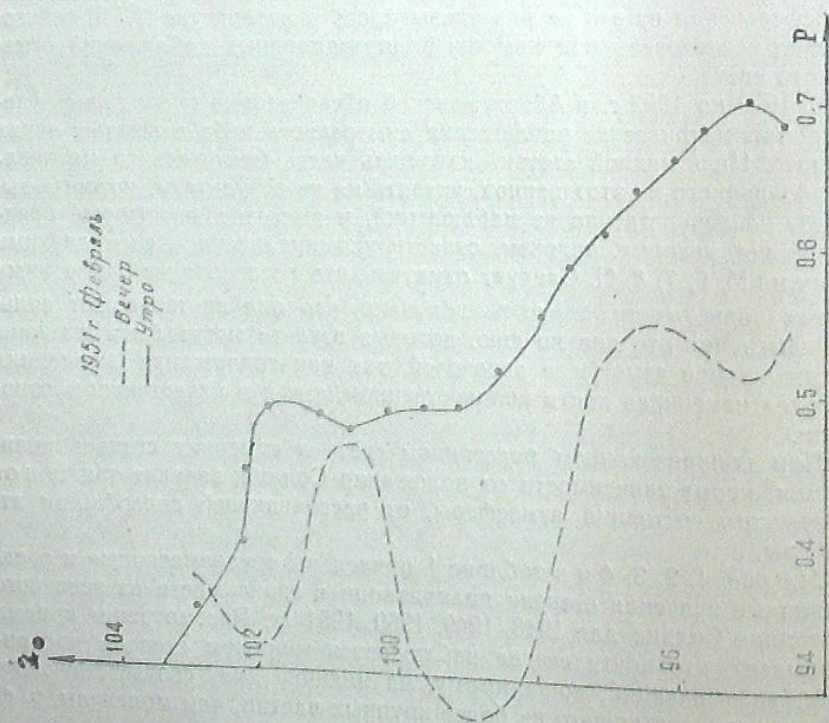


Рис. 1.

аэрозольного слоя [10, 11, 12, 13]. В литературе указывалось, что низкая прозрачность сильно снижает степень поляризации [4]. По этому поводу приведем рис. 5, на котором представлен, с одной стороны, сезонный ход изменения степени поляризации по среднемесячным дан-

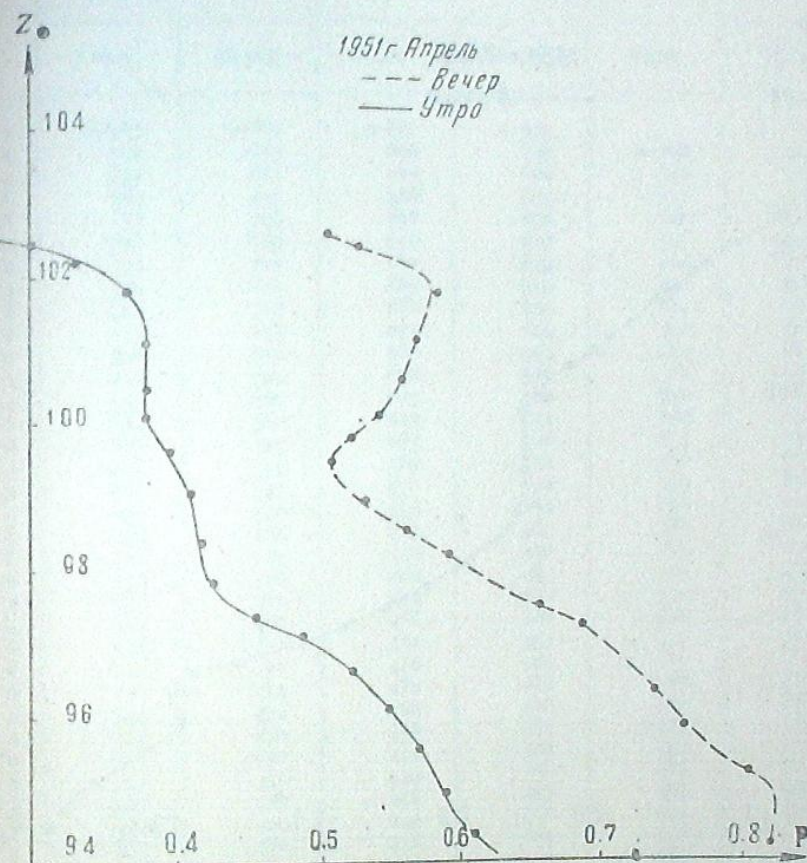


Рис. 3.

