

АТМОСФЕРНО-ОПТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В ГОР. ЕРЕВАНЕ

Н. Н. Сытинская и В. В. Шаронов

Наша работа в Ереване была посвящена, главным образом, собиранию материалов, характеризующих данную местность с точки зрения ее пригодности для разного рода астрономических работ. Мы находились в Ереване с 30 июля по 20 сентября, т. е. несколько менее 2-х месяцев. Несомненно, что такой срок совершенно недостаточен для каких-либо уверенных выводов в этом отношении. Только наблюдения, распространяющиеся на весь год и при том продолжающиеся несколько лет подряд, могут дать материал для окончательных заключений. Кроме того, самые критерии, которые служат для оценки качества места, могут быть весьма различны и варьируются в зависимости от программы астрономических работ. В нашем случае велись преимущественно фотометрические работы и самые материалы, о которых речь будет идти ниже, в значительной мере были получены как побочный продукт фотометрических наблюдений, поставленных для других задач.

Поэтому в настоящей статье мы будем касаться главным образом вопросов прозрачности воздуха. Вопрос об облачности будет затронут лишь мимоходом, а крайне важного для многих видов наблюдений — вопроса о спокойствии изображений мы касаться не будем совсем.

Некоторые общие данные относительно топографии и климата района г. Еревана

Город Ереван расположен в северной части Араратской долины, на склонах холмов, обращенных к югу и юго-западу. Сама Араратская долина представляет собою

плоскогорье, со средней высотой над уровнем моря около 900 м, слегка покатое к югу. Она со всех сторон окружена горными хребтами. С юга ее ограничивают высочайшие вершины Закавказья—горы Большой и Малый Арарат и тянущаяся от них к западу горная цепь—Армянский Тавр (или Агры-Даг). На западе возвышается гора Алагез, а с севера и востока долину охватывают горные цепи Малого Кавказа. Такое расположение долины в кольце высоких гор делает ее мало доступной для внешних климатических влияний и основные явления, определяющие атмосферно-оптический режим места, зависят преимущественно от чисто местных процессов.

Одной из характернейших особенностей климата Еревана является суточный ход ветра в летние месяцы (июль-август). Утро по большей части бывает совершенно тихим. В послеполуденные часы обычно появляется ветер, но незначительной силы. Приблизительно за 1—1½ часа до заката солнца внезапно начинается сильнейший ветер NE направления, нередко доходящий до степени бури и характеризующийся скоростями до 20 м/сек. Ветер поднимает не только пыль, но и довольно крупный песок и потому закат солнца нередко сопровождается сухим туманом, а также пылевыми и песчаными тучами и смерчами. Через некоторое время после заката солнца ветер начинает стихать и после полуночи наступает полный штиль, продолжающийся до следующего вечера. В сентябре вечерние бури становятся слабее и реже, а в октябре они прекращаются совсем.

Для иллюстрации сказанного приводим следующие цифры, заимствованные нами из метео-сводки станции Ереван-Аэропорт за 1935 год.

Средняя месячная скорость ветра м/сек.

Час					
Месяц	1h	7h	13h	19h	21h
Август	1,9	0,4	1,2	7,0	6,0
Сентябрь	1,5	0,8	1,8	2,8	3,1

Число случаев очень сильного ветра:

(> 10 м/сек.)

	1h	7h	13h	19h	21h
Август	1	0	0	9	6
Сентябрь	0	0	1	3	5

Сухой туман в августе отмечен в течении 20 дней, в сентябре—7 дней.

Весьма характерна в Ереване и летняя облачность. Сама по себе Ереванская долина отмечается чрезвычайной сухостью; относительная влажность воздуха в летние и осенние месяцы очень низка; например, в 1935 г. среднее месячное за август составляет 41% , а за сентябрь— 46% ; в некоторые дни наблюдались значения ниже 20% . Осадки в это время года почти отсутствуют и почва совершенно суха. Поэтому восходящие токи воздуха над самой долиной, несмотря на чрезвычайно сильное нагревание почвы, никогда не сопровождаются образованием кучевых облаков. Зато окрестные горы являются мощным очагом развития облачности.

На рассвете облаков чаще всего нет совершенно. Через несколько часов после восхода солнца горы начинают обволакиваться кучевыми облаками. Обычно этот процесс начинается раньше всего на снеговой вершине Большого Арарата, затем он охватывает другие вершины, постепенно распространяется по всему протяжению горных хребтов. В результате в после полуденные часы весь горизонт оказывается охваченным кольцом кучевых облаков: При безветрии эти облака остаются низко на горизонте до самого вечера, оставляя небо практически чистым, при наличии же ветра любого направления они надвигаются на долину. При этом в одних случаях они сохраняют свой характер тяжелых кучевых облаков или даже принимают характер $CuNi$; в других, попадая в сухие токи восходящего воздуха над долиной они поднимаются и разрушаются, превращаясь в ACu . Вечерние сильные ветры почти всегда несут облака ACu , которые быстро проносятся по небу с NE на SW. Поэтому вечерняя половина

ночи в большинстве случаев характеризуется перемежающейся облачностью, в то время как утренняя чаще всего бывает безоблачной.

Для иллюстрации приводим средние значения облачности по данным станции Ереван-Аэропорт за 1935 год:

	1 ч	7 ч	13 ч	19 ч	21 ч
Август	3,0	1,8	0,9	3,8	3,5
Сентябрь	1,6	1,4	1,7	2,9	2,2

Число метеорологически ясных дней (т. е. таких, когда за все 5 сроков наблюдения отмечена облачность „0“) составило: в августе—4, в сентябре—6. Число практически ясных дней, т. е. таких, когда облачность появлялась лишь по горизонту, не принося существенного ущерба астрономическим наблюдениям, по нашим собственным данным было: в августе—10, в сентябре—10*). Все остальные дни являются частично облачными; дней со сплошной облачностью или совершенно пасмурных за время нашего пребывания в Ереване не было ни одного.

