

ИЗУЧЕНИЕ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ И ПРОЗРАЧНОСТИ ДНЕВНОЙ АТМОСФЕРЫ В РАЙОНЕ БТА

Ю. К. Бергнер, А. В. Крат,* С. М. Морозова,
В. К. Панчук, М. А. Погодин,* Г. А. Чуйтонов*

Приведены результаты определения количества осаждаемой воды, позволяющие оценить возможность дневных наблюдений в инфракрасном диапазоне. В диапазоне 0.4—1.7 мкм измерены актинометрические характеристики дневной атмосферы.

Results are presented of determining the quantity of the condensed water which allow to estimate the possibility of day-time observations in the infrared range. In the range 0.4—1.7 actinometric characteristics of the day-time atmosphere have been measured.

Одной из возможностей увеличения эффективности БТА является использование дневного и сумеречного времени для работ в инфракрасном диапазоне длин волн. С этой целью необходимо исследовать уровни влагосодержания и их стабильность во времени. Содержание паров воды определяет характер энергообмена в атмосфере и, следовательно, влияет на стабильность коэффициентов экстинкции как в ИК, так и в видимой и фотографической областях спектра.

Поэтому в САО АН СССР была предпринята попытка изучить сезонные и дневные вариации влагосодержания и коэффициентов экстинкции. Методика и аппаратура были разработаны в Отделе астрономической техники ГАО АН СССР в течение 1974—1975 гг. Наблюдения и обработка материала проведены группой «ИК-астрономия» САО АН СССР.

Наблюдения в районе БТА выполнялись с октября 1975 г. по август 1976 г. с помощью двух приборов — солнечного фотометра и гигрометра. Солнечный фотометр имеет набор из 12 интерференционных фильтров, выделяющих спектральные диапазоны шириной $\Delta\lambda/\lambda=0.02\div 0.04$ в широком интервале длин волн (0.38—2.2 мкм). Гигрометр построен по принципу компенсации потоков внутри и вне полос поглощения водяного пара и снабжен двумя смежными парами фильтров — 0.94/0.88 и 1.43/1.05 мкм. Калибровка проведена по данным аэрологического зондирования во время экспедиций ГАО в Средней Азии. Приборы подобной конструкции применялись в геофизических исследованиях [1] и для оценки пригодности обсерваторий для наблюдений в ИК-диапазоне [2, 3]. Наблюдения проводились в течение 92 дней, когда отсутствовал около-солнечный ореол; число дней пригодных для наблюдений, но в которые они не проводились, не превышает 20. Отдельное определение атмосферных характеристик (серия) состоит из четырех независимых определений влагосодержания при помощи гигрометра и измерений интенсивности солнечной радиации в 12 фильтрах. Продолжительность выполнения одной серии 10 мин., всего выполнено 632 серии. Обработка наблюдений, выполненных на солнечном фотометре, проводилась по методу Бугера, ошибка определения коэффициента экстинкции не превосходит 0.01 звездной величины.

* Сотрудник ГАО АН СССР.

Результаты измерений. На рис. 1 приведена корреляция коэффициента прозрачности ($\lambda=1.66$ мкм) и количества осажденных паров в вертикальном столбе атмосферы W для сезонов октябрь—март и апрель—август. Видно, что при равных количествах осажденной воды ($W=3-4$ мм) коэффициент поглощения в летние месяцы систематически выше. На длине волны 1.66 мкм основными источниками непрозрачности являются пары

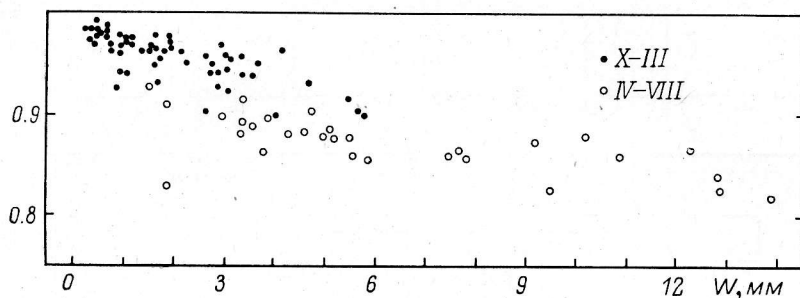


Рис. 1.