ным, а с другой — среднемесячные значения прозрачности по актинометрическим наблюдениям. Ход этих кривых разный, хотя минимум прозрачности в июле и августе соответствует уменьшению степени поляризации. Зависимость от прозрачности атмосферы выявляется при рассмотрении отдельных наблюдений: при низкой прозрачности кривая сдвигается параллельно самой себе в сторону меньших значений степени поляризации. Но в ходе самой сезонной кривой степени поляризации не было замечено изменений, связанных с вариациями прозрачности.

Деполаризация (т. е. минимум поляризации) может быть вызвана также вторичным рассеянием. Однако действие вторичного рассеяния монотонно уменьшается с высотой, поэтому наличие экстремумов на кривых степени поляризации вторичным рассеянием объяснено быть не может.

Ход степени поляризации до  $z_0 = 96^\circ$  мало меняется и значение ее, на основании теоретических соображений, никогда не бывает 100%.



Начиная примерно с  $z_{\odot} = 98^{\circ}$  степень поляризации быстро уменьшается, наблюдается явно выраженный минимум около  $z_{\odot} = 98,5$  —  $100^{\circ}$ , а затем снова наблюдается быстрое уменьшение примерно с та-

Таблица 1

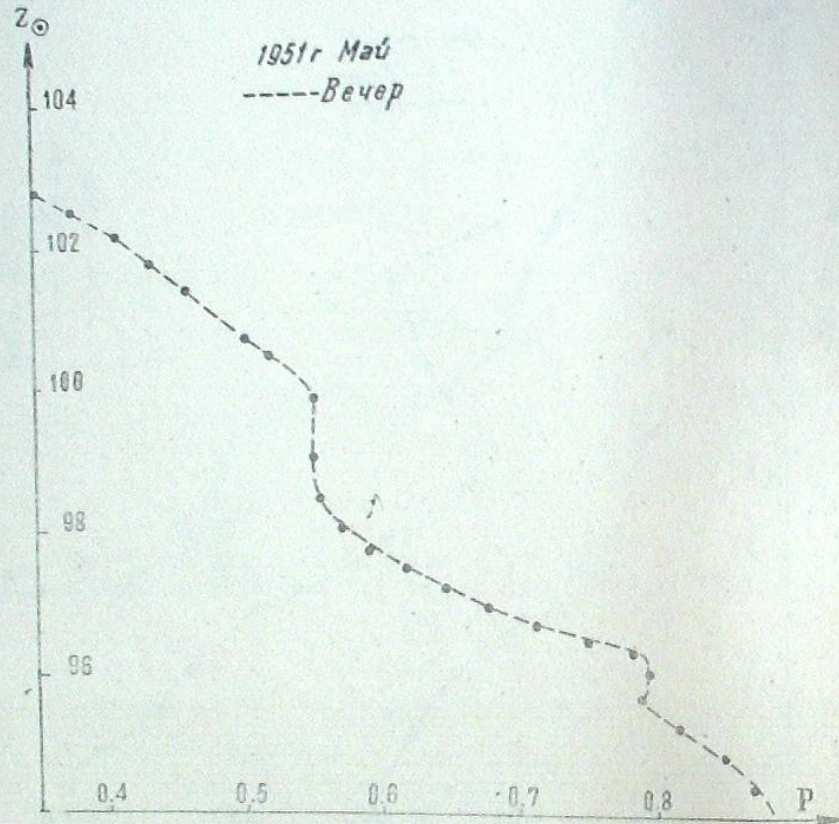


Рис. 4.

кой же скоростью, что и до  $z_{\odot} = 98^{\circ}$ . Небезынтересно учесть влияние ночной составляющей степени поляризации. Возможно, что кривая степени поляризации искажается после  $101^{\circ}$  влиянием свечения ночного неба. В связи с учетом фона ночного неба следует отметить изменение показателя цвета с зенитным расстоянием ( $I_{3750} - I_{5270}$ ). Учет фона ночного неба показывает, что наблюдавшееся после  $99^{\circ} - 100^{\circ}$  покраснение вызвано влиянием свечения ночного неба (см. рис. 6), на котором черные точки — изменение показателя цвета без учета фона ночного неба, кружки — с учетом фона.

