ЛИТЕРАТУРА

1. В. К. Семенченко, Поверхностные явления в металлах и сплавах, М., Гостехиздат, 1957.
2. М. С. Саидов, ФММ 17 (5), 795 (1964).
3. М. С. Саидов, ЖФХ 38 (11), 2681 (1964).
4. М. С. Саидов, Х. А. Шамуратов, в сборнике «Рост кристаллов», т. 8, М., «Наука», 1968, стр. 57.
5. М. С. Саидов, в сборнике «Процессы роста кристаллов и пленок полупроводников», Новосибирск, 1970, стр. 578.
6. М. С. Саидов, М. К. Юсупова, ФТП 4, 252 (1970).
7. М. С. Саидов, Докторская диссертация «Исследование взаимодействия и распределения примесей в некоторых полупроводниковых и металлических системах» (ФТИ АН УзбССР, Ташкент, 1970 г.).

П. В. Щеглов. Астроклиматические условия в Средней Азии и Казахстане.

Прогресс многих интенсивно развивающихся отраслей современной астрономии тесно связан с наблюдением весьма слабых небесных объектов в оптическом диапазоне спектра. Детальное изучение внегалактических пекулярных объектов, наблюдение переменных звезд, новых и сверхновых в ближайших галактиках, исследование предельно слабых звезд в рассеянных и шаровых скоплениях, необходимое для уточнения теорий звездной эволюции, и, наконец, космологические исследования — вот далеко не полный перечень интереснейших вопросов, к решению которых можно было бы приступить, увеличив проницающую способность оптических телескопов.

Астрономия имеет дело с весьма слабыми световыми потоками. В настоящее время фотографируются объекты с потоком излучения на поверхности Земли $\sim (1-2)\times \times 10^{-3}$ *кв/см²сек* ($\Delta\lambda = 10^3$ Å) и спектрографируются с потоком $10^{-4} - 5\cdot 10^{-5}$ *кв/см²сек* ($\Delta\lambda = 10$ Å). Заметим, что астрономические приемники излучения и изображения достаточно чувствительны, чтобы зарегистрировать еще более слабые объекты.

Рассмотрим отношение сигнал/шум при фотографировании точечных объектов. Пусть D и f — диаметр и фокусное расстояние телескопа, β — диаметр изображения звезды на фотопластинке, p — линейное разрешение фотоэмульсии, p/f — угловое разрешение системы, n (*фот/см²сек*) — поток излучения от объекта, S (*фот/см²сек·стер*) — поток излучения от фона неба, m — число фотонов на 1 *см*², необходимое для достижения оптимальной плотности на снимке.

Тогда при $\beta > p/f$ (диск дрожания, обусловленный атмосферными возмущениями, разрешается) и $mf^2 = \frac{\pi}{4} D^2 t_0 S$ (экспонирование ведется до фона неба) способность телескопа обнаружить слабый ($n < \beta^2 S$) объект $1/n \sim BDt^{1/2}/\beta S^{1/2} = Bm^{1/2}f/\beta S$, где

$$B = [(n+\beta^2 S)\, D^2 t]^{1/2}/nD^2 t.$$

Мы видим, что диаметр телескопа и величина неспокойствия атмосферы входят в выражение для предельной звездной величины линейно. Улучшение астроклимата вдвое эквивалентно удвоению диаметра телескопа.

