

УДК 520.16:520.18(23)-14

АСТРОКЛИМАТ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА — МИФЫ И РЕАЛЬНОСТЬ

© 2011 В. Е. Панчук, В. Л. Афанасьев

Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 20 декабря 2010 г.; принята в печать 15 января 2011 г.

Перечислены основные этапы астроклиматических исследований, имеющих отношение к выбору места для астрофизических обсерваторий Кавказа и Крыма. Показано, что выбор места для трех обсерваторий Северного Кавказа (ГАС ГАО, САО, Терскол) был сделан без накопления репрезентативной статистики по числу ясных ночных часов и качеству изображений. По результатам многолетних наблюдений приведены данные о числе ясных ночных часов и качестве изображений на БТА. Обсуждаются возможные причины расхождения экспериментальных и прогностических данных. Сделан вывод, что из-за разнообразия используемых методов и ограниченной статистики по астроклиматическим и метеорологическим характеристикам для некоторых пунктов в настоящее время невозможно отдать предпочтение ни одной из трех северокавказских обсерваторий.

Ключевые слова: *Методы астрономических наблюдений, приборы и инструменты*

1. ВВЕДЕНИЕ

Астроклиматические исследования можно разделить на две фазы: экспедиционные, с целью выбора места для обсерватории, и стационарные, выполняемые на уже основанной обсерватории. Эти фазы различаются как по продолжительности, так и по уровню кадрового обеспечения и технической оснащенности исследований.

В отдельных случаях место для обсерватории определенного профиля выбиралось с предпочтением, отдаваемым избранным астроклиматическим характеристикам. Например, если планировалось проводить службу переменных звезд, ориентируясь на использование короткофокусных фотокамер, то качество изображений не являлось основным критерием, уступая по важности числу ясных ночных часов и распределению их по сезонам. Если в такой обсерватории затем появлялись крупные спектроскопические инструменты, то основным фактором становилась статистика качества изображений. Аналогичным образом дело обстоит и с соотношением дневных и ночных астроклиматических характеристик: места, выбранные для дневных наблюдений, не обязаны быть оптимальными для ночных наблюдений (напомним хрестоматийный пример с обсерваторией Маунт Вилсон). Практически все экспедиционные исследования фрагментарны и характеризуются недостаточной продолжительностью. Только с появлением систем автоматического мониторинга появляются статистически достоверные ряды измерений астроклиматических и метеорологических параметров.

В большинстве случаев наблюдается порочная тенденция: после выбора места для обсерватории и ввода основного телескопа в эксплуатацию астроклиматические исследования в пункте установки сворачиваются (или их объем существенно понижается). В итоге астрономы лишают себя возможности проверить (уже на достоверной многолетней статистике) свои же астроклиматические предсказания. Этот недостаток подменяется упоминанием отдельных удачных или неудачных наблюдательных сетов, спорами о достоинствах тех или иных методов объективного контроля состояния атмосферы и микроклимата башни телескопа.

Такая ситуация является плодотворной и для различного рода субъективных оценок выбора места установки телескопа, призванных или укрепить очередную астроклиматическую концепцию, или объяснить неэффективность отдельных наблюдательных программ. Многократно повторяемая легенда о том, что место для установки БТА искали около 8 лет и выбрали неудачно — становится “материальной силой”, способной лишить отечественную наземную оптическую астрономию каких бы то ни было ближайших перспектив.

Ниже на примерах, связанных с установкой некоторых отечественных телескопов, рассмотрим соотношение экспедиционных и стационарных астроклиматических работ. Затем обратимся к объективной статистике, собранной за годы работы БТА.

2. ЭКСПЕДИЦИИ ПО ВЫБОРУ МЕСТА ДЛЯ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Перечислим основные периоды экспедиционных астроклиматических исследований и связанных с этим решения. При этом ограничимся исследованиями на территории Крыма и Кавказа, т.к. значительную часть года эти регионы находятся под однотипным воздействием атлантических циклонов (усиливающихся при прохождении над акваторией Черного моря).

2.1. Экспедиция на Ай-Петри

Обнаружение любительской обсерватории Н. С. Мальцова ($h = 360$ м) явилось финальным эпизодом экспедиции А. П. Ганского и Г. А. Тихова на Ай-Петри ($h = 1200$ м): “Солнце, Луна, планеты и звезды были отчетливо видны не только в тихую погоду, но и при сильном, валившем с ног ветре” [1]. Экспедиция на Ай-Петри состоялась весной 1906 г., в течение одного месяца, “...высокое качество изображений звезд превзошло все ожидания” (уточним — ожидания пулковских астрономов) — см. [2].

Итак, перед принятием решения об организации Симеизского отделения, профессиональные астроклиматические исследования района были проведены в течение одного месяца, причем на существенно другой высоте.

2.2. Выбор места для Главной Российской АстроФизической Обсерватории (ГРАФО)

Вначале напомним фрагменты из представленного в мае 1920 г. доклада В. В. Стратонова Государственному Ученому Совету (ГУС), см. [3]: а) “Предварительно же можно наметить: отдаленные окрестности Одессы, лесистые горы южного Крыма, например, Аю-Даг близ Феодосии, северные предгорья Кавказа, например, район Абрау-Мысхако близ Новороссийска, окрестности Туапсе, быть может, Красная Поляна и т. п.”; б) “...разведывательным экспедициям должны быть предоставлены лучшие инструментальные средства и возможность длительных испытаний, могущих обнять, по крайней мере, по одному летнему и зимнему сезону...”. В марте 1921 г. был представлен повторный доклад ГУСу, затем состоялось официальное учреждение ГРАФО. Организованная В. В. Стратоновым экспедиция В. Г. Фесенкова работала на Крестовой горе ($h = 887$ м) вблизи Кисловодска в конце ноября и в первой половине декабря 1921 г., в частности, отмечалось, что “Крестовая гора по прозрачности воздуха заметно превосходит даже такой пункт..., как остров Тенериф” [4]. “Оценка (по шкале Пикеринга)

производилась каждую ночь, когда хоть скольконибудь были видны звезды. ... Из 28 ночей звезды были видны в течение 19 ночей” [5]. Отметим, что, по завершении 10-летнего периода работы астрономом-наблюдателем в Ташкентской обсерватории, с 1904 по 1918 г. В. В. Стратонов находился на Северном Кавказе [6]. Поэтому не исключено, что экспедиция В. Г. Фесенкова пользовалась ориентировочными представлениями В. В. Стратонова о перспективных районах Северного Кавказа.

Итак, первая экспедиция по выбору места для ГРАФО была непродолжительной, но это был один из немногочисленных случаев исследования зимнего астроклимата на Северном Кавказе.

2.3. Выбор места для Горной Астрофизической Обсерватории (ГорАО)

Начиная с 20-х годов, В. Г. Фесенков, Г. А. Тихов, С. П. Глазенап и др., побывали на Северном Кавказе и в Закавказье, оценивая параметры астроклимата. Однако проводимые ими наблюдения не были регулярными и выполнялись, как правило, с 19 до 24 ч местного времени. 25–30 апреля 1931 г. в Ленинграде Астрономическим Институтом (АИ) было созвано совещание по вопросу организации Горной Астрономической Обсерватории (ГорАО) на юге СССР [7]. Совещание признало необходимым уже в 1931 г. обследовать по единой программе следующие районы и отдельные места:

1) Симеиз, окрестности Симферополя, Яйла, Карадаг, силами Симеизского отделения Пулковской Обсерватории, Научно-исследовательского Института в Симферополе и Астрономо-Геодезического Института в Москве;

2) Армения: вершины и склоны горы Алагез, силами Эриванской Астрономической Обсерватории, Астрономо-Геодезического Института в Москве, при содействии Главной Геофизической Обсерватории (ГГО);

3) район Бакурьяни и Боржома, силами Геофизической Обсерватории Грузии и АИ;

4) район Кисловодска, Бештау, Столовая Гора, силами Астрономической Обсерватории Ростовского Университета, Астрофизического Института в Москве и Актинометрического Института в Слуцке;

5) средняя Ферганская долина, район Оша, силами Ташкентской Обсерватории, Средне-Азиатского Метеорологического Института и АИ;

6) Азербайджан, силами Азербайджанского Гос. Научно-Исследовательского Института и АИ;

7) Украина, лесолуговая область между Киевом и Харьковом;

В решении совещания отмечен важный пункт: “Просить Гидрометкомитет СССР в районах, заслуживающих внимания, включить на метеостанциях простейшие астрономические наблюдения по особой программе Астрономического института и Главной Гидрометеорологической обсерватории (ГГО) и о наблюдениях в четвертый срок”. (В 30-е годы на метеорологических станциях наблюдения велись в три срока: в 7, 13, и 21 ч. На совещании речь шла о добавлении наблюдений в 1 ч. ночи).