Нам кажется, что существующий на определенной высоте пылевой слой можно обнаружить также по изменению показателя цвета. В случае наличия пылевого слоя на кривой показателя цвета должен наблюдаться минимум. В этом отношении интересно рассмотреть рис. 7, на котором видно, что на кривых показателя цвета очень часто наблюдается минимум около  $z_{\odot} = 97^{\circ}$ , причем иногда минимум смещается в сторону увеличения  $z_{\odot}$ .

1 9 4 8 г о д

|       | В е с н а |       | Л е т о |       | О с е н ь |       |
|-------|-----------|-------|---------|-------|-----------|-------|
|       | Утро      | Вечер | Утро    | Вечер | Утро      | Вечер |
| 94.0  | 0.783     | 0.670 | 0.695   | 0.635 |           | 0.735 |
| 2     | 784       | 675   | 692     | 632   | 0.760     | 725   |
| 4     | 779       | 685   | 695     | 604   | 740       | 714   |
| 6     | 780       | 695   | 700     | 602   | 730       | 709   |
| 8     | 778       | 700   | 696     | 628   | 720       | 718   |
| 95.0  | 777       | 700   | 690     | 617   | 720       | 718   |
| 2     | 774       | 705   | 689     | 614   | 720       | 716   |
| 4     | 770       | 705   | 686     | 670   | 720       | 694   |
| 6     | 764       | 710   | 680     | 604   | 715       | 691   |
| 8     | 753       | 675   | 673     | 600   | 710       | 688   |
| 96.0  | 736       | 650   | 667     | 589   | 710       | 680   |
| 2     | 722       | 625   | 650     | 576   | 710       | 671   |
| 4     | 703       | 600   | 635     | 560   | 700       | 664   |
| 6     | 684       | 580   | 619     | 542   | 628       | 654   |
| 8     | 664       | 570   | 667     | 528   | 615       | 644   |
| 97.0  | 646       | 555   | 589     | 514   | 591       | 635   |
| 2     | 629       | 545   | 570     | 504   | 590       | 628   |
| 4     | 609       | 530   | 555     | 482   | 590       | 615   |
| 6     | 597       | 525   | 528     | 482   | 588       | 605   |
| 8     | 590       | 515   | 510     | 470   | 578       | 573   |
| 98.0  | 579       | 510   | 506     | 452   | 565       | 579   |
| 2     | 572       | 500   | 494     | 450   | 554       | 572   |
| 4     | 567       | 490   | 487     | 440   | 535       | 568   |
| 6     | 558       | 470   | 482     | 434   | 537       | 565   |
| 8     | 548       | 450   | 478     | 424   | 522       | 562   |
| 99.0  | 540       | 435   | 472     | 414   | 509       | 550   |
| 2     | 544       | 425   | 468     | 412   | 500       | 542   |
| 4     | 522       | 420   | 458     | 404   | 491       | 538   |
| 6     | 515       | 420   | 452     | 408   | 490       | 532   |
| 8     | 504       | 415   | 454     | 404   | 485       | 529   |
| 100.0 | 480       | 410   | 457     | 417   | 492       | 526   |
| 2     | 488       | 400   | 459     | 411   | 495       | 530   |
| 4     | 483       | 390   | 456     | 404   | 494       | 533   |
| 6     | 477       | 385   | 451     | 402   | 485       | 533   |
| 8     | 467       | 380   | 444     | 403   | 471       | 530   |
| 100.1 | 461       | 380   | 433     | 402   | 465       | 518   |
| 2     | 457       |       | 430     | 355   | 459       | 506   |
| 4     | 455       | 380   | 424     | 344   | 448       | 502   |
| 6     | 454       |       | 419     | 334   | 436       | 498   |
| 8     | 455       |       | 416     | 318   | 412       | 504   |
| 102.0 | 468       |       | 425     | 292   | 396       | 502   |
| 2     | 450       |       | 406     | 340   | 389       | 472   |
| 4     | 420       |       | 431     |       | 368       | 438   |
| 6     | 365       |       | 418     |       | 382       | 426   |
| 8     | 355       |       | 413     |       | 365       | 390   |
| 103.0 | 340       |       | 370     |       | 350       | 310   |
| 2     | 310       |       | 355     |       | 335       | 290   |
| 4     | 280       |       |         |       | 315       | 270   |
| 6     |           |       |         |       | 260       |       |
| 8     |           |       |         |       | 215       |       |
| 104.0 |           |       |         |       | 180       |       |
| 2     |           |       |         |       | 160       |       |
| 4     |           |       |         |       | 145       |       |



(Продолжение)