Как особенность следует еще отметить почти полное отсутствие облаков верхнего яруса; за 2 месяца пребывания в Ереване мы всего 2 раза видели облака типа Ci и CiSt.

Все сказанное можно резюмировать следующим образом. Подобно всем вообще пунктам Кавказа и Закавказья, Ереван страдает от облачности, развивающейся на высоких горах¹. Поэтому в отношении числа совершенно безоблачных дней, а также и общей продолжительности безоблачного времени это место несомненно уступает Ташкенту², где совершенно безоблачная погода держится неделями и который по количеству ясных дней занимает среди обсерваторий СССР первое место. Детальное сравнение числа ясных дней, полужасных и облачных дней для августа и сентября в Ереване (за 1935 г.) и в Ташкенте (среднее за 1931—1934 г. г.) дается в таблице 1.

*) Необходимо отметить, что в статистике облачности, публикуемой в „циркулярах“ Ташкентской астрономической обсерватории также не принимается в расчет кучевая облачность, которая появляется нязко на горизонте над Чимганским хребтом.

$\log E$

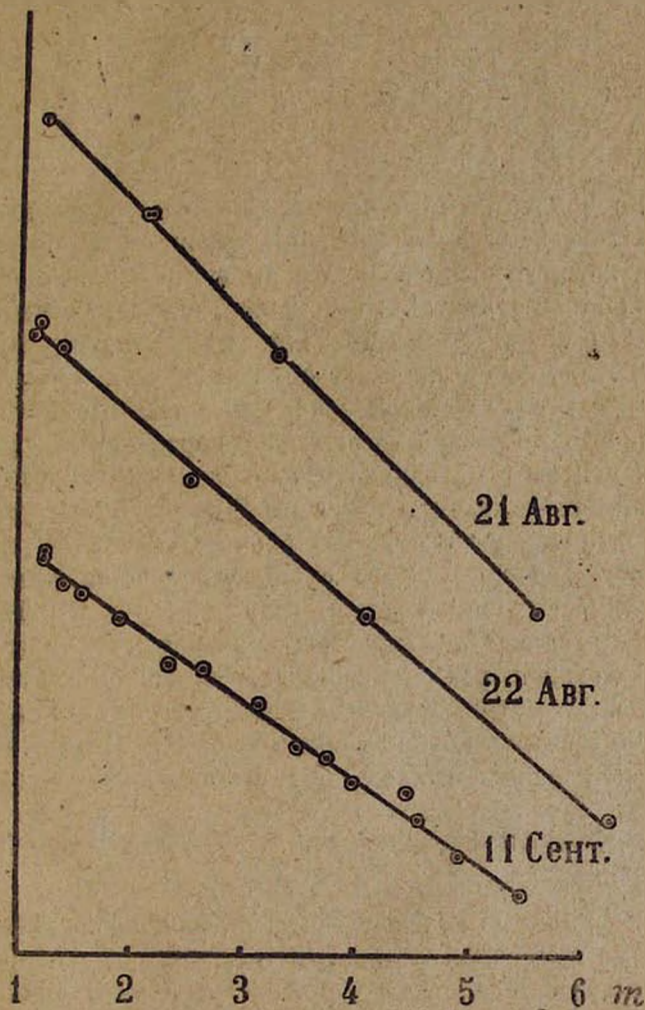


Таблица № 1

Сравнение условий облачности в Ереване и в Ташкенте

Характеристика	А в г у с т			С е н т я б р ь		
	Ереван		Ташкент	Ереван		Ташкент
	День	Ночь		День	Ночь	
Ясно	1	3	22	3	6	20
Полужасно	27	20	6	27	14	6
Облачно	3	7	2	0	8	2
Пасмурно	0	1	1	0	2	2

Но условия облачности в Ереване несравненно благоприятнее всех тех пунктов Северного Кавказа и Закавказья, которые были обследованы экспедициями Астрономического Института¹. Поэтому из Кавказских местностей Ереван, с точки зрения пригодности для астрономических работ, несомненно занимает одно из первых мест. Сравнивая Ереван с Ташкентом необходимо также отметить, что облачность в Ереване чрезвычайно переменчива и в течение суток успевает несколько раз появиться и исчезнуть. По этой причине летом и осенью в Ереване почти не бывает дней и ночей, в которые не раз'яснялось бы хотя бы на время - обстоятельство очень важное для ведения систематических наблюдений, в то же время в Ташкенте летом преобладающей формой облачности является перистая, которая раз появившись, держится чрезвычайно упорно. Зато отрицательным моментом в Ереване являются вечерние ветры, которые сильно портят условия астрономической работы в часы, следующие за закатом солнца.

Коэффициент прозрачности атмосферы в визуальных лучах днем

Визуальные коэффициенты прозрачности были получены из измерений солнечной освещенности посредством клинового солнечного фотометра². В этом приборе измеряется освещенность, создаваемая прямыми лучами солнца на плоскости, нормальной к этим лучам; рассеянный свет