Некоторые равнинные пункты предлагались для исследований, по-видимому, из соображений, дополняющих астроклиматические. Например, в качестве центральной штаб-квартиры ГРАФО в 1921 г. В. В. Стратонов предлагал Одессу [3], (отметим, что в этом городе он родился и получил образование). В 1931 г. Б. П. Герасимович выдвинул проект создания большого астрономического центра в лесолуговой полосе между Киевом и Харьковом (в этот период он являлся директором Харьковской обсерватории). В решении совещания 1931 г. находим: “совещание признает целесообразным осуществление на Украине крупного астрономического центра, отмечая необходимость согласования планов и программ работ с планами других астрономических обсерваторий Союза и, в особенности, с планом строительства ГорАО”. Солнечная комиссия (КИСО), занимаясь разработкой пятилетнего плана будущей астрофизической обсерватории, наблюдения на которой предполагалось начать в 1934 г., также создала специальную комиссию (в состав которой вошли А. А. Белопольский, Д. С. Рождественский, Б. В. Нумеров, В. А. Амбарцумян, А. Г. Пономарев, С. Н. Блажко, В. Г. Фесенков, А. А. Канчеев, Д. И. Еропкин) по выбору места для сооружения солнечной обсерватории. В результате “тщательного обследования” комиссия установила, что наиболее благоприятным местом (число ясных дней, качество изображений, имеющим “довольно удобное сообщение с культурным центром”) являются окрестности г. Ростова-на-Дону [8]. Таким образом, идея создания ГРАФО (которую в нынешних терминах можно определить как идею пространственно-распределенной системы специализированных наблюдательных станций), а затем и ГорАО, еще на этапе обсуждения начала обрастать вариантами создания астрономических центров (пусть даже и в недостаточно гористой местности, например, “в степях Украины”).

Программа исследований для специальных экспедиций по выбору места для ГорАО предусматривала наблюдения за цветом неба по стандартной шкале Оствальда, фоторегистрацию ночной яркости неба по полярной области, визуальную фотометрию звезд близ горизонта по способу Пикеринга, наблюдения за ночной светимостью неба

с двумя трубчатыми фотометрами, за спокойствием изображений звезд в окуляре телескопа с сеткой, за дрожанием изображений края Солнца и Луны, и за видимостью деталей на Солнце. Кроме того, предлагались наблюдения по (новому тогда) методу Данжона-Кудэ [9] и наблюдения двойных звезд.

В 1931 г. под руководством Е. К. Харадзе начались интенсивные исследования астроклимата горных районов Грузии. При этом особое внимание уделялось Абастуман-Ахалцихскому, Цеминскому, Шуамта-Гомборскому и Сванетскому районам. Среди них особенно благоприятным был признан Абастуманский район [10, 11]. Для инструментов здесь вначале была использована уцелевшая на склоне горы башня, построенная еще в 1892 г. С. П. Глазенапом, для наблюдения двойных звезд во время его поездок в Абастумани. Процитируем из [12]: “...Его (Глазенапа) наблюдения решительно показывают, не только по количеству проделанной работы, но и по характеру звезд, измеренных с помощью небольшого экваториала, что расположение Тифлиса (имеется в виду Абастумани) замечательно благоприятно для астрономической работы. Если можно судить по результатам (а ведь нет лучшего пути для суждения), ни одна обсерватория в Европе не имеет столь благоприятного расположения, и было бы трудно назвать такую где-либо, кроме обсерватории на горе Гамилтон (имеется в виду Ликская обсерватория), где атмосферные условия так же благоприятны... Профессор Глазенап с помощью оптических средств, значительно уступающих всему, чем пользовались его знаменитые предшественники, решил поставить свою страну в выдающееся положение в этой области (имеется в виду изучение двойных звезд)... несомненно, Российское правительство обеспечит ему возможность проведения начатой в Абастумани работы с помощью более мощных инструментов”. Летом 1932 г. в Абастумани была организована астрофизическая обсерватория и начаты наблюдения за качеством изображений звезд. Кроме того, в 1932 г. в Кахетии (Восточная Грузия) работала экспедиция по выбору места для ГорАО, с участием уже созданной Абастуманской астрофизической обсерватории, Ленинградского астрономического института и Геофизической обсерватории Грузии [13]. С целью выяснения устойчивости условий и достоверности результатов, полученных методом коротких сроков, в 1932 г. проводились исследования пунктов Северного Кавказа: в районе Теберды (перевал Эпчик-Доут, $h = 3000$ м, и вершина Малая Хатепара, $h = 2900$ м, 11–19 июля), Кисловодска ($h = 900$ м, 21–31 июля), Орджоникидзе (1–14 августа) и Столовой горы ($h = 3000$ м, 7–11 августа), см. [14]. Следует отметить, что сезон 1931 г. многие авторы отмечают как аномальный: например, при обследовании 4-х пунктов в Средней Азии и на

Памире, летом, в течение месяца было всего 13 ясных ночей [15].

Итак, на этапе планирования экспедиций (1931–1932 гг.) по выбору места для горной астрофизической обсерватории список пунктов был достаточно разнообразен. Но в действительности в течение двух летних сезонов преимущественно исследовались районы Грузинской ССР, что и завершилось организацией Абастуманской Астрофизической Обсерватории. Таким образом, и в этом случае место было выбрано под влиянием информации, полученной ранее (от Глазенапа). Кратковременные исследования пунктов Северного Кавказа развития не получили. Термин начала 20-х годов “Главная Российская астрофизическая обсерватория” был лишен “великодержавной окраски” и заменен на “Горная АО”. Таким образом, в начале 30-х идея создания ГРАФО трансформировалась в идею создания ГорАО, быстро превратившись затем в проекты Абастуманской АО и Сталинабадской АО (ставших впоследствии национальными обсерваториями).

2.4. Поиски места для Крымской астрофизической обсерватории АН СССР

В связи с неудовлетворительным астроклиматом Симеиза (см., например, [16]), в 1935–1937 гг. проводились предварительные наблюдения астроклимата некоторых районов Крымского полуострова с целью нахождения места для создания новой обсерватории [17]. Обследования велись в Топлах (Восточный Крым), в Яман-Коле (Байдарская долина), а также в Симферополе. В результате этих работ выявились преимущества астроклимата пунктов, удаленных от южного берега Крыма. Незадолго до Великой Отечественной войны организация новой южной обсерватории была поручена Пулковской обсерватории, которая избрала местом постройки местность вблизи Старого Крыма. Однако до начала Отечественной войны ничего реально сделано не было. Вопрос поднимался и во время войны, например, на совещании 14–18 сентября 1943 г. в резолюции по докладу В. Г. Фесенкова о реконструкции обсерваторий отмечено: “... п.9. Совещание обращает внимание Президиума АН СССР на необходимость назначить уже в настоящее время директора Всесоюзной астрофизической обсерватории с командированием его в США на достаточный срок” [18]. На заседании Президиума АН СССР от 24 октября 1944 г. была представлена общая концепция развития астрономии, согласно которой следовало сосредоточить главные усилия на организации астрофизических исследований в южных обсерваториях. Было предложено, в частности, преобразовать

отделение Пулковской обсерватории в Симеизе в самостоятельную Крымскую астрофизическую обсерваторию (КАО). После двухлетних (1944–1945 гг.) работ по изучению климата, по сравнению качества изображений, прозрачности неба и других характеристик в разных местах Крыма, выбор пал на площадку близ села Партизанское (быв. Мангуш), на высоте $h = 570$ м, в 27 км от Симферополя. Строительство обсерватории началось в 1946 г.