1 9 4 9 г о д

|       | Весна |       | Лето  |       | Осень |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | Утро  | Вечер | Утро  | Вечер | Утро  | Вечер |
| 94 0  | 0.815 | 0.652 |       | 0.681 | 0.570 | 0.885 |
| 2     | 815   | 655   |       | 681   | 562   | 850   |
| 4     | 810   | 665   |       | 689   | 558   | 835   |
| 6     | 805   | 674   |       | 689   | 621   | 745   |
| 8     | 798   | 681   |       | 638   | 664   | 746   |
| 95 0  | 798   | 692   |       | 671   | 672   | 697   |
| 2     | 792   | 692   |       | 670   | 685   | 689   |
| 4     | 792   | 695   |       | 672   | 681   | 683   |
| 6     | 785   | 675   |       | 675   | 666   | 675   |
| 8     | 772   | 671   |       | 681   | 667   | 681   |
| 96 0  | 760   | 660   | 0.710 | 670   | 663   | 660   |
| 2     | 730   | 638   | 710   | 666   | 652   | 653   |
| 4     | 705   | 612   | 720   | 666   | 639   | 640   |
| 6     | 695   | 594   | 720   | 636   | 619   | 632   |
| 8     | 625   | 582   | 695   | 617   | 605   | 623   |
| 97 0  | 620   | 572   | 688   | 598   | 579   | 612   |
| 2     | 532   | 566   | 642   | 583   | 558   | 603   |
| 4     | 538   | 509   | 632   | 572   | 563   | 597   |
| 6     | 515   | 542   | 614   | 559   | 562   | 562   |
| 8     | 498   | 542   | 604   | 547   | 554   | 556   |
| 98 0  | 482   | 515   | 589   | 537   | 548   | 580   |
| 2     | 472   | 496   | 575   | 522   | 509   | 551   |
| 4     | 466   | 472   | 560   | 511   | 536   | 516   |
| 6     | 452   | 463   | 540   | 500   | 528   | 503   |
| 8     | 445   | 457   | 528   | 492   | 523   | 505   |
| 99 0  | 440   | 462   | 512   | 494   | 524   | 506   |
| 2     | 435   | 454   | 520   | 496   | 527   | 509   |
| 4     | 439   | 445   | 525   | 500   | 535   | 510   |
| 6     | 435   | 430   | 525   | 503   | 542   | 506   |
| 8     | 425   | 407   | 522   | 504   | 544   | 495   |
| 100 0 | 402   | 408   | 519   | 507   | 543   | 491   |
| 2     | 392   | 408   | 511   | 507   | 540   | 487   |
| 4     | 390   | 410   | 496   | 508   | 533   | 482   |
| 6     | 382   | 352   | 482   | 504   | 517   | 478   |
| 8     | 390   | 266   | 474   | 504   | 499   | 477   |
| 101 0 | 390   | 304   | 462   | 492   | 480   | 474   |
| 2     | 385   | 332   | 464   | 485   | 460   | 478   |
| 4     | 382   | 356   | 474   | 479   | 453   | 480   |
| 6     | 378   | 371   | 480   | 473   | 455   | 484   |
| 8     | 328   | 362   | 470   | 466   | 460   | 456   |
| 102 0 | 325   | 401   | 450   | 465   | 490   | 431   |
| 2     | 320   | 395   | 425   | 453   | 404   | 404   |
| 4     | 360   | 388   | 399   | 451   | 377   | 377   |
| 6     | 398   | 305   | 370   | 346   | 356   | 356   |
| 8     | 315   | 290   | 355   | 433   | 342   | 342   |
| 103 0 | 270   |       | 341   | 408   | 330   | 330   |
| 2     | 248   |       | 328   | 370   | 332   | 332   |
| 4     | 295   |       | 295   | 322   | 282   | 282   |
| 6     | 295   |       | 272   | 315   | 289   | 289   |
| 8     | 290   |       | 238   | 273   | 310   | 310   |
| 104 0 | 303   |       | 222   | 285   | 290   | 290   |
| 2     | 308   |       |       |       |       |       |

(Продолжение)