неба и окрестных предметов тщательно исключается посредством защитной вычерненной трубки с рядом диафрагм внутри. Полученное при каждом измерении значение солнечной освещенности E как известно удовлетворяет равенству

$$\lg E = \lg E_0 + m(z) \lg p \quad (I)$$

где E_0 —значение солнечной освещенности вне атмосферы, а $m(z)$ —воздушная масса, соответствующая зенитному расстоянию солнца Z в момент наблюдения. Если произвести ряд измерений при разных зенитных расстояниях и если принять, что коэффициент прозрачности атмосферы p за время наблюдений не менялся, то мы получим систему из нескольких уравнений вида (I), решение которой по способу наименьших квадратов даст неизвестные E_0 и p . Такой обработке была подвергнута 21 серия наблюдений, каждая из которых занимала промежуток времени между полуднем и моментом появления или исчезновения солнца над горами. Полученные из измерений значения световой солнечной постоянной E_0 (получение которых и составляло непосредственную задачу работ с солнечным фотометром) приводятся и обсуждаются в специальной работе¹. Значения коэффициента прозрачности p для отдельных серий измерений приводятся в табл. 5. Их общее среднее дает:

$$p = 0.811$$

Необходимо заметить, что перед применением способа наименьших квадратов, значения $\lg E$ были нанесены на график по аргументу $m(z)$. Если прозрачность атмосферы за время наблюдений не менялась, то соответствующие точки должны лечь на графике по прямой; отступление от этой формы будет означать изменение прозрачности атмосферы в течение дня. Прямолинейный ход $\lg E$ с $m(z)$ (или по крайней мере отсутствие систематических отклонений разбросанных точек от прямой линии) было обнаружено во всех случаях, кроме измерения 23 августа утром, которое в силу этой причины в обработку не вошло. Для иллюстрации на черт. I приводятся некоторые

из графиков. Ход кривой не уступает тому, что получено сотрудниками Смитсонпанской астрофизической обсерватории для лучших станций в мире—Монтецума в Чили и Сент-Катерина на Синайском полуострове¹, хотя при сравнении таких результатов следует иметь ввиду, что тепловые измерения в большей мере подвержены влиянию изменений в состоянии атмосферы (главным образом абсолютной влажности) нежели наблюдения визуальные. Во всяком случае высокое постоянство визуальной прозрачности атмосферы в Ереване в течение дня является одним из ценнейших качеств, в особенности для работ по астрофотометрии.

В таблице 2 дается сопоставление коэффициента прозрачности для разных станций. В таблицу включены все те станции, для которых можно было получить значения коэффициента прозрачности в визуальных лучах днем. Кроме данных, выведенных непосредственно из визуальных измерений прямой солнечной освещенности или из измерений суммарной и рассеянной освещенности горизонтальной плоскости, мы использовали также спектральные коэффициенты прозрачности⁸ p_λ , при помощи которых визуальный коэффициент p легко вычисляется по формуле:

$$p = \frac{\int_0^\infty p_\lambda f_\lambda V_\lambda d\lambda}{\int_0^\infty f_\lambda V_\lambda d\lambda} \quad (2)$$

где f_λ — спектральное распределение солнечной радиации вне атмосферы (взято по Абботу³), а V_λ — спектральная чувствительность глаза—по Джибсону и Тиндаллю⁶. Таблица 2 ясно показывает возрастание p с высотой над уровнем моря.

В целях сравнения чистоты и прозрачности атмосферы на станциях с неодинаковой высотой мы вычислили значения визуального фактора мутности T для каждой станции, что было выполнено посредством формулы:

$$T = \frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{\lg p}{\lg p_0} \quad (3)$$

где P_0 и P —атмосферное давление на уровне моря и на данной станции, α и α_0 —коэффициенты поглощения, наблю-

Таблица № 2

Сводка дневных визуальных коэффициентов прозрачности атмосферы по наблюдениям в разных пунктах

№ п/п	Название места	Высота над ур. моря (метры)	Годы наблюдений	Наблюдатель	Метод наблюдения	Линейатура	ρ	α	T
1	Вашингтон	10	—	Аббот	Спектроболометр	8	0,736	0,306	2,45
2	Слуцк	50	1922-33 зима	Фоуль Былов	Фотоэлектрическая регистрация	3	0,725	0,323	2,61
3	Слуцк	50	1932-33 лето	Былов	" "	3	0,777	0,258	2,05
4	Неникюль	60	1934 г.	Шаронов	Солнечный фотометр	3	0,728	0,318	2,57
5	Потсдам	100	1919 г.	Мюллер	Спектрофотометр	8	0,801	0,222	1,79
6	Оротава	100	1910 г.	Крон Мюллер	Спектрофотометр	8	0,773	0,258	2,09
7	Никольск	150	1932 г.	Крон Шаронов	Горизонтальная освещ.	3	0,782	0,232	1,87
8	Моунт Визер	—	1913-14	Кимбалл (Расселл)	" "	8	0,768	0,266	
9	Ереван	980	1925 г.	Шаронов	Солнечный фотометр	—	0,811	0,210	1,88
10	Давос	1560	1910 г. только ясн. дни	Дорно	Фотометр Вебера	9	0,893	0,115	1,11
11	Давос	1560	1910 все дни	Дорно	" "	9	0,807	0,215	2,07
12	Моунт Вильсон	1780	—	Аббот Фоуль	Спектроболометр	8	0,872	0,158	1,37
13	Петрогиль	1850	1910 г.	Мюллер	Спектрофотометр	8	0,884	0,125	1,23
14	Альта Виста	3280	1910 г.	Крон Мюллер	Спектрофотометр	8	0,901	0,101	1,23
15	Моунт Витней	4420	—	Крон Аббот Фоуль	Спектроболометр	8	0,919	0,086	1,20

денный и вычисленный для идеально чистой атмосферы, а p_0 — визуальный коэффициент прозрачности на уровне моря для идеально сухой и чистой атмосферы. Для вычисления последнего были применены значения спектральных коэффициентов прозрачности p_λ , по данным Фоуля⁷, которые подставлены в формулу (2) и дали нужные нам p_0 . Сравнение фактора мутности, полученного для Еревана с данными для других станций, позволяет сделать вывод, что чистота воздуха в Ереване является средней.