Если диск дрожания не разрешается, $\beta < p/f$, $1/n \sim Bm^{1/2}f^2/pS$ при $t_0 = 4mf^2/\pi D^2 S$; проницающая способность растет пропорционально квадрату диаметра телескопа. Мы видим, что не существует принципиальных ограничений проницающей способности телескопов, установленных на поверхности Земли. Аналогичные соотношения можно вывести для случая электрофотометрии и спектроскопии малой дисперсии (фон неба регистрируется) [1]. На рис. 1 приведена зависимость предельной звездной величины телескопа $D = 2{,}6$ *м* от f при разных β. Точки на кривой для $\beta = 1{,}25''$ нанесены по работе [1]; так как стоимость телескопа $R \sim D^3$, то $1/n \sim R^{1/3}/\beta$. При фокусных расстояниях, превышающих ~ 20 *м*, и $D = 260$ *см* фон неба может быть зарегистрирован с экспозицией в несколько десятков минут лишь с помощью усилителя изображения. В настоящее время предельная звездная величина при фотографировании равна $22-23^m$.

Таким образом, уменьшение β является чрезвычайно эффективным методом повышения проницающей способности телескопа. Что касается самих оптических систем, то их качество у хороших телескопов уже давно близко к дифракционному [2].

Основной задачей астроклиматических исследований является поиск места с малым β для установки крупных телескопов. Практика астрономических наблюдений показывает, что β может значительно меняться в разных пунктах и в разные моменты времени. Основным фактором, искажающим волновой фронт, являются температурные неоднородности воздуха. Целесообразно устанавливать телескопы на вершинах гор, где толщина слоя приземной инверсии может составлять несколько метров. Необходимо, чтобы при этом скорость ветра была невелика. На рис. 2 показана схема-

тическая картина атмосферных искажений волнового фронта звезды, перемещающаяся относительно телескопа со скоростью ветра в возмущающем слое. Наблюдения на телескопах различного размера показывают, что атмосферные искажения волнового фронта чаще всего имеют размеры $\sim 50 - 100$ *см*. В крупных телескопах ($D > l$) изображение размывается, но не дрожит, в малых ($d < l$) — дрожит, не деформируясь. Очевидно, что при поисках места установки телескопа диаметром D с помощью астроклиматического прибора диаметром d следует измерять наблюдаемое в этом телескопе дрожание изображения α (см.[3]). Это хорошо понимали ранние исследователи астроклимата [4], но затем долгое время основным астроклиматическим критерием считалось t — отклонение участка d волнового фронта от плоскости[5]. Калибровка этой методики по крупным телескопам не производилась. α измерялось в качестве вспомогательного параметра, причем, как выяснилось позже, методика измерения α обладала значительными случайными и систематическими ошибками. Новая астроклиматическая методика калибровалась по крупным телескопам [6, 7]. Связь между α, измеренными новым (визуальным) и старым (фотографическим) методами, t и β для телескопа $D = 125$ *см* показана на рис. 3 [7]. Старая методика нелинейна и приблизительно втрое менее чувствительнее новой на линейном участке. Важным практическим усовершенствованием при переходе к новой методике было использование визуального двухлучевого прибора, значительно менее чувствительного к ветровым вибрациям, чем одиночные телескопы [8]. Новая методика включает обязательную локализацию возмущающего слоя микротермометрическими измерениями в приземном слое высотой 15—30 *м* [9, 10]; эти измерения позволяют определить высоту башни телескопа. В ряде случаев (в долинах) возмущающий слой может находиться очень высоко [11].

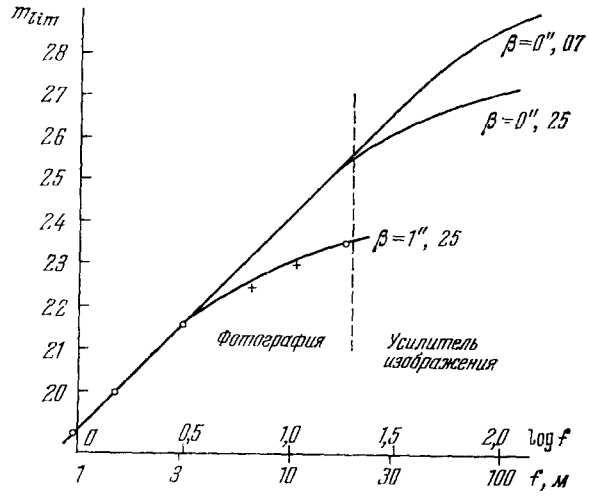

Рис. 1. Зависимость предельной звездной величины телескопа с $D = 2{,}6$ *м* от фокусного расстояния при экспонировании до фона неба для разных β.