1 9 5 0 г о д

|       | Весна |       | Лето |       | Осень |       | Зима  |       |       |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | Утро  | Вечер | Утро | Вечер | Утро  | Вечер | Утро  | Вечер |       |
| 94 0  |       |       |      |       | 0.716 | 0.705 | 0.640 | 0.761 | 0.650 |
| 2     |       |       |      |       | 716   | 708   | 635   | 735   | 655   |
| 4     |       |       |      |       | 721   | 732   | 630   | 727   | 717   |
| 6     |       |       |      |       | 728   | 806   | 635   | 714   | 702   |
| 8     | 0.728 |       |      |       | 714   | 798   | 682   | 707   | 677   |
| 95 0  | 672   |       |      |       | 704   | 758   | 665   | 704   | 835   |
| 2     | 677   |       |      |       | 694   | 786   | 656   | 699   | 820   |
| 4     | 672   |       |      |       | 688   | 782   | 653   | 692   | 805   |
| 6     | 662   |       |      |       | 681   | 778   | 655   | 595   | 790   |
| 8     | 643   |       |      |       | 675   | 778   | 643   | 592   | 778   |
| 96 0  | 603   |       |      |       | 660   | 776   | 640   | 592   | 782   |
| 2     | 553   |       |      |       | 632   | 778   | 639   | 590   | 765   |
| 4     | 463   |       |      |       | 603   | 772   | 625   | 586   | 755   |
| 6     | 463   |       |      |       | 583   | 754   | 616   | 580   | 740   |
| 8     | 470   |       |      |       | 588   | 734   | 603   | 568   | 725   |
| 97 0  | 472   |       |      |       | 582   | 650   | 584   | 555   | 712   |
| 2     | 468   |       |      |       | 572   | 656   | 561   | 547   | 683   |
| 4     | 465   |       |      |       | 565   | 652   | 549   | 554   | 658   |
| 6     | 462   |       |      |       | 559   | 634   | 509   | 550   | 630   |
| 8     | 463   |       |      |       | 551   | 632   | 513   | 587   | 618   |
| 98 0  | 458   |       |      |       | 548   | 629   | 502   | 524   | 605   |
| 2     | 452   |       |      |       | 541   | 627   | 491   | 515   | 595   |
| 4     | 448   |       |      |       | 538   | 626   | 488   | 505   | 585   |
| 6     | 438   |       |      |       | 530   | 618   | 488   | 495   | 580   |
| 8     | 442   |       |      |       | 517   | 606   | 484   | 482   | 572   |
| 99 0  | 447   |       |      |       | 494   | 590   | 486   | 472   | 565   |
| 2     | 438   |       |      |       | 504   | 582   | 480   | 461   | 552   |
| 4     | 432   |       |      |       | 498   | 583   | 476   | 453   | 548   |
| 6     | 433   |       |      |       | 502   | 578   | 479   | 446   | 545   |
| 8     | 448   |       |      |       | 497   | 581   | 482   | 442   | 558   |
| 100 0 | 457   |       |      |       | 499   | 582   | 493   | 443   | 558   |
| 2     | 447   |       |      |       | 495   | 578   | 497   | 447   | 555   |
| 4     | 425   |       |      |       | 494   | 560   | 505   | 452   | 548   |
| 6     | 410   |       |      |       | 490   | 564   | 501   | 456   | 542   |
| 8     | 395   |       |      |       | 490   | 577   | 502   | 458   | 545   |
| 101 0 | 383   |       |      |       | 485   | 595   | 479   | 460   | 540   |
| 2     | 382   |       |      |       | 489   | 604   | 463   | 460   | 550   |
| 4     | 377   |       |      |       | 485   | 620   | 492   | 451   | 552   |
| 6     | 377   |       |      |       | 478   | 635   | 433   | 444   | 565   |
| 8     | 383   |       |      |       | 447   | 666   | 425   | 434   | 565   |
| 102 0 | 387   |       |      |       | 416   | 692   | 420   | 400   | 528   |
| 2     | 382   |       |      |       | 380   | 670   | 400   | 397   | 505   |
| 4     | 373   |       |      |       | 339   | 617   | 397   | 374   | 482   |
| 6     | 358   |       |      |       | 325   | 571   | 385   | 358   | 475   |
| 8     | 355   |       |      |       | 299   | 512   | 370   | 339   | 470   |
| 103 0 | 355   |       |      |       | 270   | 493   | 350   | 324   | 460   |
| 2     | 353   |       |      |       | 266   | 472   | 325   | 305   | 445   |
| 4     | 345   |       |      |       | 257   | 433   | 299   | 302   | 415   |
| 6     | 348   |       |      |       | 252   | 430   | 285   | 286   | 400   |
| 8     | 200   |       |      |       | 242   | 397   | 256   | 279   | 390   |
| 104 0 | 210   |       |      |       | 221   | 290   | 256   | 205   | 225   |
| 2     | 240   |       |      |       | 205   | 290   | 240   | 185   | 203   |
| 4     | 285   |       |      |       | 199   |       |       | 160   |       |
| 6     |       |       |      |       | 199   |       |       | 140   |       |