воды и рассеяние. Поэтому можно предполагать, что дополнительное поглощение в летние месяцы обусловлено повышенным рассеянием на частицах размерами более 1 мкм.

Известно, что для влажной атмосферы наблюдается селективное аэрозольное ослабление, причем характеристикой такого ослабления может быть показатель степени n в зависимости оптической толщины атмосферы от длины волны: $\tau \sim \lambda^{-n}$. Величину n мы определяли по точкам 0.38

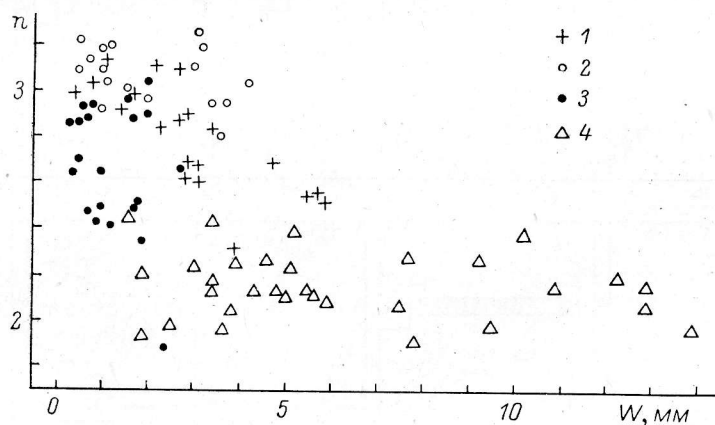


Рис. 2.

и 0.55 мкм. По характеру связи влагосодержания W с мерой селективности n попытаемся разбить весь наблюдательный сезон на периоды, внутри которых характеристики атмосферы изменяются по близким закономерностям. На рис. 2 дана корреляция средних за день величин W и n для следующих сезонов:

- 1 — октябрь—14 XI (до выпадения снега);
- 2 — 16 XI—январь (преобладают западные ветры);
- 3 — февраль—март (сухая атмосфера, безветрие);
- 4 — апрель—август (дни с нестабильными оптическими характеристиками).

Можно заметить, что в осенние дни с уменьшением влагосодержания селективность поглощения растет, в первую половину зимы при изме-