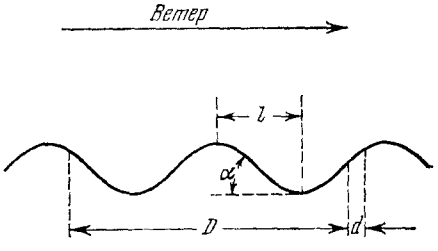

Рис. 2. Схематическая картина искаженного атмосферой волнового фронта от звезды.

Астроклиматические исследования в среднеазиатских республиках СССР ведутся с начала 30-х годов. За это время получено $\sim 1{,}5 \cdot 10^5$ оценок t по старой методике и около $3 \cdot 10^3$ оценок α с помощью двухлучевого прибора. Пункты, оказавшиеся наилучшими, были рекомендованы для астроклиматического обследования климатологами как близкие по условиям и свободной атмосфере. В начале 60-х годов было начато изучение выбранной из этих соображений горы Санглок в Таджикистане. Астроклиматические исследования по старой [12] и новой [13–14] методике показали исключительно малые значения β для этого пункта. К сожалению, гора Санглок находится в районе интенсивно развивающегося Нурекского промышленного узла. Гистограммы β для горы Санглок и одного из пунктов в Калифорнии с хорошими изображениями [15] приведены на рис. 4. Осенью 1967 г. О. А. Семенова из СА НИГМИ обратила мое внимание на район метеостанции Минчукур в Южном Узбекистане как весьма интересный с точки зрения требований астрономии. Детальный анализ метеоданных [16, 17] показал, что по количеству ясного времени, температурным и ветровым характеристикам этот район превосходит перспективные в астрономическом отношении районы Чили [18]. Осенью 1969 г. Ташкентский астрономический институт провел в районе Минчукура первые астроклиматические наблюдения, результаты которых оказались весьма оптимистическими [19]. Результаты годичных наблюдений [20] с помощью двухлучевого прибора на господствующей вершине района — горе Майданак — приведены на рис. 5. Для

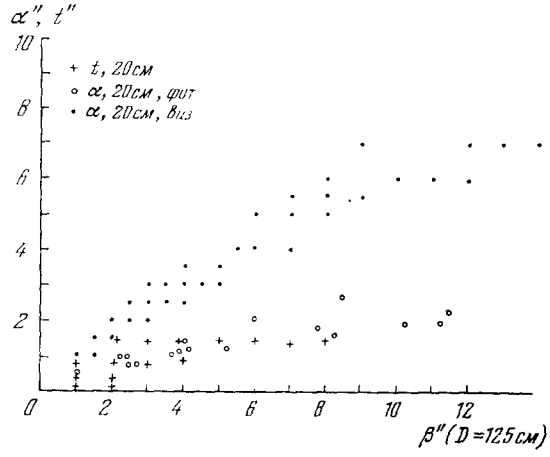

Рис. 3. Связь между α (d = 20 *см*, фотографическая методика), α (d = 20 *см*, визуальная методика), t (20 *см*) и β (D = 125 *см*) (по [7]).

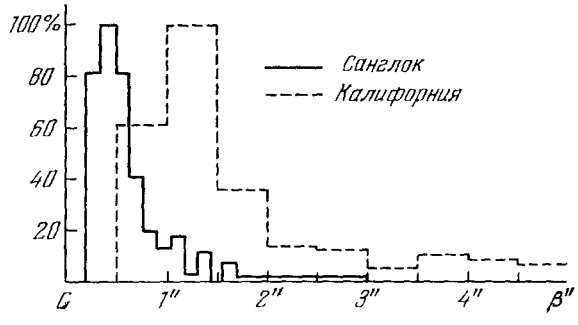

Рис. 4. Гистограмма β для горы Санглок [14] и для пункта Juniperra Serra Peak (Калифорния) [15].