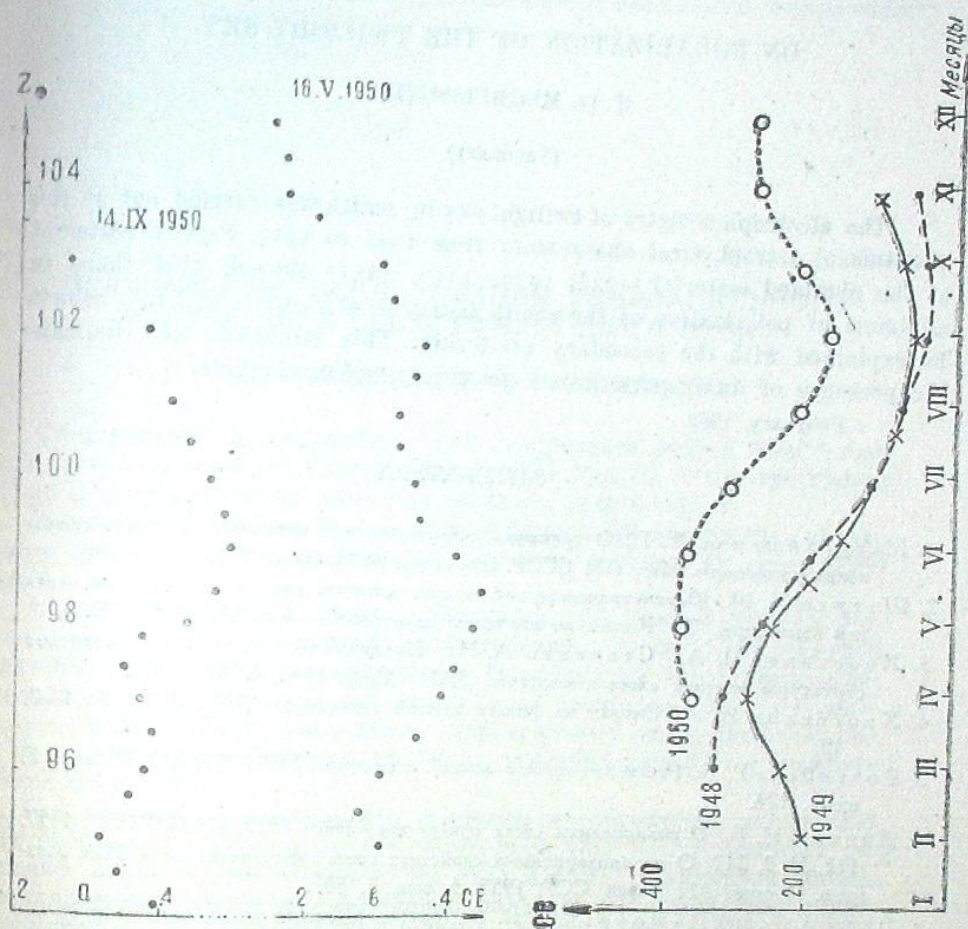
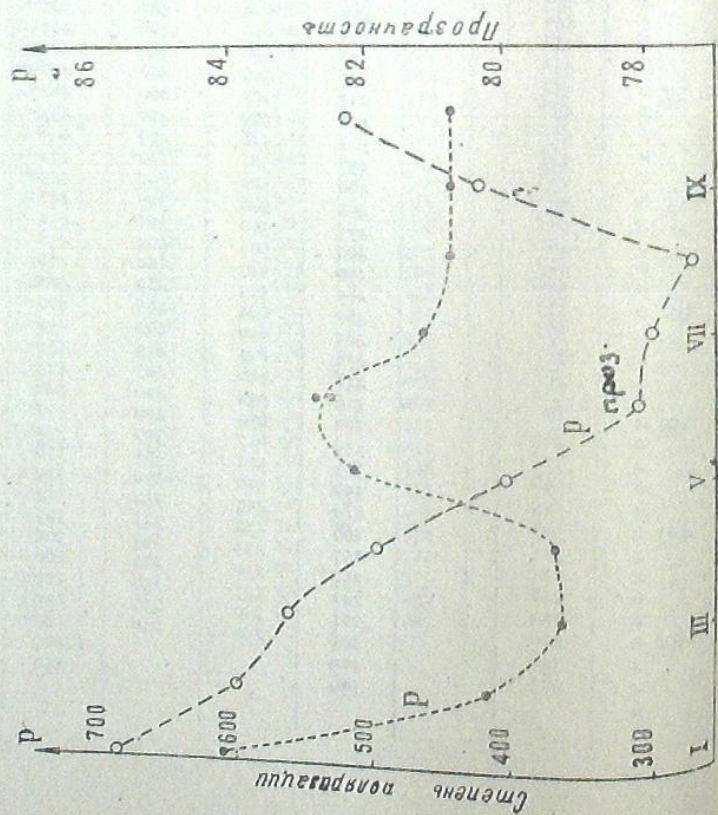