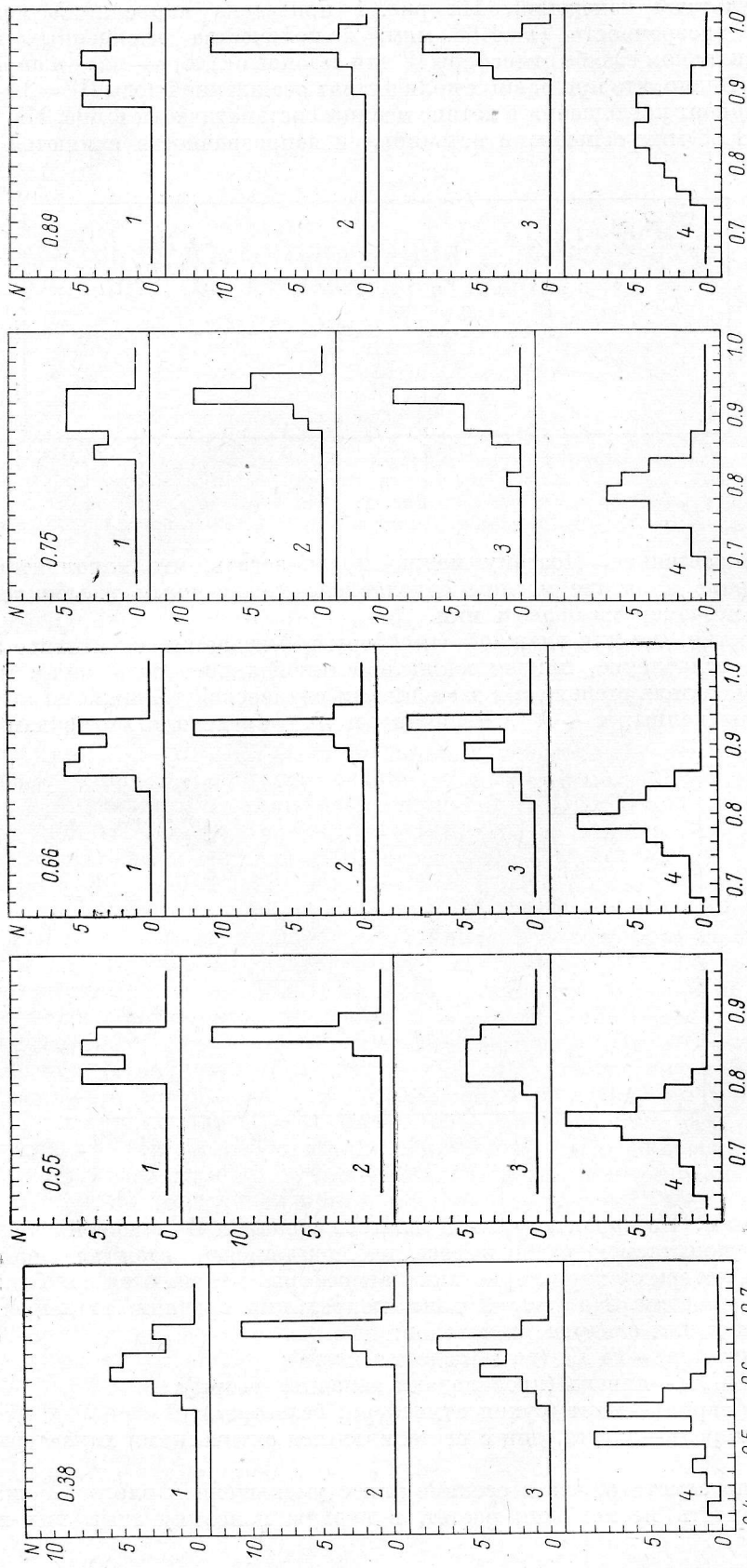


Рис. 3. Гистограммы монохроматических коэффициентов прозрачности для различных λ , мкм, построенные для различных наблюдательных сезонов.

нениях W изменяется слабо, в феврале и марте при низких и постоянных уровнях влагосодержания заметно меняется, в период апрель—август при больших вариациях W селективность изменяется слабо. На рис. 3 даны гистограммы для соответствующих сезонов, где по оси абсцисс отложены средние за день коэффициенты прозрачности, а по оси ординат — число дней. Видно, что выделенные сезоны отличаются как средними значениями коэффициентов прозрачности, так и их вариациями изо дня