Ночной коэффициент прозрачности в фотографических лучах

Для определения фотографических коэффициентов прозрачности ночью был применен следующий весьма простой способ. Камера „Фотокор“ с объективом „Ортагоз“, слегка выведенная из фокуса, направлялась в зенит и делалась экспозиция, продолжительностью около 10 минут. Затем на ту же пластинку снимался участок неба близ горизонта со склонением, близким к склонению зенита (для Еревана $\delta = 40^\circ$). На проявленном негативе звезды получаются в виде узких полосок, длиной около 5 мм. В каждой из двух областей выбиралось 10—20 звезд разной величины со спектральным классом от F до V. Их изображения промерялись на микрофотометре Гартмана. Зная величины звезд можно было затем построить характеристическую кривую.

Поскольку объектив „Ортагоз“ обладает широким углом зрения, различия в склонении фотографируемых звезд, даже для центральной части снимка будут составлять 10° и выше. Вследствие этого скорости перемещения внефокальных изображений звезд по пластинке, а с нею и экспозиция для разных звезд будут различны. Это вызывает необходимость введения в величины звезд, взятые из каталога, поправки Δ , которая, как легко видеть, будет равна.

$$\Delta = 2.5 q \lg (\cos \delta - \cos \delta_0) \quad (4)$$

Здесь q — показатель Шварцшильда, для наших пластинок

принятый равным 0.80, δ —склонение звезды, а $\delta_0=40^\circ$ —склонение, условно принятое за центр фотографируемых областей.

Характеристические кривые были построены по зенитным звездам, при чем по оси абсцисс откладывалось $m+\Delta$, а по оси ординат—отсчеты клина микрофотометра (пропорциональны оптической плотности измеренного изображения). Величины звезд m взяты из каталога Дрэпера.

Т а б л и ц а № 3

Фотографические коэффициенты прозрачности ночью

№	Д а т а		Час		Ррh	Область неба
			III	пояс		
1	Авг.	17	21 ^h	39 ^m	0,71	Андромеда
2		18	22	05	0,81	"
3		19	21	39	0,69	"
4		19	22	00	0,81	Гончие Псы
5		23	21	56	0,81	Андромеда
6		23	22	10	0,82	Гончие Псы
7		28	21	52	0,72	Андромеда
8		30	21	38	0,70	"
9		31	21	04	0,72	"
10	Сент,	2	21	23	0,69	"
11		9	21	39	0,73	"
12		17	20	37	0,80	"

Затем в характеристическую кривую мы входили с отсчетами клина микрофотометра для низких звезд и снимали с кривой соответствующие значения m' —видимую величину низкой звезды. Разность между величинами звезды: m' —найденной из измерения и $m+\Delta$ —показанной в каталоге и приведенной к $\delta=40^\circ$ дает поглощение Δm :

$$\Delta m = m' - (m + \Delta) \quad (5)$$

Отсюда коэффициент поглощения p_{ph} находится по формуле:

$$\lg p_{ph} = -0.4 \frac{\Delta m}{m(z) - 1} \quad (6)$$

где $m(z)$ — воздушная масса.

Результаты, полученные по отдельным звездам, показывают большие расхождения, что следует отнести на счет больших случайных ошибок каталожных величин звезд. Средние по каждой пластинке приводятся в таблице 3. Всего было обработано 12 пластинок. Для данной работы применялись исключительно пластинки „нормальной цветочувствительности“, т. е. лишенные всякой ортохроматичности; они были изготовлены специально для работ по астрофотометрии Научно - Исследовательским Институтом Кинематографии и фотографии (НИКФИ) в Москве (эмульсия № 421). Таким образом, полученные нами данные относятся к области нормальной фотографической чувствительности. Их общее среднее даст:

$$p_{ph} = 0.752.$$

В таблице 4 дается сопоставление фотографических коэффициентов прозрачности и фактора мутности для различных станций. Факторы мутности вычислены по формулам (2) и (3) с той разницей, что вместо спектрального распределения солнца взять спектральное распределение для звезд класса A_0 (по Бриллю¹⁴), а для V_λ принята средняя спектральная чувствительность для фотоэмульсии нормальной цветочувствительности (по неопубликованным материалам Института Аэросъемки). Мы видим, что для Еревана фотографический фактор мутности значительно меньше визуального. Если принять, что основным инградиентом, замутняющим атмосферу в этом пункте, является пыль, то это представляется вполне естественным, поскольку ослабление света пылевыми частицами одинаково по всему спектру, в то время как рэлеевская экстинкция быстро возрастает с уменьшением длины волны. Фактор мутности для Абас-Тумана¹² оказался меньше единицы, что указывает на ошибочность коэффициента прозрачности для этого пункта.

Т а б л и ц а № 4

(Сводка ночных фотографических коэффициентов прозрачности по наблюдениям в разных пунктах

№	А в т о р	Место на- блюдения	Высота над уров. моря мт.	Год на- блюд.	Температура	p	α	T
1	Шейнер	—	[0]	—	10	0,692	0,368	1,28
2	Шэберле Оппольцер	Мт. Гамильтон	[0]	1892	10	0,692	0,368	1,28
3	—	Гарвард			10	0,679	,387	1,34
4	Шварцшильд				10	0,631	0,460	1,57
5	Вирц	Вена		1-99	10	0,686	0,377	1,30
6	Кинг	Гарвард	—	—	10	0,649	0,432	1,50
7	Теркан	Огпалла	—	1900	10	0,603	0,506	1,76
8	Никонов	Шулково	100	1928	11	0,624	0,476	1,63
9	Доброправин	Абас-Туман	1360	1933	12	0,808	0,213	0,87
10	Брилль	Берлин-Ба- бельсберг		1929-30	13	0,619	0,487	1,68
11	Сытинская и Шаронов	Ереван	960	1935	—	0,752	0,287	1,12