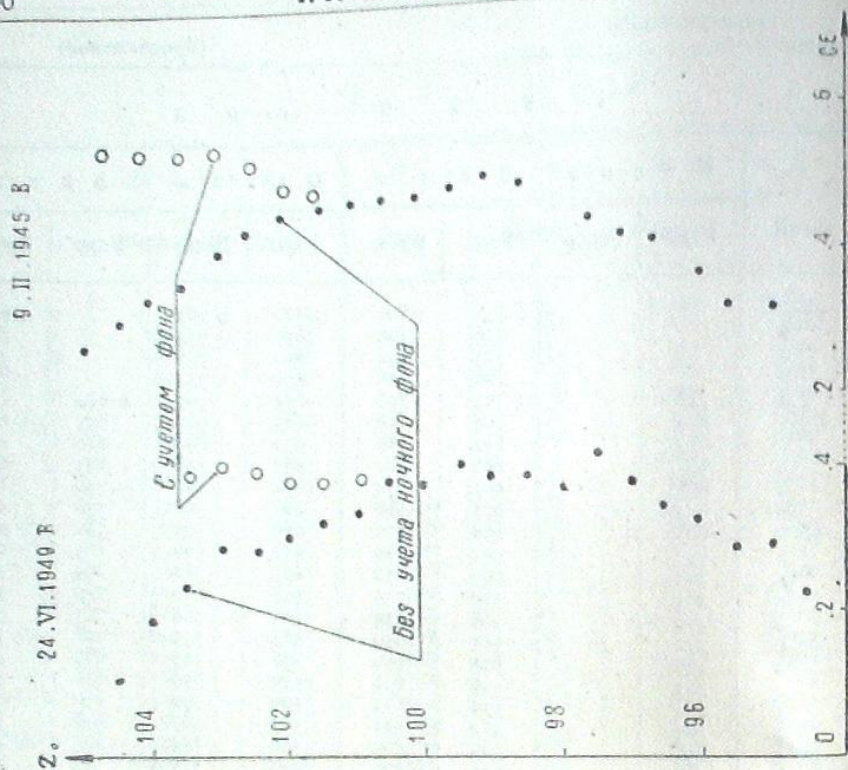