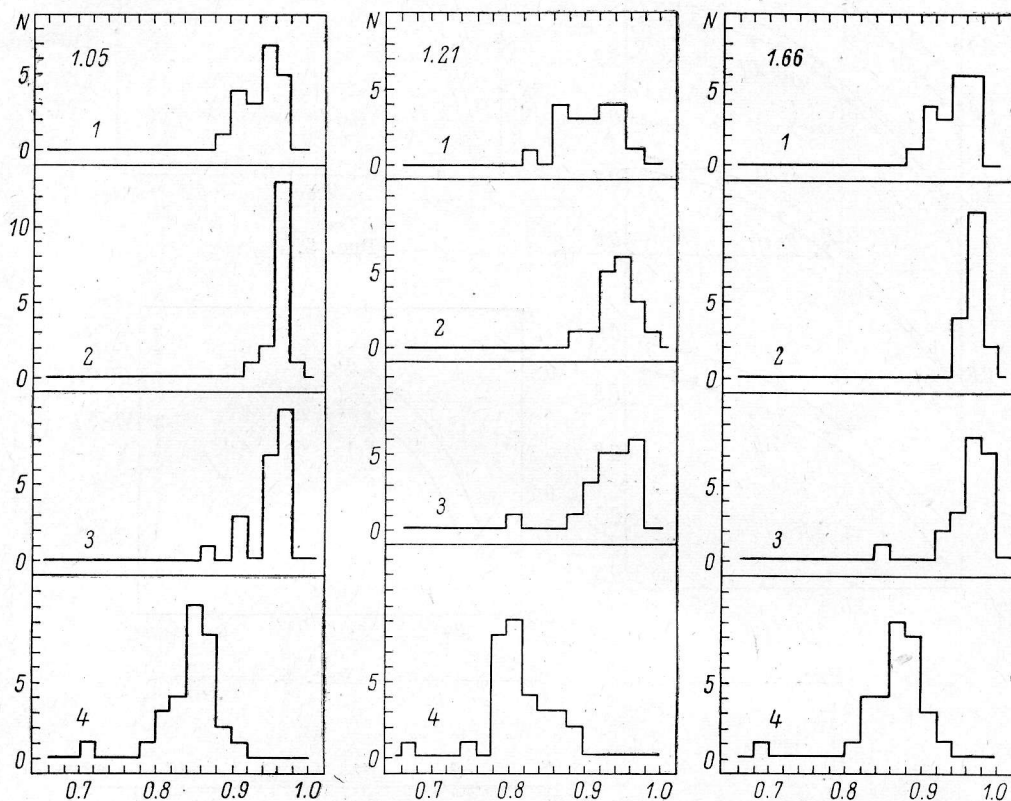


Рис. 3 (продолжение).

в день. На рис. 4 приведены средние за день зависимости коэффициента прозрачности от длины волны, построенные для дней, характеризующих размах корреляций n и W :

	W , мм	n		W , мм	n
a) 5 XI	0.8	3.04	19 X	5.8	2.52
б) 8 I	0.5	3.23	16 XII	4.2	3.05
в) 11 III	0.8	2.94	26 III	1.0	2.50
г) 4 V	3.4	2.1	6 VIII	12.9	2.1

В летние месяцы увеличение влагосодержания в 3—4 раза сопровождается усилением нейтральной компоненты в коэффициенте поглощения. Если предположить, что существует корреляция между количеством водяного пара и капельной фазой, то можно прийти к выводу, что в летние месяцы нейтральное ослабление излучения происходит благодаря рассеянию на капельках воды, размеры которых превосходят 2 мкм.

На рис. 5 даны результаты сравнения средних коэффициентов прозрачности ночной атмосферы (1 — Серро-Тололо [4], 2 — Терскол [5], 3 — Каменское плато [6], 4 — Тыравере [7]) с нашими определениями (5) средних за год дневных коэффициентов прозрачности для CAO. На

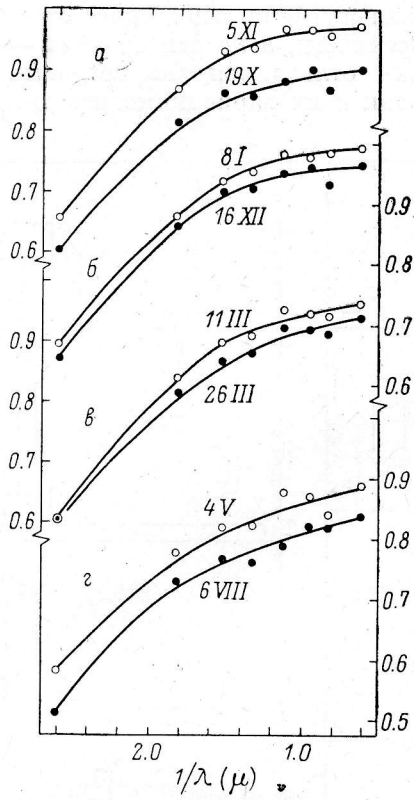


Рис. 4.

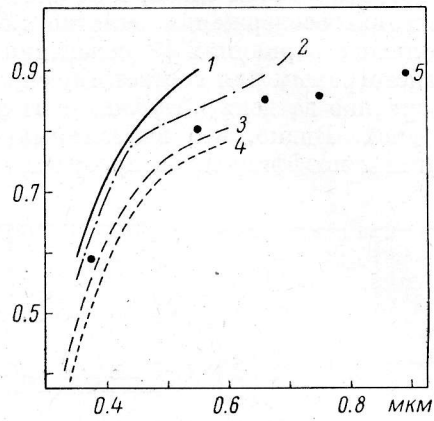


Рис. 5.

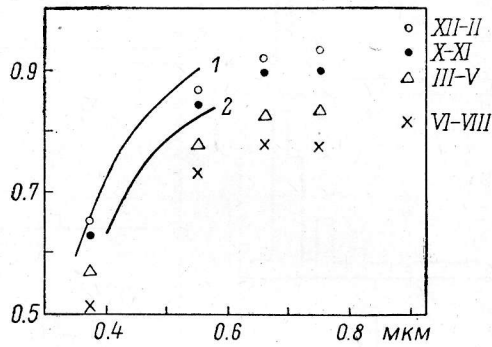


Рис. 6.