Итак, экспедиционные исследования астроклимата в Крыму были достаточно продолжительными, проводились в два периода (по два года каждый, в 30-х и 40-х годах). Идея создания академической астрофизической обсерватории, расположенной на юге, была впервые реализована с учетом результатов продолжительных астроклиматических наблюдений (в т.ч. с использованием методов Пикеринга и Данжона-Кудэ). В качестве иллюстрации продолжительности этих исследований на Рис. 1 приводим фрагмент рисунка из работы [16].

2.5. Выбор места для Горной астрономической станции ГАО АН СССР

В период Отечественной войны (с целью обеспечения навигации в приполярных водах) возросло внимание к вопросам солнечно-земных связей, особенно в части влияния солнечной активности на прохождение радиоволн в высоких широтах. Делались попытки организовать специальные оптические наблюдения пятен для прогнозирования геомагнитных и ионосферных явлений [19]. В 1948 г. было принято постановление Правительства о развитии радиоастрономических исследований в СССР, что, в частности, обеспечило приоритет и службе Солнца, выполняемой в то время исключительно оптическими средствами. Осенью 1947 г., с целью выбора места для установки внезатменного коронографа Пулковской обсерватории (ГАО АН СССР), экспедицией в составе двух (!) человек было обследовано несколько вершин Западного Кавказа в районе Центрального заповедника (Гузерибль) и Белореченского перевала. “Обследованные места оказались непригодными для солнечной обсерватории из-за сильно изрезанного рельефа и близости Черного моря” [20] (заметим, что факт изрезанности рельефа и близости моря может быть установлен и без наблюдений с ореольным фотометром). Подходящее место экспедиция “очень быстро” нашла в центральной части Кавказа, в районе г. Кисловодска, на вершине Шаджатмаз. В конце 1947 г. результаты экспедиции были доложены Астрономическому совету. “В дальнейшем оказалось, что место выбрано очень удачно” [21]. Существуют и другие точки зрения на

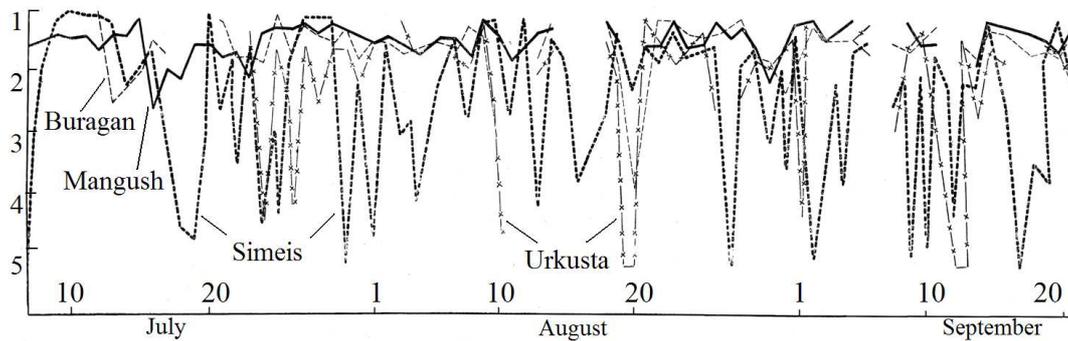


Рис. 1. Характеристики качества изображений для четырех пунктов Крыма [16]. Ордината — баллы в шкале Данжона-Кудэ (большой балл — плохие изображения).

дневной астроклимат ГАС ГАО. Например: “Погода редко остается устойчивой длительное время. Весной и в начале лета к полудню, как правило, поднимаются из долин кучевые облака и закрывают небо... Направление ветра в течение дня меняется довольно резко. Получить в этих условиях достаточное число наблюдений опорных звезд для учета быстро меняющихся аномалий рефракции не удастся” [22]. В описаниях истории возникновения ГАС ГАО упоминания о довоенных исследованиях, выполненных именно в этом районе В. Г. Фесенковым и П. П. Добронравным, нами не найдены.

Приходим к выводу, что предварительные (т.е. до выбора места строительства наблюдательной станции) исследования дневного астроклимата в районе г. Кисловодска, если и проводились, то были весьма кратковременными (менее месяца).

2.6. Поиски мест для обсерваторий в Армении и Азербайджане

В 1946 г. В. А. Амбарцумян приступил к организации большой загородной астрофизической обсерватории в местечке Бюракан на склоне горы Алагез (Арагац). Исследования астроклимата Бюракана начались в июле 1944 г. и продолжены в 1945 г. [23]. Подробной информацией об этих исследованиях мы не располагаем. Первыми инструментами обсерватории были полученные по репарации светосильная фотографическая камера Шмидта ($D = 20$ см), фотографические камеры ($D = 15$ см). Затем были установлены инструменты отечественного производства: большой небулярный спектрограф (АСИ-1) для фотографирования спектров протяженных слабых туманностей, а также 25-см рефлектор с бесщелевым кварцевым спектрографом (АСИ-5). Таким образом, с самого начала работы Бюраканской обсерватории основу ее оснащения составляли бесщелевые светосильные инструменты, эффективность которых зависит от яркости фона неба.

Регулярные астроклиматические наблюдения в Азербайджане под руководством С. И. Сорина выполнялись сотрудниками лаборатории астрофизики АН Азербайджанской ССР с 1953 года. Были исследованы пункты Алтыагач, Дедегюнеш и Пиркули Шемахинского района [24]. Отмечалось, что затраты времени на обработку наблюдательного материала были сравнимы с интервалами наблюдений: данные наблюдений, собранные за год, обрабатывались и систематизировались полгода [24]. В 1958 г. в Пиркули была организована Шемахинская обсерватория.

Итак, выбор места для Шемахинской обсерватории был экспериментально обоснованным, со статистикой, по объему не уступающей статистике исследований пунктов для Крымской АО.

2.7. Поиски места для 6-метрового телескопа

Достаточно распространено мнение, что выбор альт-азимутальной монтировки БТА позволил сэкономить несколько лет для поисков места установки: телескоп уже проектировался, тогда как широта места его установки еще не была известна. В связи с этим уточним три момента: а) выбор основных параметров и монтировки телескопа состоялся в 1959 г., [25, стр. 18], б) Постановлением Президиума АН СССР от 16.12.1960 предписывалось, в частности, определиться с пунктом установки БТА к 01.10.1961, [25, стр. 20], в) окончательное решение о месте установки БТА (гора Семиродники) принято в начале 1962 года.

Очередной (после ГРАФО и ГорАО) этап исследований Северного Кавказа, связанный уже с поисками места для установки большого телескопа, был начат в 1956 г. Программа наблюдений включала: а) определения степени размытости дифракционной картины по пятибалльной шкале Данжона-Кудэ или десятибалльной шкале Пикеринга [26], б) наблюдения двойных звезд с различным угловым расстоянием, в) фотографические наблюдения дрожаний следов звезд, г) визуальные

наблюдения мерцаний звезд. В Табл. 1 по данным работ [27–33] приводим сведения для тех пунктов Северного Кавказа, где наблюдения были начаты до 1962 г. Кроме экспедиционных наблюдений, в Табл. 1 отмечены ночные наблюдения, выполненные на ГАС ГАО (с декабря 1957 г. по июль 1962 г.).