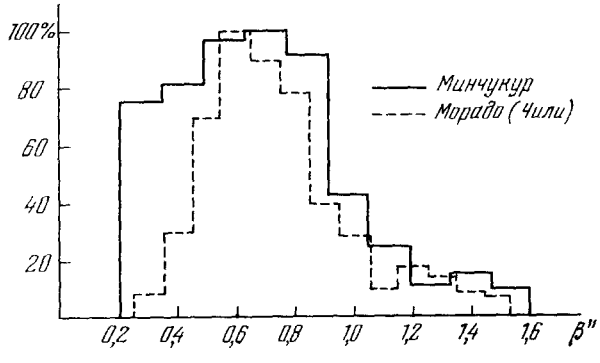

Рис. 5. Гистограмма β для горы Майданак (Минчукур) [20] и вершины Морадо (Чили) [21].

сравнения на рис. 5 даны результаты измерения β с помощью объективной методики для чилийской вершины Морадо [21]. Хорошее качество изображения на вершинах Средней Азии объясняется малой скоростью ветра в этом удаленном от океанов и хорошо изолированном высокими горами с юга и востока районе.

Для использования всех возможностей, даваемых атмосферой в исследованных пунктах, остается, однако, сделать довольно много. Исследования аэро- и термодинамики башен телескопов, изготовление высококачественной оптики и высокоинформативных приемников изображения — вот основные вопросы, без решения которых, по-видимому, не удастся создать высокоэффективный астрономический телескоп. Не вызывает сомнения, что установка подобных приборов в найденных пунктах является первоочередной задачей нашей астрономии.

ЛИТЕРАТУРА

1. I. S. Bowen, Astron. J. 69 (10), 816 (1964).
2. G. W. Ritchey, L'Astronomie 42, 179 (1928).
3. С. Б. Новиков, А. А. Овчинников, П. В. Щеглов, Астрон. цирк. № 554 (1970).
4. J. A. Anderson, J. RAS Canada 36 (5), 177 (1942).
5. A. Danjon, A. Couder, Lunettes et telescopes, Paris, 1935.
6. В. В. Родионов, С. П. Яценко, Астрон. цирк. № 482 (1968).
7. В. Е. Слуцкий, А. Г. Принцев, Астрон. цирк. № 573 (1970).
8. С. Б. Новиков, в сборнике «Атмосферная оптика», М., «Наука», 1970.
9. H. Siedentopf, F. Unz, ESO Publ., March 1964.
10. А. В. Багров, А. А. Овчинников, Астрон. цирк № 558 (1970).
11. В. В. Родионов, Астрон. цирк. № 554 (1970).
12. О. П. Васильяновская, Бюлл. Инст-та астрофиз., Душанбе, № 39—40 (1965).
13. С. Б. Новиков, П. В. Щеглов, Астрон. цирк. № 491 (1968).
14. А. В. Багров, Ю. Ф. Никитин, Г. В. Новикова, С. Б. Новиков, П. В. Щеглов, Астрон. цирк. № 574 (1970).
15. M. F. Walker, Publ. Astr. Soc. Pac. 82, (No. 487), 672 (1970).
16. Г. В. Новикова, Астрон. цирк. № 482 (1968).
17. Г. В. Новикова, в сборнике «Атмосферная оптика», М., «Наука», 1970, стр. 10.
18. ESO Annual Report, 1969.
19. В. Е. Слуцкий, В. Г. Хецелиус, Астрон. цирк. № 573 (1970).
20. С. П. Яценко, Астрон. цирк. № 637 (1971).
21. I. B. Irvin, ESO Bull., No. 3 (1968).