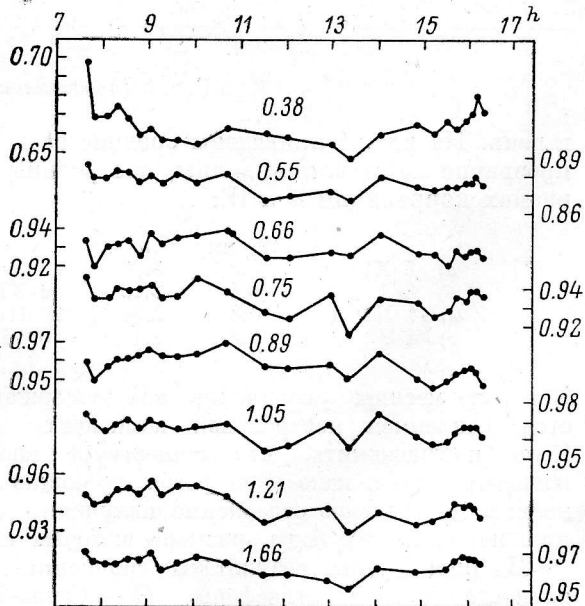
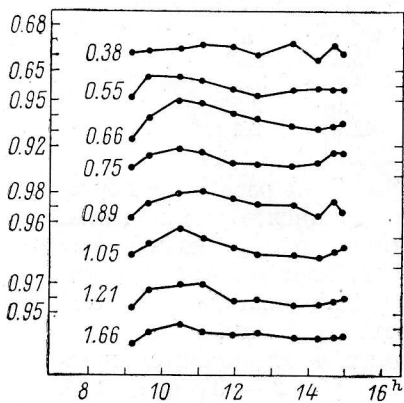


Рис. 7.

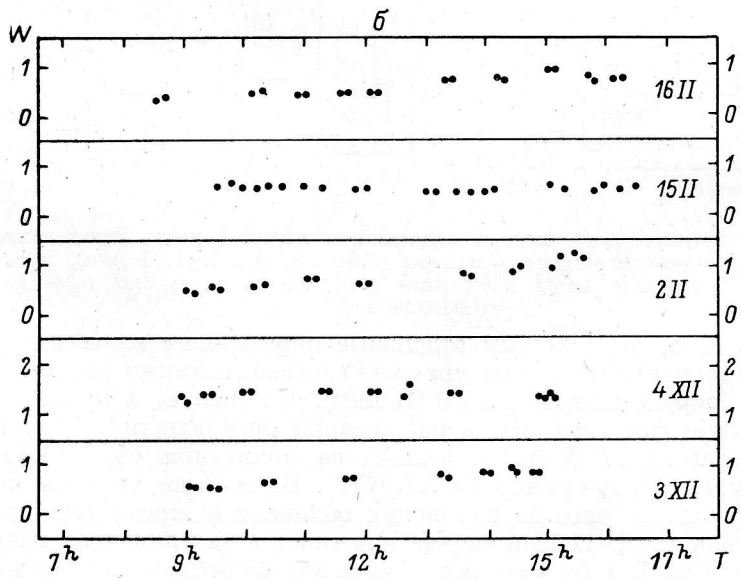
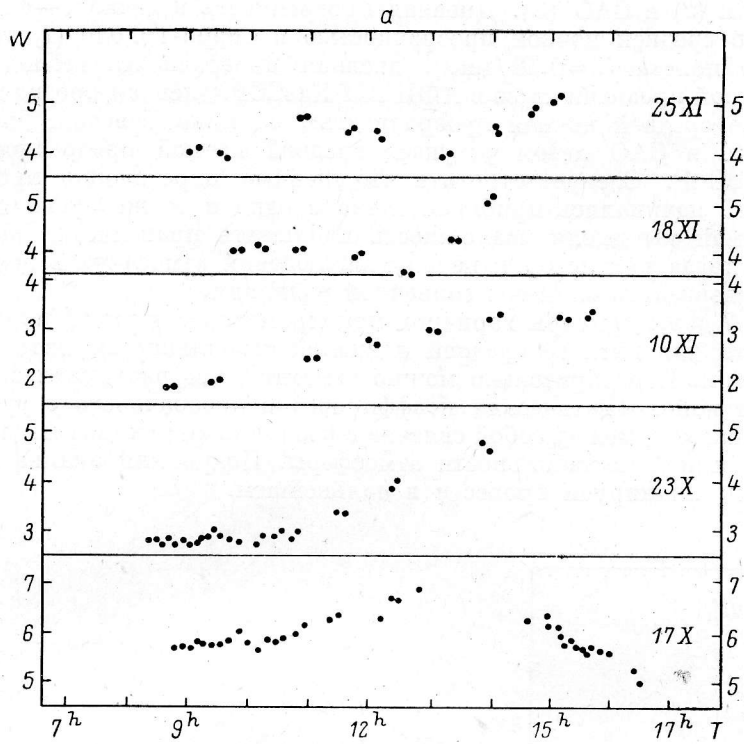