С высоты современных астроклиматических концепций сегодня трудно понять решение о необходимости проведения исследований на берегу моря (Анапа, Махачкала), или на равнине (Красные горы, Суворовская). По-видимому, такие наблюдения были связаны с попытками установить корреляцию между высотой пункта наблюдения и характеристиками дрожания изображений звезд, а также с поисками различия характеристик изображений над водной поверхностью и над сушей. И все же продолжительность наблюдений с уровня моря (в окрестностях Анапы, в течение двух лет) представляется избыточной, т.к. превышает

суммарную продолжительность краткосрочных исследований в горной местности. Видно, что среди горных районов вначале (1957–1959 гг.) предпочтение отдавалось пунктам в Дагестане. Часть исследованных пунктов (расположенных в ущелье — “у”, долине — “д” и на склоне — “с”) характеризуется значительной закрытостью горизонта. Пункты высотой более 2400 м не исследовались, по-видимому, из-за предполагаемых проблем с транспортировкой деталей большого телескопа на большую высоту. Например, труднодоступный (для тяжелого транспорта) пик Терскол ($h = 3100$ м), где отдельные исследования по атмосферной оптике выполнялись еще в довоенное время, а позже выполнялись обширные работы по программе Международного геофизического года (МГГ), в 50-е и 60-е годы в астроклиматическом отношении не исследовался (см. ниже).

Таблица 1. Сведения об астроклиматических экспедициях по поиску места для БТА, проведенных на Северном Кавказе. Обозначения рельефа: в — вершина или возвышенность, д — долина, и — изолированная вершина, м — морской берег, п — плато, р — равнина, с — склон горы, у — ущелье

Пункт наблюдений	h(м), рельеф	Периоды наблюдений	Телескоп
Анапа (Джемете)	2 м	08.56-07.58	АЗТ-7
Ахты (ДагАССР)	1600 в	07.59-08.59	ТМ-140
Ботаника (Краснодарский)	800 д	07.60-11.60	АЗТ-7
Ботлих (ДагАССР)	1000 у	08.58-08.58	ТМ-140
Вихли (ДагАССР)	1860 д	11.59-09.60	АЗТ-7
Гуниб (ДагАССР)	1700 с	08.58-09.58	ТМ-140
Джисса (КЧАО)	1685 п	06.61-08.61	АЗТ-7
Зеленчукская (КЧАО)	950 р	09.60-10.60 03.61-04.61	АЗТ-7
Красные горы (Краснодарский)	530 р	05.61-08.61	АЗТ-7
Маруха (КЧАО)	1200 в	05.61-08.61	АЗТ-7

Пункт наблюдений	h(м), рельеф	Периоды наблюдений	Телескоп
Махачкала (ДагАССР)	80 м	07.58-08.58	ТМ-140
Пастухова (КЧАО)	2300 в	08.61-09.61	АЗТ-9
Седло-гора (ДагАССР)	2400 и	08.57-09.57 08.58-08.58	ТМ-140
Семиродники (КЧАО) (“Звездный”)	2280 п	06.61-09.61	АЗТ-7
Сторожевая (КЧАО) (Чапал)	1950 в	06.61-10.61	АЗТ-7
Суворовская (Ставропольский)	300 р	08.56-10.56 02.57-04.57	АЗТ-7
Хунзах (ДагАССР)	1850 в	09.57-09.57 08.58-09.58	ТМ-140
Цувар (ДагАССР)	2250 в	09.58-10.58 07.59-09.59	ТМ-140
Чинар (КЧАО)	1180 в	07.61-09.61	ТМ-140
Шаджатмаз (КЧАО)	2100 п	12.57-07.62	АЗТ-7 АЗТ-9

Распределение периодов наблюдений по временам года неравномерное, наблюдения проводились, в основном, летом и ранней осенью. Краткосрочные наблюдения, повторенные на следующий год, проводились только в пяти пунктах Северного Кавказа (Зеленчукская, Седло-гора, Суворовская, Хунзах, Цувар). Наиболее длительный ряд наблюдений (1961–1966 гг.) выполнен в пункте “Звездном”, ($h = 2280$ м), находящемся на одном горном хребте с местом установки БТА ($h = 2070$ м). Обработка фотографических наблюдений дрожания следов звездных изображений была трудоемкой, в частности, в данном случае были измерены негативы только за 1961–1962 гг. [34]. В Табл. 1 для этой экспедиции мы указали только тот период наблюдений, для которого выполнена обработка следов дрожаний изображений звезд, см. [32, Табл. 1] С целью сравнения пунктов “Звездный” и места установки БТА в июле–сентябре 1962 г. в этих пунктах проводились одновременные астроклиматические и метеорологические наблюдения [34]. Это, между прочим, косвенно подтверждает, что официальное решение о месте установки БТА было принято не

позже начала 1962 г. Из Табл. 1 видно, что в 1960 г. работали всего три астроклиматические экспедиции (Ботаника, Вихли, Зеленчукская). Начиная с весны 1961 г., из восьми экспедиций по выбору места для БТА — 7 экспедиций было сосредоточено в пунктах Зеленчукского района Карачаево-Черкесской автономной области (КЧАО): Джисса, Зеленчукская, Маруха, Пастухова, Семиродники, Чапал, Чинар. Такая концентрация позволяет предположить, что уже в начале 1961 г. Зеленчукский район был уже намечен в качестве *района установки БТА*.

2.8. Высокогорная наблюдательная база на пике Терскол

Начиная с 1966 г., в ГАО АН УССР проводилась работа по выбору места для строительства астрофизического филиала. Экспедиции обследовали южную часть Украины, Карпаты, см., например, [35], Крым и другие места. Наиболее продолжительной была экспедиция в Карпаты, где

с помощью телескопа АЗТ-7 проводились определения коэффициента прозрачности земной атмосферы и качества изображений. Первая горная обсерватория в Восточных Карпатах была открыта еще в июле 1938 г. на вершине Поп Иван (Черная гора, $h = 2028$ м). Обсерватория была оснащена астрографом ($D = 33$ см, $F = 200$ см), смонтированным параллельно с рефрактором ($D = 25$ см, $F = 300$ см). В сентябре 1939 г. польские астрономы демонтировали и унесли оптику этих инструментов. Очевидно, что за год функционирования обсерватории были получены какие-то представления об астроклимате Восточных Карпат, но соответствующие публикации нам неизвестны. В работе [36] читаем: “В 1969–1970 гг. сотрудники обсерватории исследовали некоторые районы Северного Кавказа и остановили выбор на пике Терскол ($h = 3100$ м). По предварительным сведениям это место превосходило по астро-метеорологическим характеристикам обследованные ранее районы на Украине”. Президиум АН УССР принял постановление о строительстве высокогорной наблюдательной базы (ВНБ) ГАО АН УССР на пике Терскол 30 апреля 1970 г. Следовательно, если предварительные астроклиматические измерения на пике и производились, то не позже 1969 года. В работе [37] отмечено, что “... В 1953–1963 гг. на пике Терскол метеорологические наблюдения проводили сотрудники Высокогорного геофизического института. В последующем десятилетии такие наблюдения не проводились, а были возобновлены лишь в октябре 1971 г.” Там же указано, что в 1953–1958 гг. наблюдения облачности, давления и ветра велись только в дневные сроки. И далее: “Количество облачного покрова сильно различается для одного и того же месяца разных лет” (отметим, вывод сделан по наблюдениям в интервале 1972–73 гг., т.е. вместо “разных” следует читать “двух”). Итак, информация о ночном балле облачности на пике Терскол для периода 1953–1971 гг. отсутствует. По данным наблюдений в 1972–1974 гг. среднее количество рабочих часов в году — 1200, среднее количество фотометрических ночей в году — 90 [38]. В начале 70-х на пике был установлен телескоп АЗТ-7, но публикаций по результатам наблюдений качества изображений мы не нашли. В течение 7 месяцев (1974–1975 гг.), выделенных для наблюдений на ДЛП, было 59 наблюдательных ночей, средний диаметр изображения, приведенный к большому телескопу, составил $1.2''$ [39], что практически совпадает с результатами измерений на ДЛП в пункте установки БТА, см. ниже. Разные группы [40–43], исследовавшие прозрачность атмосферы над Терсколом различными методами, получили близкие результаты.