**Горизонтальная задымленность, дальность видимости
и околосолнечный ореол**

Наблюдения горизонтальной задымленности состояли в определении удельной задымленности x ; под этим именем мы в своих предыдущих работах¹⁵ предложили понимать отношение яркости слоя воздуха в I км. толщины (в данном направлении) к яркости совершенно открытой горизонтальной абсолютно-белой поверхности. Для измерений применялся комбинированный инструментально-глазомерный метод. Он заключался в том, что три раза в сутки, а именно, в 7 час., 13 час. и 18 час. видимость удаленных объектов—холмов, окружающих город с SO и SW, гор Большого Арарата и Малого Арарата, а также ряда вершин хребта Армянский Тавр (Агры-Даг) отмечалась по 10-баль-

ной шкале, при чем балл „10“ означал полное отсутствие сколько нибудь заметной дымки на фоне данного объекта, а „0“ — полную невидимость последнего. В некоторые дни параллельно с глазомерными оценками производились также измерения дымкомером. Эти последние в условиях горной местности представляют некоторые специфические трудности, состоящие в том, что различаемость объектов наблюдений, удаленных от наблюдателя на десятки и даже сотни километров, не может быть измерена непосредственно. Поэтому редукция измерений дымкомером была сделана в предположении, что различаемость далеских гор (оба Арарата, но без снеговой вершины и цепи Армянский Тавр) на фоне неба равна различаемости близких к городу холмов, при условии их наблюдения в том же азимуте. Измерения различаемости близких холмов были выполнены путем сравнения с бумажным черно-белым шитом, прокалиброванным по абсолютному магнетиальному эталону. Эти измерения показали, что различаемость холмов, расположенных в направлениях от SO до W почти не меняется в течение дня и составляет в среднем 0,236. Только в часы, близкие к закату солнца, когда часть объектов оказывается на фоне околосолнечного ореола, наступает быстрое повышение различаемости, весьма неодинаковое в разных азимутах, которое продолжается и после заката солнца, когда объекты видны на фоне зари. Поэтому наблюдения видимости, выполненные слишком поздно перед закатом солнца из рассмотрения были исключены.

Значения потери видимости Π , полученные по наблюдениям дымкомером были сопоставлены с баллами по глазомерной оценке видимости, при чем оказалась весьма тесная зависимость. Средняя кривая, построенная по всем совпадавшим измерениям, послужила затем для перевода глазомерных оценок в потери видимости и, далее в удельные задымленности.

Результаты всей описанной работы приводятся в таблице 5. Кроме удельной задымленности x в ней дается дальность видимости S , т. е. то предельное расстояние (в километрах), на котором горы перестают быть видимыми.

Таблица № 5

А в г у с т 1 9 3 5 г.

Дата	Коэффициент прозрачности		Удельная задымленность α			Дальность видимости S			Ораол	
	Утро	Веч.	7h	13h	18h	7h	13h	18h	7h	18h
1	—	—	0,0031	—	—	81	—	—	—	—
2	—	—	0,0035	0,0038	0,0033	86	87	75	5	2
3	—	—	0,0033	0,0035	0,0033	80	80	115	5	—
4	—	—	0,0038	0,0045	0,0028	75	80	60	—	—
5	—	—	0,0038	0,0032	0,0030	60	60	60	—	2
6	—	—	0,0080	0,0052	0,0038	60	67	60	2	4
7	—	—	0,0035	—	0,0033	72	—	80	3	—
8	—	—	—	0,0033	0,0047	—	84	70	—	2
9	—	—	0,0038	—	—	87	—	—	3	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	0,0028	—	—	115	—	—
13	—	—	—	—	0,007	—	—	115	—	—
14	—	—	—	0,0024	0,0031	—	115	115	—	3
15	—	—	0,0035	0,0028	—	72	80	—	—	4
16	—	—	0,0076	0,0041	—	100	88	—	5	1 1/2
17	—	—	0,0035	0,0033	—	80	88	—	4	2
18	—	—	0,0038	0,0033	—	75	84	—	4	3
19	—	—	0,0152	0,0083	0,0038	54	60	87	4	—
20	—	—	0,005	0,0031	0,0028	67	60	100	—	2
21	—	0,771	0,0038	0,0038	0,0038	60	80	90	4	3
22	—	0,794	—	0,0042	0,0026	—	80	115	—	3
23	—	0,849	0,0035	0,0042	0,0026	84	68	100	5	3
24	0,803	0,809	0,0031	0,0035	0,0026	115	10	115	5	3
25	—	—	0,0050	0,0031	—	75	87	85	3	2 1/2
26	0,794	—	0,0031	0,0072	0,0026	115	100	115	4	3
27	—	—	0,0028	0,0028	0,0031	100	115	115	—	—
28	0,803	0,819	0,0033	0,0028	0,0026	100	100	115	3	2
29	0,828	—	0,0026	0,0028	0,0026	100	115	115	3	1 1/2
30	0,824	0,820	0,0031	0,0028	0,0020	100	115	115	2 1/2	1
31	—	—	0,0034	0,0031	0,0026	80	100	100	3	3

С е н т я б р ь 1 9 3 5 г.