Рис. 8.

рис. 6 приведено сравнение средних дневных коэффициентов прозрачности для различных времен года с результатами исследования ночной летней прозрачности (2) в САО [8]. Дневная прозрачность в декабре—феврале сравнима со средней ночной прозрачностью в Серро-Тололо (1) только для ультрафиолета ($\lambda=0.38$ мкм), дневная прозрачность весной — со средней ночной прозрачностью в АФИ АН КазССР, дневная прозрачность осенью — со средней ночной прозрачностью на пике Терскол, дневная прозрачность в САО летом уступает средней ночной прозрачности в ИАФА АН ЭССР. Следует отметить, что дневные определения прозрачности в САО начинались приблизительно в одно и то же время суток, поэтому зимой мы имели возможность наблюдать практически ночную атмосферу, тогда как летом к началу наблюдений атмосфера в большей степени подвергалась влиянию солнечной радиации.

На рис. 7 даны примеры вариаций монохроматических коэффициентов прозрачности для дней со средней и низкой стабильностью оптических характеристик. Предварительно можно отметить, что различная степень корреляции монохроматических коэффициентов прозрачности с уровнем влагосодержания и между собой связана с различными механизмами нарушений оптической нестабильности атмосферы. Подробный анализ таких вариаций мы планируем провести в дальнейшем.

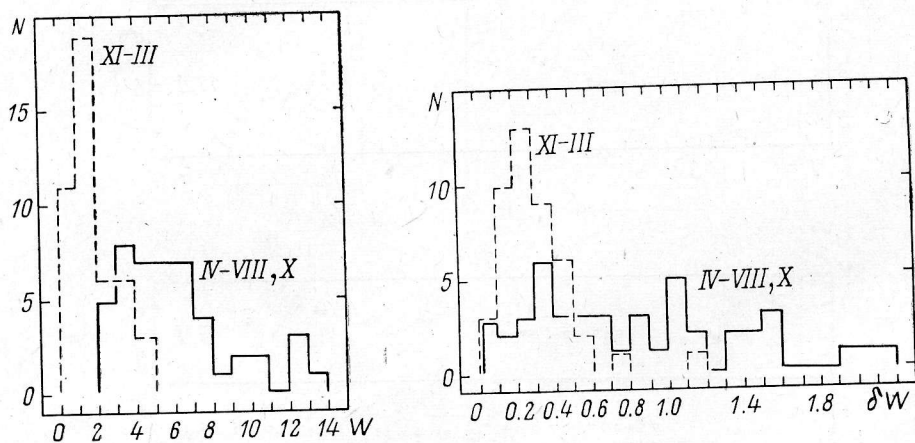


Рис. 9. Гистограммы среднедневных значений осажденной воды, определенных при помощи оптического гигрометра (фильтры 0.94/0.88 и 1.13/1.05 мкм), и вариаций количества осажденной воды в течение дня, определенные по паре фильтров 0.94/0.88 мкм.