Приходим к выводу, что исследования астроклимата на пике Терскол проводились уже после

принятия решения о строительстве высокогорной наблюдательной базы. По атмосферной прозрачности, качеству изображений и количеству пригодного для наблюдений времени условия на пике Терскол оказались близкими к известным к тому времени условиям в САО. Таким образом, декларируемый выигрыш Терскола относительно САО (разность высот составляет 1 км), результатами астроклиматических работ пока не подтверждается.

В целом можно утверждать, что при выборе мест для обсерваторий Северного Кавказа не была получена достаточная статистика астроклиматических параметров, причем независимо от того, каким методом эта статистика набиралась. Выбор места основывался на совокупности соображений, среди которых астроклиматические не играли главенствующую роль. Существенными аргументами являлись доступность места (стоимость строительства горной дороги была сравнима со стоимостью крупного астрономического телескопа) и наличие номинальной инфраструктуры (например, Кисловодская горная станция была организована на территории опытной сельскохозяйственной станции, основанной Всесоюзным Институтом Растениеводства (ВИР) еще в довоенное время, а Терскольская ВНБ — на базе экспедиции Высокогорного геофизического института — ВГИ).

В экспедиционных исследованиях по поиску места для БТА вначале основной акцент был сделан на равнинные районы Северного Кавказа и районы Дагестана. В Карачаево-Черкесской автономной области (КЧАО) экспедиционные исследования начались менее чем за год до официального принятия решения о месте установки, и астрономы, занимавшиеся астроклиматическими исследованиями, оказались в состоянии цейтнота. Не исключено, что решение о районе установки БТА было принято еще до развертывания астроклиматических исследований в Зеленчукском районе КЧАО.

2.9. Астроклиматические концепции и методы

Совокупность перечисленных событий и мнений следует оценивать в рамках астроклиматических доктрин (концепций), предшествовавших этим событиям. На рубеже XIX и XX столетий свою эффективность продемонстрировали обсерватории, построенные в горной местности (Ликская и Пик дю Миди). Казалось бы, наряду с развитием рефлекторов, определено еще одно направление повышения эффективности наблюдений. Однако в начале 30-х Данжон и Кудэ [9], сформулировали гипотезу “слоя атмосферного волнения”, которую обосновали замечанием, что мерцание заметно уже при турбулентности в $0.2''$. При этом максимум в

распределении размера атмосферных неоднородностей находится вблизи 10 см, а искажение фронта световой волны происходит преимущественно в слоях атмосферы, находящихся на высоте около 3–3.5 км. А если это так, то и поднимать телескоп на высоту 1.5–2 км над уровнем моря нет особого смысла. В итоге читаем [26]: "...место для постройки Планетной обсерватории необходимо искать на больших, совершенно гладких равнинах, удаленных на значительное расстояние от гор, крупных водоемов и лесных массивов. Такими местами являются обширные степи или полупустыни...". Поиски места установки БТА проходили в период 1957–1960 гг., когда такие представления среди отечественных астрономов преобладали. Большинство пунктов для экспедиционных исследований было выбрано на равнинах или вблизи водоемов. Исследования выполнялись по единой, пулковской методике: определялись среднее значение углов турбулентности (по оценкам дифракционной картины в пятибалльной шкале Данжона-Кудэ) и среднеквадратичная амплитуда дрожания следов ярких звезд (по фотографическим трекам, зарегистрированным при неподвижном телескопе).

Практически одновременно с выбором места установки БТА получил распространение метод визуальной и фотографической регистрации на двухлучевом приборе (ДЛП) [44, 45]. По сравнению с однолучевым прибором той же апертуры, ДЛП при исследовании качества изображения обладает следующими преимуществами: а) позволяет отделить атмосферное дрожание изображения от дрожания самого инструмента, б) позволяет при изменении базы инструмента определять среднестатистический размер оптических неоднородностей. База ДЛП (расстояние между двумя регистрируемыми пучками) должна быть по возможности близка к диаметру будущего телескопа, поэтому применение такого громоздкого прибора в экспедиционных условиях встречалось с определенными ограничениями. Трудозатраты на разработку методики и обследование пяти пунктов СССР с помощью ДЛП (порядка 3500 наблюдений) составили около 20 человеко-лет. Применение ДЛП выявило значительные различия с методикой фотографической регистрации дрожаний следов звезд [46], но до конца объяснить эти различия не удалось. Обнаружились и внутренние ошибки метода измерения дрожаний следов (занижение измеряемой амплитуды при плохих изображениях). Группы ученых, продвигавшие методы и аппаратуру исследования структурных характеристик метеорологических элементов в приземном слое, назвали ошибочной пулковскую методику, использованную в 1957–1960 гг. при обследовании, в частности, и пунктов Северного Кавказа.

При исследовании энергообмена в атмосфере экспериментальными и теоретическими методами показано, что распределение температуры с высотой немонотонное, наблюдаются инверсии. Первая инверсия формируется в приземном слое сухого воздуха, за счет лучистой потери тепла почвой и прилегающими слоями воздуха. Инверсия исключает конвективный перенос неоднородностей, все процессы идут внутри слоя. При ветре лучистый перенос играет второстепенную роль, поэтому приземная инверсия не развивается. В арсенале астроклиматических экспедиций конца 60-х появились дымовые шашки и метеомачты. Было показано, что в отсутствии ветра толщина приземного инверсионного слоя над отдельной изолированной вершиной становится сравнимой с высотой башни телескопа. Гипотеза о том, что искажение изображений обеспечивается, в основном, процессами в слое температурной инверсии, является основной в концепции отдельной изолированной вершины. Излучающая поверхность вершины мала, тяжелый холодный воздух стекает по склонам, толщина инверсионного слоя над вершиной уменьшается. Выше приземного инверсионного слоя концепция предполагает наличие адиабатического градиента температуры, в этом случае теория атмосферной турбулентности дает величину искажения изображений всего 0.1"–0.2". Однако такая идеальная ситуация встречается нечасто. В периоды взаимодействия холодных и теплых атмосферных фронтов, отличающихся в том числе и по влагосодержанию, формируются изотермические слои, расположенные на высотах взаимодействия фронтов. В этом случае вклад свободной атмосферы в искажение изображений становится решающим. В настоящее время общепризнанной является точка зрения, что все-таки вклад в нестабильность изображений распределен по всей атмосфере. Разработаны методы измерения оптической турбулентности по высоте атмосферы [47, 48], их развитие определяется потребностями разработки адаптивных систем, являющихся неотъемлемой частью проектов новых больших телескопов. Некоторые из этих методов применяются и на территории СНГ [49, 50].

Итак, независимо от того, какими экспериментальными средствами вы располагаете и какой концепции придерживаетесь, процедура выбора места должна включать не только исследование астроклимата избранного пункта, но и анализ некоторых свойств атмосферы, общих для данного региона. Действительно, если сравнивать метеорологические и астроклиматические характеристики различных регионов, например, Средней Азии и Кавказа, то основные различия определяются климатическими характеристиками, а в пределах каждого региона — характером взаимодействия

воздушных масс с рельефом местности. Высокая трудоемкость астроклиматических исследований, сопровождаемая в большинстве случаев дефицитом времени, ограничивали исследования двумя-тремя годами (или несколькими сезонами). Однако достоверные представления об астроклиматических характеристиках пунктов, претендующих на место для строительства обсерватории, можно получить только на шкале времени, сравнимой с характерным временем (30 лет, см. [51]) короткопериодных флуктуаций климата. Понятно, что ни один проект создания обсерватории не располагает таким ресурсом времени. Более того, характерное время смены астроклиматических методов также короче шкалы климатических изменений. Как будет показано ниже, объем данных, накопленных к настоящему времени различными методиками, не позволяет выявить статистически значимых различий между пунктами Северного Кавказа.