Рис. 7

Рис. 8

В литературе неоднократно указывалось, что наблюдавшееся в сумерках изменение показателя цвета может быть вызвано поглощением лучей в слое озона. В пользу этого соображения говорит тот факт, что сезонный ход показателя цвета имеет тот же вид, что и сезонный ход общего содержания озона (рис. 8) [14, 15].

Февраль, 1962.



## ON POLARIZATION OF THE TWILIGHT SKY

T. G. MEGRELISHVILI

(Summary)

The electrophotometry of twilight sky in zenith was carried out at the Abastumani astrophysical observatory from 1946 to 1954. Partial treatment of the obtained material (1948, 1949, 1950, 1951) showed that there is minimum of polarization at the zenith distances 98, 99, 100 and this cannot be explained with the secondary scattering. This minimum may indicate the presence of dusty particles at the corresponding heights.

February, 1962.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мегрелишвили Т. Г., О границах применимости сумеречного метода исследования атмосферы. Изв. АН СССР, сер. геоф., 1958, № 8, 977.
2. Штауде Н. М., Фотометрические наблюдения сумерек как метод изучения верхней атмосферы. Тр. Комис. по изучению стратосферы при АН СССР, 1936, 1.
3. Хвостиков И. А., Севченко А. Н., Поляриметрический метод изучения структуры верхних слоев атмосферы. ДАН СССР, 1936, 4, № 8, 112.
4. Хвостиков И. А., Очерки по физике земной атмосферы. УФН, 1938, № 1—2, 19.
5. Розенберг Г. В., Рассеяние света в земной атмосфере. УФН, 1960, XXI, вып. 2, июнь, 174.
6. Дивари Н. Б., О поляризации света сумеречного неба, 1957, ДАН СССР, 1957, 112, № 2, 217; О поляризационных свойствах света сумеречного неба. Изв. Астроф. Инстит. АН Казах. ССР, 1957, 5, вып. 7, 89.
7. Dave J. V. and Ramanathan K. R., On the intensity and polarisation of the light from the sky during twilight. Proc. Indian Acad. Sci., 1956, A 43, № 2, 67—78.
8. Стамов Д. Г., Поляризация неба и мутность атмосферы. Автореф. дисс. канд. физ.-мат. и., 1953, Морской гидрофиз. ин-т АН СССР.
9. Стамов Д. Г., Исследование поляризации небесного света в зените при малых высотах Солнца как метод зондирования земной атмосферы. Изв. АН СССР, 1936, № 4, 145.
10. Линк Ф., Атмосферная пыль в земной атмосфере. Бюлл. астрон. инстит-ов Чехословакии, 1953, № 6, 158.
11. Швестка Зд., Проблема слоя метеорной пыли в земной атмосфере. Бюлл. астрон. ин-тов Чехословакии, 1954, № 5, 92.
12. Vasouleurs G., Observations des discontinuités crepusculaires, C. R. Acad. Sci., 1951, 232, № 4, 342.
13. Bigg E. K., Detection of atmospheric dust and temperature inversions by twilight scattering. Nature, 1956, № 4498, 77.
14. Дивари Н. Б., Об изменении цвета сумеречного неба. ДАН СССР, 1958, 122, № 5, 795.
15. Hulburt O. E., Explanation of the brightness and color of the Sky, particularly the twilight. J. Opt. Soc. Am., 1953, 43, № 2, 113.

## СПЕКТРАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОКСИЛЬНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СВЕТЕ СУМЕРЕЧНОГО НЕБА

Т. Г. МЕГРЕЛИШВИЛИ, Т. И. ТОРОШЕЛИДЗЕ

Спектральные исследования света сумеречного неба в Абастуманской обсерватории были начаты в конце 1957 года [1] со спектрографом СП-48 в направлении на север при зенитном расстоянии 67°.

Цель настоящей статьи сообщить фактический материал, касающийся наблюдений гидроксильного излучения в сумерках летом 1960 года.

В работах Митры [2], Эльви и Фарнсфорт [3], Чемберлейна [4], Робле [5] встречаются указания на существование в спектрах сумерек отдельных линий гидроксильных полос. Поэтому нам представилось целесообразным исследовать этот вопрос и на нашем большом материале, тем более, что отдельные линии гидроксильных полос, появляющиеся на наших спектрограммах, не были замечены раньше в спектрах сумеречного света.

Полученные нами результаты основаны на обработке около 200 спектрограмм. На спектрах сумеречного неба нами были замечены отдельные линии гидроксильных полос (6,1) и (9,3). Применение более чувствительной фотопленки позволило получить большинство линий указанных полос (таблица 1) в период максимума гидроксильного свечения (ноябрь, декабрь, январь).

Эти полосы получают в спектре сумеречного неба главным образом при угле погружения Солнца 8,8°—16°, а также, часто, отдельные линии этих полос получают при угле погружения Солнца 7°—9°. На рис. 1 дается спектр сумеречного неба для углов солнечного погружения 9°—16° и соответствующая микроспектрограмма с отдельными линиями полос (6,1) и (9,3).

Для получения сезонного хода интенсивности гидроксильных полос в спектре сумерек использовалась линия  $\lambda 6330 \text{ \AA}$  Р<sub>3</sub> полосы (9,3), которая на спектрограммах почти всегда получается при угле погружения Солнца 9°—16°. Сезонный ход интенсивности указанной линии за период с июля 1960 по июль 1961 гг. дан на рис. 2. Наблюдается сезонный ход с максимумом в ноябре-январе и небольшим вторичным максимумом в июне-июле.

В период максимального свечения гидроксильного излучения, когда на сумеречных спектрах появилось большинство линий указанных полос, имелась возможность определить отношение полных интенсивностей этих двух полос (9,3) и (6,1), за период ноябрь-январь. Величина этого отношения меняется от 0,51 до 1,00, при среднем значении 0,77.