1	0,778	—	0,0042	0,0050	0,0061	80	80	80	4	1 1/2
2	0,730	—	0,0106	0,0033	0,0026	60	80	115	3	2 1/2
3	0,815	—	0,0028	0,0028	—	100	115	—	3	2
4	—	—	0,0026	0,0028	0,0033	115	100	115	—	2 1/2
5	—	—	0,0021	0,0028	0,0026	115	98	115	—	—
6	—	—	0,0031	—	0,0026	84	—	115	2	—
7	—	—	0,0031	0,0028	0,0018	115	115	115	1	2
8	0,841	0,851	0,0031	0,0031	0,0028	115	115	115	2	2 1/2
9	—	0,834	—	0,0031	0,0026	—	115	115	—	2
10	—	—	0,0038	0,0031	0,0024	80	80	115	3	2
11	0,834	—	0,0035	0,0033	0,0026	84	87	115	4	2 1/2
12	0,826	—	0,0024	0,0028	—	115	115	—	3 1/2	1 1/2
13	0,811	—	0,0040	0,0035	—	84	115	—	4	2
14	—	—	0,0028	0,0031	0,0038	100	100	86	—	—
15	0,807	—	0,0028	0,0028	0,0026	100	115	115	3	2 1/2
16	—	—	—	0,0028	—	—	100	—	—	1
17	—	—	0,0028	0,0024	—	115	115	—	3	2 1/2
18	—	—	0,0047	—	—	100	—	—	3	—

Параллельно с видимостью отмечалась также интенсивность околосолнечного ореола. Этот последний за все время наблюдений имел настолько значительную яркость и ширину, что шкала Г. А. Тихова¹⁶ не могла быть применена для оценок (по ней ореол всегда был > 5 баллов). Поэтому была выработана специальная 5-бальная шкала, основанная главным образом на оценке ширины ореола. Баллом I отмечался ореол, шириной в толщину I пальца вытянутой руки, баллом 2—в 2 пальца и т. д. В вечерние часы ореол превращался в широкое золотистое сияние, далеко распространяющееся по небу. В этом случае и описанная шкала становилась трудно применимой (пужны были бы оценки 10—15 баллов), а потому для вечерних часов оценки ореола не делались. Результаты оценок для утреннего и дневного сроков наблюдения приводятся в последних графах таблицы 5.

Т а б л и ц а № 6

Средние значения дальности видимости удельной задымленности и ореола по декадам.

Декада	Дальность видимости S			Удельная задымленность x			Ореол	
	7h	13h	18h	7h	13h	18h	7h	13h
VIII, 1—10	76	76	76	0,0040	0,0050	0,0040	3,5	2,5
11—20	75	84	115	64	40	26	4,2	2,6
21—31	97	111	117	35	33	28	3,5	2,2
IX 1—10	103	108	124	40	33	26	2,5	2,1
11—18	104	113	115	40	28	38	3,3	2,0
Общее среднее	91	96	109	44	37	32	3,4	2,3

В таблице 6 даются средние значения x, S и ореола по декадам и за все время наблюдений.

Некоторые соотношения

Полученные из измерений характеристики прозрачности воздуха— S , x и p были сопоставлены с различными метеорологическими элементами, как полученными из наших собственных измерений, так и заимствованными из сводок метстанции Ереван-Аэропорт. Были рассмотрены различные соотношения, но отчетливая корреляция была обнаружена только в отношении трех элементов, а именно: околосолнечного ореола, скорости ветра и абсолютной влажности.

Соотношение с ореолом (только для утренних и дневных часов) приводится в таблице 7. Величины S и p обнаруживают отчетливое снижение с увеличением ореола, а величина x —возрастание. Таким образом, широко распространенное мнение, согласно которому развитие ореола может служить индикатором степени прозрачности воздуха,

Т а б л и ц а № 7

Соотношение между ореолом и прозрачностью воздуха

Ореол	Дальность видимости				Удельная задымленность			
	1h		18h		7h		13h	
	S	n	S	n	x	n	x	n
1	190	1	110	6	—	—	0,0088	4
2	96	4	100	17	0,0033	11	0,0035	11
3	96	14	91	9	0,0047	12	0,0035	8
4	78	7	73	2	0,0057	8	0,0054	2
5	96	5	—	—	0,0042	5	—	—

нашими материалами подтверждается. Однако, при этом необходимо отметить, что это относится лишь к данному месту и, возможно, лишь к данному сезону. В самом деле, прозрачность воздуха в Ереване на много выше, чем, например, в окрестностях Ленинграда, ореол же достигает несравненно большего развития. Это можно объяснить тем, что ореол по существу является лишь индикатором эффекта M_p в данной местности. Поскольку этот эффект

вызывается наличием в воздухе относительно крупных взвешенных частиц, то усиление ореола при прочих неизменных условиях должно означать увеличение числа посторонних частиц в воздухе и, следовательно, снижение прозрачности последнего. Но малая прозрачность воздуха может обуславливаться не только крупными частицами, но и мелкими. Последние при достаточно малом радиусе могут вовсе не давать эффекта Мп, а, следовательно, ореола. В качестве примера можно привести такие инградиенты, как молекулы водяного пара, уголекислоты и проч. Сравнение условий Ленинграда и Еревана, указанное выше, служит иллюстрацией этого обстоятельства. Таким образом, изменениями ореола можно пользоваться для суждений о колебаниях прозрачности атмосферы в данной местности и при данных условиях. Но совершенно неправильно пользоваться ореолом для сравнения прозрачности воздуха в различных пунктах.

Сопоставление прозрачности со скоростью ветра дается в таблице 8. Так как утром и днем в основном наблюдается затишье, приходится ограничиваться данными для вечерних часов.

Т а б л и ц а № 8

**Зависимость прозрачности воздуха от скорости ветра
(только по вечерним наблюдениям)**

Интервал скоростей ветра (м/сек.)	Дальность видимости		Удельная задымленность	
	S	п	х	п
0—2	128	15	0,0028	15
3—5	121	5	0,0024	5
6—8	130	2	0,0031	3
9—11	85	6	0,0028	4
12—14	72	4	0,0045	4
15—17	82	3	0,0057	3.