В кратковременных высокогорных экспедициях невозможно набрать статистику числа ясных ночей (часов) и качества изображений. Поэтому в астроклиматических исследованиях значительное место занимают методы прогнозирования числа ясных ночей и косвенные оценки качества изображения. Оценки числа ясных ночей можно выполнить либо по климатическим атласам, либо по отчетам метеостанций. Эти метеостанции расположены, в основном, на меньших высотах, чем пункты, для которых выполняется прогноз. Расстояния от таких пунктов до метеостанций превышают, как правило, 20–30 км, так что влияние местных орографических особенностей игнорируется. Напомним, что 3/4 метеорологических определений балла облачности выполняется в три дневных срока. В летнее время в горной местности облачность “уходит вниз” обычно в районе полуночи, поэтому и единственное ночное определение балла облачности зачастую работает на занижение оценки числа ясных ночных часов. Если метеостанция расположена в долине (ст. Зеленчукская) или в котловине (а. Архыз), то полуночные оценки облачности могут и не соответствовать ситуации на окрестных вершинах.

В работе [52], где использована десятилетняя метеорологическая статистика среднегодового числа ясных дней, для 13 пунктов территории СССР были сделаны оценки минимального числа ясных ночных часов N_1 . Затем, с использованием статистики астрономических и метеорологических наблюдений в Ташкенте за 1932–1935 гг., для пяти среднеазиатских пунктов были определены коэффициенты перехода к фактическому числу ясных ночных часов N_2 . Так, при минимальном числе ясных ночных часов для Ташкента $N_1 = 1079$, фактическое число ясных ночных часов составило $N_2 = 1840$. В работе [52] приведена оценка и

для пункта “Северный Кавказ”, по четырехлетней статистике, $N_1 = 830$ часов. В работе [53] эта оценка была скорректирована уже по 16-летнему интервалу метеонаблюдений, $N_1 = 635$ часов, и в таком виде переключалась в [54, Табл. 3], но уже с указанием пункта “Архыз”, (т.е. практически для пункта установки БТА). Для Кисловодска по климатическому атласу был получен существенно иной прогноз — 1188 ночных часов [55]. По результатам наблюдений в 1971–1972 гг. в течение неполных 13 месяцев в САО было 1260 ясных ночных часов [56], т.е. среднее за год составило не менее 1163 часа. К сожалению, эти цифры в монографии [54] не фигурируют.

Пессимистичные оценки числа ясных ночных часов и качества изображений (см. ниже) для БТА, опубликованные в 1980 г., еще около 10 лет служили одним из аргументов дальнейшего развития средств отечественной оптической астрономии не в предгорьях Северного Кавказа, а на изолированных вершинах Средней Азии и на Памире. Астрономическая общественность настолько расходилась во мнениях, что даже в авторитетной монографии [33] обсуждение вопроса о достоинствах и недостатках места установки БТА признавалось преждевременным [33, стр. 24]. Но там же [33, стр. 20] сделано саркастическое замечание о том, что, исходя из представлений о сухом климате Архыза до VIII века н.э. [57], “в далеком будущем место установки БТА окажется весьма удачным с точки зрения ясности неба”.

Интересные обобщения были сделаны и по результатам кратковременных астроклиматических и метеорологических наблюдений. В монографии [54] по результатам работы [34] сделан вывод, что “...средние значения скорости ветра в ночное время примерно в четыре раза меньше в месте установки БТА, чем в поселке Звездном”. Заметим, что вывод сделан по данным [34, Рис. 1г], где “средние за ночь” значения скорости ветра (усреднение проводилось по наблюдениям в три срока, вечером, в полночь и под утро) сравниваются только для одного месяца (август 1962 г.). Различие в скорости ветра объясняется следующим образом: “...для господствующих ветров западного сектора место установки БТА (2070 м над уровнем моря), по-видимому, находится в ветровой тени горы Пастухова (2700 м)”. Заметим, что гора Пастухова находится на юге от БТА и никак не прикрывает башню от западных ветров. Далее читаем: “Однако в ветровой тени турбулентность всегда сильнее, что и было обнаружено даже сравнительно малочувствительными оптическими методами того времени. Было найдено, что в месте установки БТА качество изображения по Данжону-Кудэ примерно в 1.5 раза хуже, чем в поселке Звездном” [54]. Заметим, что в работе [34] для двух пунктов сравниваются

значения угла турбулентции, полученные в результате измерения дрожаний звезд по их следам на фотопластинке, а не в результате оценок по пятибалльной шкале Данжона-Кудэ. Вывод о различии качества изображений в двух пунктах [34, Рис. 3] сделан по результатам трехмесячных (июль—сентябрь 1962 г.) определений среднего “за ночь” угла турбулентции, по наблюдениям, выполненным в три срока. Распространять этот вывод на другие сезоны не стоило.

В последние 20 лет российские астрономы не вкладывают заметные средства в развитие наблюдательных баз, оказавшихся за рубежом. Радикальная точка зрения, что будущее наземной оптической астрономии находится только на вершинах Памира и Средней Азии, постепенно сменилась готовностью показать, что отдельные пункты Северного Кавказа, критиковавшиеся ранее, не так уж и плохи, особенно если их исследовать передовыми методами.

2.10. Сбор астроклиматических и метеорологических характеристик в САО

Уже в период строительства башни БТА был организован сбор метеорологических и астроклиматических характеристик места установки. Использовались телескопы АЗТ-8 и (с 1971 г.) 60-см рефлектор. ДЛП использовался в пункте установки БТА с июня 1971 по июль 1972 г. [56], совпадение результатов определения качества изображения (среднее значение $1.23''$) с результатами [34] признано случайным. “Изображения” лучше $0.5''$ наблюдались только при скорости ветра ниже 2 м/с. В работе [56] было предсказано, что в течение 80 часов в году диаметр изображения будет меньше $0.5''$, а в течение 400 часов — меньше $1.0''$ (оставалось получить телескоп с оптикой соответствующего качества). Оценка среднего значения качества изображений из [56] упоминается в монографии [54], однако там же [54, стр.197] читаем: “Впечатление наблюдателей, работающих на 60-см рефлекторе, установленном вблизи БТА, свидетельствует, однако, что качество изображения на этом инструменте подобно крымскому.” Заметим, что большинство наблюдателей САО, работавших на 60-см рефлекторе САО в те годы, по причине своей молодости не могли иметь опыта продолжительных наблюдений на любом из крымских телескопов. В журналах наблюдений 60-см рефлектора САО нет данных о присутствии астрономов из Крыма, так что у кого могло сложиться впечатление, и на основании каких наблюдений — остается неясным. Уже не выяснить, что подразумевалось под “крымским качеством” изображений

Таблица 2. Наблюдательное время в часах, подсчитанное по данным службы эксплуатации БТА ($T_{СЭК}$) и по отчетам астрономов-наблюдателей (T_A)

Год	$T_{СЭК}$	T_A
1976		1280
1977		1447
1978		1204
1993	1604	1217
1994	1808	1376
1995	-	974
1996	2059	-
1997	1624	1534
1999	1898	1428
2000	1912	1504
2001	1672	1260
2002	1658	1250
2003	1632	1257
2004	1554	1190
2005	1468	1147
2006	1596	1239
2007	1801	1448
2008	1807	1446
Среднее	1720	1306

(т.к. для Симеиза и Научного оно существенно различается, см. Рис. 1). Возможно, речь шла о визуальных ($2.5''$) и фотоэлектрических ($3.5''$) оценках среднего диаметра изображений звезд на 60-см рефлекторе Южной станции ГАИШ [54, Рис. 11].

2.11. Наблюдательное время

Посмотрим, насколько оправдались прогнозы по количеству ясного времени на БТА. В архиве САО имеются данные о количестве наблюдательного времени на БТА, начиная с 1975 г. Здесь ограничимся только данными из внутренних отчетов САО [58–60] и данными, опубликованными в отчетах САО в 1993–2008 гг., Табл. 2.