На рис. 8, а, б приведены отдельные определения влагосодержания для дней с высоким и низким уровнем влагосодержания соответственно (гигрометр, пара фильтров 0.94/0.88 мкм). На рис. 8, а приведены типичные кривые для дней, когда наблюдения прекращались (или прерывались, например 17 X 1975) вследствие появления облачности типа *Cu hum* (или *Ci fil*, например 10 XI 1975). Видно, что уровень влагосодержания растет задолго до появления облачности, кроме того, нам известны случаи, когда первая «волна влажности» не приводила к появлению облачности. В этих случаях появлению облачности предшествовал повторный рост W .

Весь наблюдательный сезон можно разбить на два периода: пригодный и непригодный для наблюдений в ИК-диапазоне. Гистограммы уровней влагосодержания W и его вариаций ΔW приведены на рис. 9. Следует отметить, что планирование наблюдений различного характера предполагает различный приоритет характеристик W и ΔW , например работа в режиме длительного накопления сигнала должна проводиться для дней с низкими

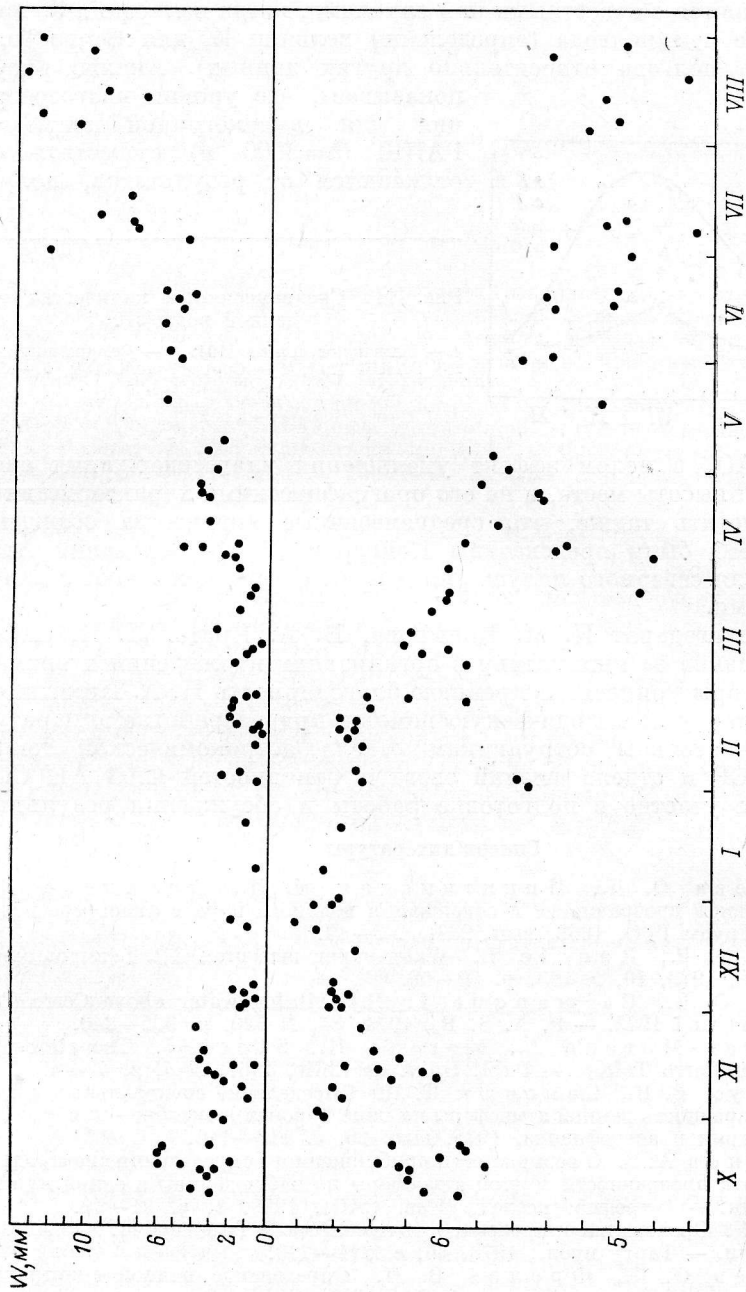
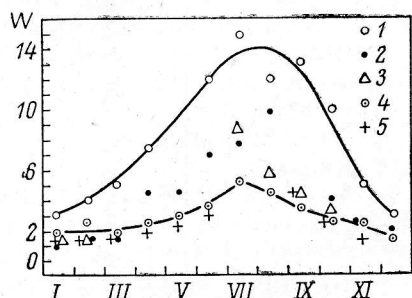


Рис. 10. Средние дневные значения W , определенные по паре фильтров 1.13/1.05 мкм и средние дневные значения коэффициентов прозрачности на $\lambda=0.38$ мкм.