Изучение данных таблицы показывает, что при скоростях ветра меньших 10 м/сек. изменения прозрачности со скоростью ветра не обнаруживается. Лишь начиная со скоростей, больших 10 м/сек. начинается явное снижение S и возрастание x . Повидимому этот ход объясняется тем, что те фракции минеральной пыли, которые поднимаются ветрами до 10 м/сек., составляют с воздухом сравнительно устойчивую дисперсную систему. Поскольку значительные ветра наблюдаются каждый вечер, пыль эта постоянно держится в атмосфере и потому ветер до 10 м/сек. не влияет на запыленность воздуха. При скорости ветра свыше 10 м/сек. с поверхности земли поднимаются уже более крупные фракции пыли, которые образуют с воздухом дисперсную систему типа суспензии и потому выпадают из атмосферы вскоре после прекращения ветра. За счет таких фракций и происходит уменьшение прозрачности воздуха при скоростях ветра, превосходящих 10 м/сек. Аналогичный эффект обнаруживает и сопоставление скорости ветра с ночным фотографическим коэффициентом прозрачности, приведенное в табл. 9.

Т а б л и ц а № 9

Сопоставление ночных фотографических коэффициентов прозрачности со скоростью ветра.

Скорость ветра м/сек.	Число случаев	Среднее P_{ph}
0	2	0.82
1	3	0.75
3	2	0.70
5	2	0.75
7	1	0.84
9	1	0.72
12	1	0.69

Т а б л и ц а № 10
Зависимость прозрачности воздуха от абсолютной влажности

Абсолют- ная влаж- ность	Дальность види- мости (км.)						Удельная задымленность						Корэффи- циент про- зрачности	
	7h		13h		18h		7h		13h		18h		р	п
	S	п	S	п	S	п	х	п	х	п	х	п		
6,5-7,5	190	1	130	2	130	1	0,0028	1	0,0026	2	—	—	0,821	2
7,6-8,5	95	2	97	3	86	1	0,0031	2	0,0033	2	—	—	—	—
8,6-9,5	89	6	112	9	124	5	0,0033	9	0,0021	9	0,0021	5	0,821	4
9,6-10,5	102	5	103	8	124	5	0,0031	5	0,0033	9	0,0028	7	0,816	8
10,6-11,5	92	16	95	11	101	12	0,0042	16	0,0035	11	0,0033	11	0,791	4
11,6-12,5	83	8	87	6	123	6	0,0059	8	0,0045	6	0,0031	6	0,804	3
12,6-13,5	67	2	63	1	6	2	0,0038	2	0,0083	1	0,0054	2	—	—
13,6-14,5	67	1	—	—	75	1	0,0035	1	—	—	0,0033	1	—	—

В табл. 10 приводятся данные по корреляции между прозрачностью воздуха и абсолютной влажностью. Все три элемента показывают отчетливую зависимость, при чем x возрастает с увеличением влажности, а S и p убывают. Относительно величины p необходимо заметить, что при составлении чисел данной таблицы ее значения были приведены к стандартному давлению—675 мм.; впрочем эта редукция почти не чувствительна, так как колебания давления за время наших работ были очень невелики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение условий облачности и прозрачности атмосферы в Ереване убеждает нас в том, что с точки зрения астрономических работ эти два фактора здесь следует признать достаточно благоприятными. В отношении облачности Ереван представляется значительно более благоприятным, чем другие пункты Закавказья, обследованных рядом учреждений за последние годы, но уступает Ташкенту. Прозрачность атмосферы в Ереване, при большой сухости воздуха в летние и осенние месяцы года, зависит в основном от количества взвешенной в воздушных слоях пыли. Поэтому она становится неблагоприятной близь заката солнца и в первые часы ночи, когда вследствие систематически появляющихся сильных ветров запыленность резко возрастает. В другие часы суток прозрачность сле-

дует признать хорошей. Для фотометрических работ в особенности ценно относительное постоянство прозрачности в течении утра и дня, с несомненностью установленное нашими работами. Значительное развитие околосолнечного ореола в Ереване следует отнести за счет специфической природы находящихся в воздухе посторонних инградиентов, которые представляя собою минеральную пыль, дают чрезвычайно резкий эффект M_p при умеренном влиянии на прозрачность.

Мы считаем своевременным поставить вопрос о дальнейшем направлении поисков места для будущих обсерваторий. До сих пор центром внимания в этом отношении были горные районы—Карабах, Грузия, Армения, Северный Кавказ, горная система Памира. Это стремление к устройству высокогорных обсерваторий находит свое объяснение в опыте американских астрономов, которым на горах действительно удалось найти великолепные условия (Моунт-Вильсон и друг.). Теперь, после длинного ряда обследований, можно, повидимому, сделать вывод, что горные районы нашей страны, по большей части, мало благоприятны для астрономических работ, в первую очередь благодаря значительной облачности. Горы в 2000 м. и выше днем, как правило, являются очагом образования облачности восходящих токов, при чем эта облачность в той или иной мере сохраняется и на ночную часть суток. Вследствие этого в горных районах облачность всегда выше, чем над расположенными в аналогичных условиях равнинами. В отношении спокойствия изображений горы не обнаруживают преимуществ перед низменностями. Единственным бесспорным преимуществом гор является более высокая прозрачность атмосферы. Однако, легко показать, что в практическом отношении значение этого фактора ничтожно. В самом деле, на малых и средних зенитных расстояниях абсолютная (т. е. отнесенная к границе атмосферы) экстинкция составляет на уровне моря всего 0,2—0,3 величины, в пределах чего и заключается возможный выигрыш в прозрачности. Для иллюстрации в таблице 11 приводится расчет абсолютной экстинкции для уровня

моря ($H=0$) с $p=0.835$ (Потсдам) и соответствующая тому же фактору мутности экстинкция на высоте $H=2000$ мт. (практический предел высот существующих обсерваторий) в звездных величинах. Разность этих столбцов дает выигрыш в прозрачности. Как видим, при $Z < 60^\circ$, т. е. в тех пределах, в которых обычно ведутся астрономические наблюдения, выигрыш менее 0,1 величины и потому с точки зрения проникновения в область слабых объектов не имеет никакого реального значения. Понижение фактора мутности, обычно наблюдаемое с поднятием над уровнем моря, не меняет этого вывода. Только при $Z > 80^\circ$, т. е. там, где наблюдения обычно невозможны из-за беспокойствия изображений, выигрыш в прозрачности становится реальным и может достигать 0,5 величины.