Первое, что необходимо объяснить, это систематическое различие данных $T_{СЭК}$ и T_A . Рассмотрим три случая. Если ночь полностью ясная и ограничения по скорости ветра и по разности температур “атмосфера — зеркало” позволяют работать, то

$T_{СЭК} > T_A$ на количество времени, необходимое для наведения на первый объект после открытия башни телескопа (т.к. астрономы считают время от начала первой экспозиции, а эксплуатация — после открытия башни). Если наблюдения прекращаются из-за облачности, то $T_{СЭК} > T_A$ на то количество времени, которое астроном, прекративший экспозицию, еще некоторое время ждет, прежде чем отдать команду на прекращение работы телескопа. Если наблюдения начинаются не после вечерних сумерек, а после прояснения неба, то снова, как и в первом случае, $T_{СЭК} > T_A$, но при этом T_A меньше ясного времени, потому что после прояснения неба астроном обязан определенное время (около 30 минут) выждать, убедившись в устойчивости погоды. В целом T_A является нижней оценкой ясного времени, т.к. часть ясного времени приходится на ночи, когда скорость ветра или разность температур не позволяли эксплуатировать телескоп. При максимальном значении часов (2894, за исключением астрономических сумерек), пригодных для наблюдений на широте САО, получаем, что на БТА используется 45% наблюдательного времени.

В период наблюдений на ДЛП в САО было 1260 ясных ночных часов, из которых 1100 часов — при скорости ветра ниже 6 м/с [56]. С привлечением журнала наблюдений на 60-см телескопе САО, среднегодовое число наблюдательных часов за период 1971–1974 гг. составило 1020. Заметим, что это оценка снизу, т.к. нам известно, что часть календарного времени телескоп оставался без наблюдателей. Несмотря на то, что данные Табл. 2 опубликованы в годовых отчетах САО, именно эта величина (1020 часов) через 35 лет включена в качестве характеристики САО в [50, Табл. 2], где проведено сравнение подсчетов и оценок ясных ночных часов, выполненных для разных астропунктов различными методами.

В работе [56] отмечено совпадение результатов подсчета ясных ночных часов с прогнозом [55], составленным по данным Гидрометслужбы СССР о повторяемости ясного неба в дневное время. Аналогичный прогноз для Кисловодска составляет 1188 ясных ночных часов [55]. Наблюдения на ГАС ГАО в 1983–1985 гг. дают близкий результат: 1222 часа [61, Рис. 5]. Подсчет ясных ночных часов, выполненный по результатам мониторинга излучения неба в диапазоне 5–10 мкм в пункте Шаджатмаз в период 2006–2009 гг., дает среднегодовую величину 1340 часов [50]. Эта величина незначительно отличается от среднегодового числа наблюдательных часов на БТА за 2006–2008 гг. (1378 часов, см. Табл. 2). В работе [38] по данным за 1936–1955 гг. и за 1972–1974 гг. о повторяемости ясного и полужасного неба в дневное время на пике Терскол получено среднее количество

“рабочих часов” в году — 1200. По [38, Табл. 18], но с учетом повторяемости только ясного дневного времени (облачность 0–2 балла), для Терскола получено 874 ночных часа [50]. На сайте http://www.mao.kiev.ua/icamer/astr_div.htm в течение ряда лет указывается среднее число ясных ночных часов для Терскола — 1000.

Мы считаем, что имеющаяся статистика и различия в методике определения числа ясных ночных часов не позволяют достоверно выявить различия между тремя обсерваториями Северного Кавказа (ГАС ГАО, САО, пик Терскол). Для конкретного пункта вариации числа ясных ночных часов (в пределах 10–15%), оказываются большими, чем различия между пунктами. Уверенно можно лишь утверждать, что реальное время наблюдений на БТА вдвое превышает данные прогноза числа ясных ночных часов [53, 54].

2.12. Статистика по архиву наблюдений ASPID

Кроме статистики числа наблюдательных ночей, мы располагаем субъективными оценками качества изображений, выполненными разными наблюдателями, в т.ч. и оценками, выполненными при одновременной работе 6-метрового и 1-метрового телескопов. В 1975–1985 гг. на БТА преобладали визуальные оценки, наиболее уверенные получены путем сравнения с шириной щели спектрографа. Визуальные оценки сильно расходились с предсказаниями, сделанными на основе наблюдений с ДЛП (см. ниже). Различия было принято связывать с эффектами большой башни (тепловыделение и турбуленция на створках купола). С 1985 г. преобладают оценки, выполненные на телевизионных подсмотрках с усилителями яркости, где оценка качества изображения зависит и от настройки электроники. С начала 90-х эта информация дополняется данными цифровых архивов спектральной аппаратуры. В данной работе мы ограничились объективной статистикой качества изображений по данным архива ASPID [62], за период 1994–2010 гг. В Табл. 3 для интервала 1994–2010 гг. приводим средние за год характеристики условий наблюдений для аппаратуры, наблюдения на которой размещены в архиве ASPID. На Рис. 2 приведены распределения качества изображений по данным ASPID и пример распределения визуальных оценок для 1977 г.

Анализ таблицы, Рис. 2 и отдельных записей архива позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, среднее качество изображений в САО, по крайней мере, на 1'' лучше, чем об этом сообщалось в [54]. Во-вторых, распределение повторяемости качества изображения всегда асимметрично (см. [54, Рис. 2а] и, например, [54, Рис. 11] и медианная оценка качества изображений на БТА