δW , которые не обязательно соответствуют минимальным уровням влагосодержания.

На рис. 10 даны средние за день значения осажженной воды и коэффициенты прозрачности на длине волны 0.38 мкм для всего наблюдательного периода. На рис. 11 среднемесячные дневные уровни влагосодержания сравниваются с известными нам случаями, когда измерения W проводились более чем полгода (определения величин W для Серро-Тололо сдвинуты на полгода относительно других данных). Анализ рисунка



показывает, что уровни влагосодержания для высокогорной экспедиции ГАИШ ($h=3000$ м) существенно не отличаются от результатов, получен-

Рис. 11. Среднемесячные количества осажженной воды W .

1 — Каменское плато [10]; 2 — Семиродники; 3 — ВЭ ГАИШ [11]; 4 — Серро-Тололо [3]; 5 — Маунт Леммон [2].

ных для САО, в целом эффект уменьшения влагосодержания связан с изменением высоты места, а не его орографическими характеристиками. Следует отметить также, что среднемесячные количества осажженной воды для САО были предсказаны Койшером [9] на основании Атласа влажности для северного полушария и практически совпадают с нашими определениями.

Авторы благодарят И. М. Копылова, В. А. Крата, Л. И. Снежко, Ю. Л. Шахбазяна за инициативу в организации наблюдений и внимание к работе. Авторы приносят искреннюю благодарность Н. А. Никитинской и И. Я. Бадинову за методическую помощь при разработке аппаратуры. Авторы признательны сотрудникам отдела астрономической техники ГАО АН СССР и отдела физики звезд и туманностей САО АН СССР, принимавшим участие в подготовке работы и обсуждении результатов.

Список литературы

1. Бартенева О. Д., Никитинская Н. И., Полякова Е. А. О спектральной прозрачности и содержании водяного пара в атмосфере над Памиром. — Труды ГГО, 1969, вып. 237, с. 3—17.
2. Kuiper G. P., Randic L. Water-vapor measures. Mt. Lemmon area. — Comm. LPL, 1973, 10, N 193, p. 60—69.
3. Hansen O. L., Saimanque L. Precipitable water above Cerro Tololo between 1971 and 1975. — P. A. S. P., 1974, 87, N 520, p. 935—940.
4. Gutierrez-Moreno A., Moreno H., Stock J. The atmospheric extinction at Cerro Tololo. — Publ. Univ. de Chile, 1967, N 4, p. 45—48.
5. Аврамчук В. В., Семенюк Т. П. Определение спектрального коэффициента прозрачности земной атмосферы на пике Терскол в октябре—ноябре 1973 г. — Астрометрия и астрофизика, 1975, вып. 26, с. 113—116.
6. Харитонов А. В. О возможности приближенного определения спектрального коэффициента прозрачности земной атмосферы по наблюдениям в одной или двух длинах волн. — Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 1970, 1, с. 91—99.
7. Хянин У. Спектральная прозрачность атмосферы в Тыгравере II. Исследование прозрачности. — Тарту публ., 1973, 40, с. 211—220.
8. Васильев О. Б., Фролов В. Н. Определение ночной спектральной прозрачности атмосферы экспедицией ГАО АН СССР в Зеленчук в 1963 г. — Изв. ГАО, 1965, 24, вып. 2, № 178, с. 207—213.
9. Kuiper G. P. High altitude sites and IR Astronomy. — Comm. LPL, 1970, 8, N 142, p. 121—164.
10. Горопова Т. П. К вопросу о роли различных факторов в ослаблении света земной атмосферой. — Изв. АФИ АН Каз. ССР, 1958, 6, с. 3—72.
11. Макарова Е. А., Ситник Г. Ф., Кожевников Н. И. Некоторые оптические свойства земной атмосферы и содержание водяных паров по наблюдениям в Кучино и в высокогорной экспедиции ГАИШ. — Сообщ. ГАИШ, 1963, № 126, с. 3—24.