Т а б л и ц а № 11

Поглощение:

Z	H = 0	H = 2000	Выигрыш прозрач- ности	φ
40°	0,26	0,20	0,06	25°
50	0,36	0,28	0,08	15°
60°	0,46	0,36	0,10	10°
70	0,66	0,51	0,15	6°
80	1,18	0,92	0,26	3°
85	1,92	1,50	0,42	2°

Иногда высказывалось мнение, что прозрачность в столь низких зонах небесного свода имеет значение для наблюдения объектов с большим южным склонением. По этому поводу можно указать, что поскольку такие объекты наблюдаются близь меридиана, передвижение наблюдателя к югу, увеличивая высоту объекта над горизонтом может дать выигрыш в прозрачности не меньший, чем поднятие над уровнем моря. Чтобы показать это, в последней графе

таблицы 11 мы приводим φ° — число градусов широты, на которые наблюдатель должен переместиться к югу для того, чтобы оставаясь на уровне моря получить такой же выигрыш в прозрачности, как и при поднятии на 2000 мт. Мы видим, что при $Z = 80^\circ$, перемещения на $2-3^\circ$ уже достаточно для этой цели.

Выдвигая мысль о поисках мест для обсерваторий в равнинах, мы предлагаем в качестве районов, обследование которых было бы желательным, южную зону Туркмении, восточное побережье Каспийского моря, острова на Аральском море и т. п. При таких обследованиях не следует бояться запыленности атмосферы, так как она лишь умеренно влияет на прозрачность и в сухих пустынных районах в известной мере компенсируется малой абсолютной влажностью воздуха. Что же касается до высокогорных станций, то они несомненно являются необходимыми для тех специальных задач, где прозрачность воздуха имеет особенно большое значение, как, например, для наблюдений в ультрафиолетовом участке спектра.

ATMOSPHERIC CONDITIONS OF ASTRONOMICAL OBSERVATIONS AT ERIVAN

N. N. Sytinskaja and W. W. Scharonow

(Summary)

During August and September 1935 the authors made a series of observations in the domain of atmospheric optic with the view of studying the conditions of astronomical observations at Erivan.

The measurements of the illumination from the Sun made by means of the wedge solar photometer allowed to find the values of the visual transmission factor of the atmosphere for several days; the values obtained vary between 0.73 and 0.85: the mean value is 0.811. The night transmission factors were determined photographically. For this purpose portions of the sky at great and small zenith distances were photographed with a small short-focus camera. In the deduction of the transmission factor were used stars of the classes from F to B, values were obtained from 0.69 to 0.84; mean value 0.75.

Observations of the visibility of far off mountains were made and measurements of the haziness of the atmosphere were taken by means of the Scharonow haze-meter. The results of all observations show that the transmission of the atmosphere in Erivan is sufficiently good, especially valuable is its comparative constancy during the day, which is important for many photometric works. The comparison with the weather points to a diminution of transmission with the increase of absolute humidity of the air and during strong winds.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Марков А. и Никонов В. Бюл. Астрон. Ин-та № 31, 1932 г. стр. 119—126.
- Бенашвили И., Бюл. Астрон. Ин-та, № 31, 1932 г. стр. 126—129.
- Харадзе Е. Бюл. Астрон. Ин-та № 38, 1935 г., стр. 313—318; 319—323; 349—355; 355—360.
- Никонов В. Бюл. Астрон. Ин-та № 38, 1935. стр. 323—331; 337—344.
- Добронравин П. Бюл. Астрон. Ин-та № 38, 1935, стр. 332—337; 345—349.
2. Труды Ташкентской Обсерватории, т. V, 1935, стр. 126—127.
3. Шаронов В., Тр. АОЛГУ, т. VII, 1936.
4. Moore A. Smithson. Miscell. Collect. 89, 1933, № 4.
- Abbot, C. Smithson. Miscell. Collect. 94, 1935, № 12.
5. Abbot C. Fowle F. and Aldrich L. Smithson. Miscell. Collect. 74, 1923, № 7.
6. Gibson K. And Tyndall P. Scient. Pap. Bur. of Stand. 19, 1923—1924, № 475.
7. Fowle F. Smithson. Miscell. Collect. 69, 1918, № 3 p. 12.
8. Muller G. und Kron E. Publ. Astroph. Observat. Potsdam 22, № 64, 1912, s. 76.
9. Dorno C. Studie über Licht und Luft des Hochgebirges, Braunschweig, 1911, s. 24.
10. Eberhard G. Photographische Photnmetrie. Handb. d. Astrophys., II/2, 1931, s. 490.

11. Никонов В., Бюл. Астрон. Ин-та № 25, 1930, стр. 52—57.
 12. Добронравия П. Кандид. диссерт., в печати.
 13. Brill A. Veröff. d. Univ. Sternwar. Berlin—Babelsberg, 9.
 14. Brill A., Astron. Nachr. 219, № 5234, 1923, з. 22—42.
 15. Шаронов В. Докл. Ан. 1934, III, № 7, стр. 500 - 505;
Бюл. И-та Аэросъемки, 1933, № 1, стр. 78—83; Метеорологич. Вестник, 44, 1934, № 10—12, стр. 301—311.
 16. Тихов Г. Улучшение фотограф. и визуальн. воздушной разведки, Киев, 1917, стр. 41.
-

Последняя часть заключения является личной точкой зрения т. Шаронова, с которой Гос. Астр. Обсерватория ССР Армении не согласна, т. к. ставится вопрос о высокогорной союзной обсерватории, а не вообще обсерватории.

Директ. АГАО проф. Л. Семенов.