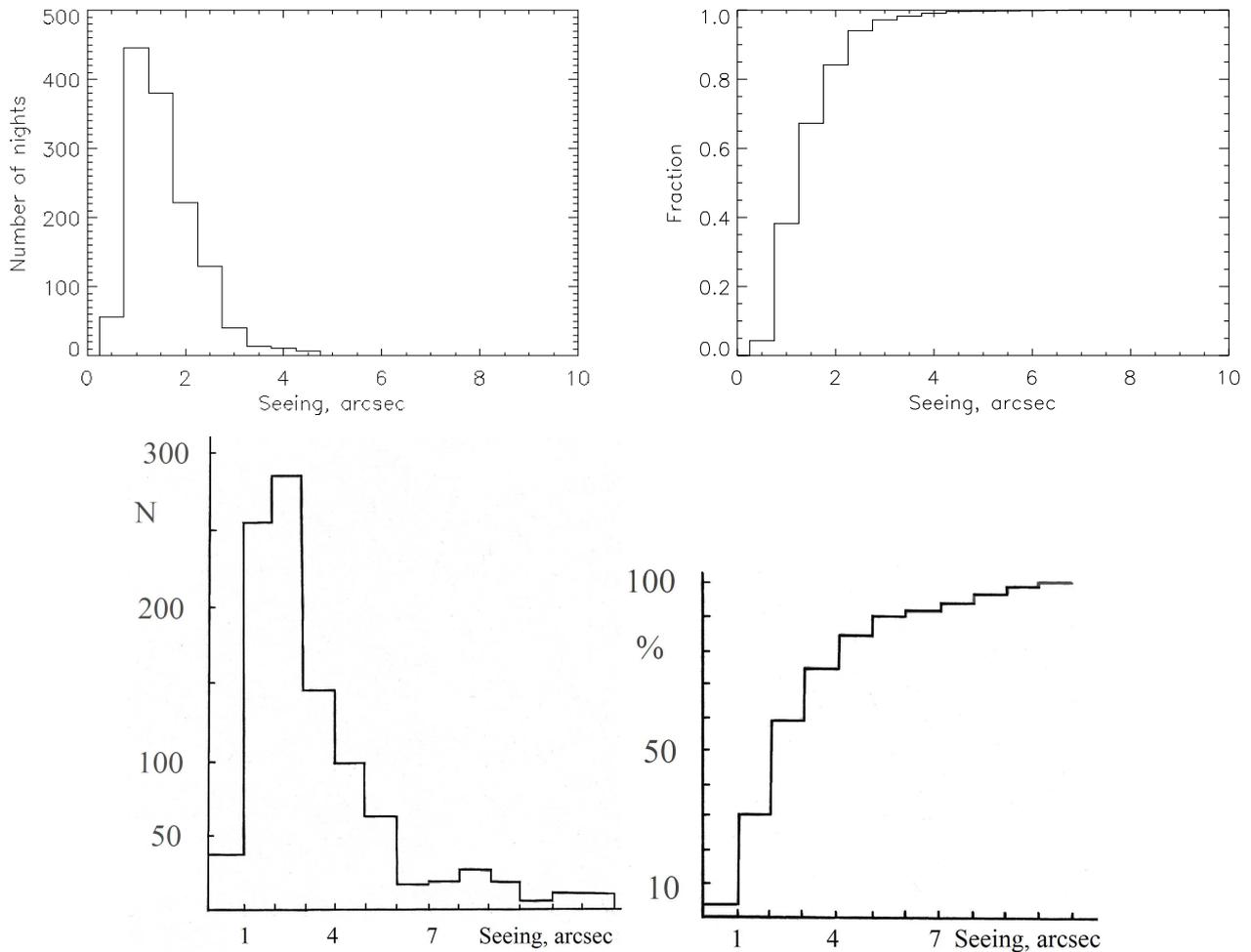


Рис. 2. а) Гистограмма качества изображений по данным архива ASPID; б) кумулятивное распределение качества изображений по данным архива ASPID; в) гистограмма качества изображений по [59]. Ордината — число визуальных оценок в 1977 г.; д) кумулятивное распределение качества изображений по [59]. Ордината — доля визуальных оценок в 1977 г.

по 1310 наблюдательным ночам составляет $1.53''$, что значительно отличается от средней величины $1.67''$. За период наблюдений на БТА 01.01.1994–31.12.2010, с изображениями лучше $1''$ насчитывается 4% (51) ночей, с изображениями лучше $1.5''$ — 38% (501) ночей, а с изображениями лучше $2''$ — 67% (881) ночей. В-третьих, как медианное, так и среднее за 16 лет качество изображений на БТА превышает среднегодовую величину ($1.23''$), полученную в работе [56] путем пересчета результатов наблюдений, выполненных на ДЛП, к 6-метровому диаметру зеркала. Скорее всего, значительная доля этого превышения обязана влиянию микроклимата башни БТА. Однако не исключено, что наблюдения на ДЛП дали для БТА заниженную оценку диаметров изображения, так как этот прибор не учитывает атмосферные неоднородности волнового фронта, размер которых превышает базу

ДЛП (в основном, это наклоны волнового фронта, вызывающие синхронные смещения изображений в каналах прибора). Если это так, то на 1-метровом телескопе САО изображения должны быть ближе к оценкам ДЛП, как за счет пониженного (по сравнению с башней БТА) эффекта башни, так и из-за пониженной роли больших неоднородностей (сравнение качества изображений, полученных при одновременных наблюдениях на 6-метровом и 1-метровом телескопах, будет сделано в отдельной работе).

Любой архив наблюдений имеет признаки селекции. Например, при очень плохих изображениях или пониженной прозрачности наблюдения слабых объектов с умеренным спектральным разрешением невозможны, тогда как спектроскопические наблюдения с высоким разрешением некоторые наблюдатели еще выполняют, но с крайне низкой эффективностью. Мы считаем, что статисти-

Таблица 3. Статистика условий наблюдений по данным архива ASPID

Год	Количество ночей по расписанию	Количество ночей наблюдений (%)	Планируемое время наблюдений, часы	Реальное время наблюдений, часы (%)	Среднее качество изображения, сек. дуги
1994	91	43 (47)	886.4	183.2 (21)	2.03
1995	98	46 (47)	931.6	246.4 (26)	1.67
1996	121	75 (62)	1126.7	428.5 (38)	1.94
1997	105	48 (46)	979.0	275.4 (28)	1.81
1998	89	45 (51)	818.2	331.7 (41)	1.74
1999	80	48 (60)	733.0	306.8 (42)	1.72
2000	84	61 (73)	808.4	421.9 (52)	1.67
2001	99	64 (65)	879.6	386.7 (44)	1.75
2002	117	61 (52)	1104.6	430.1 (39)	1.49
2003	144	79 (55)	1351.6	518.9 (38)	1.46
2004	158	94 (59)	1460.0	652.4 (45)	1.64
2005	161	105 (65)	1549.3	765.4 (49)	1.71
2006	187	107 (57)	1753.5	753.8 (43)	1.58
2007	179	112 (62)	1645.7	802.3 (49)	1.57
2008	185	121 (65)	1724.8	897.1 (52)	1.59
2009	184	115 (62)	1691.0	792.2 (47)	1.51
2010	195	111 (56)	1817.0	720.6 (40)	1.74
Среднее		57%		41%	1.67

ка архива наблюдений слабых объектов (ASPID) должна быть ближе к статистике ясного ночного времени, чем статистика наблюдений на спектрографах высокого разрешения. Из Табл. 3 получили, что средняя доля наблюдательных ночей составляет 55% от ночей по расписанию, а среднее реальное время наблюдений — 41% от планируемого. Таким образом, из числа наблюдательных ночей около 14% являются частично ясными. В разделе 2.11 получили, что для всех видов наблюдений доля используемого времени составляет 45%. Следовательно, добавление статистики по другим видам наблюдений (а это, преимущественно, спектроскопия с высоким разрешением) поднимает долю реального времени наблюдений с 41 до 45%. Замечание о том, что спектроскопические наблюдения могут выполняться и при пониженной прозрачности, относятся к наблюдениям ярких звезд с высоким

спектральным разрешением, а к статистике по архиву ASPID практически не относится.

Нерешенной остается загадка плохих изображений в 1977 г. (Рис. 2с и Рис. 2d). Визуальные оценки наблюдателей на БТА, собранные в работе [59], в среднем на 1" хуже, чем данные из Табл. 3. К этому вопросу мы вернемся в другой работе, посвященной астроклимату башни БТА.

2.13. Ветры

Сильный приземный ветер в районе БТА имеет узкий диапазон направлений (85% случаев сильного ветра находится в юго-западном секторе). Наблюдения сопутствующей облачности показывают, что юго-западное направление является преимущественным и на высотах 3–4 км. На этих высотах

мы наблюдаем “чистый”, т.е. невозмущенный рельефом Главного Кавказского хребта (ГКХ) барический перенос воздушных масс. Если направление барического переноса совпадает с общим наклоном поверхности рельефа, то формируются сильные кататические местные ветры двух типов. К первому типу относятся стоковые ветры (локальное усиление барического переноса гравитационным стоком воздуха), ко второму — ветры, образующиеся вследствие гидродинамического сжатия потока при его взаимодействии с рельефом. Перевалив через ГКХ, юго-западный ветер переваливает затем через хребет Абишира-Ахуба (расположенный почти параллельно ГКХ) и по урочищу Богословка спускается в долину реки Б. Зеленчук (Рис. 3), приобретая дополнительную компоненту стокового характера. Вследствие того, что в районе БТА долина реки Б. Зеленчук изгибается под прямым углом, значительная часть воздушных масс не маневрирует по долине, а поднимается по юго-западному склону горы Семиродники (направление этого движения отмечено стрелкой на Рис. 3). Добавление вкладов от местных ветров обоих типов к скорости барического переноса может приводить к усилению ветра в районе БТА.

Астропункт “Звездный” расположен в 4.5 км от БТА, на развилке хребтов Ужум-1 и Ужум-2, являющейся в данном месте водоразделом между долинами р. Б. Зеленчук и р. Марух. Основное направление ветра здесь — с юга, по долине реки Марух. Перед астропунктом “Звездный” эта долина изгибается под прямым углом. Массы увлажненного воздуха, переваливая через Марухские ледники в системе ГКХ, на протяжении порядка 30 км беспрепятственно продвигаются по слабоискривленной долине р. Марух, наталкиваются на указанный изгиб, и частично переваливают в долину р. Б. Зеленчук. В работе [34] отмечено, что в “Звездном” влажность выше всего на 7–10%, но средние ночные значения скорости ветра в 4 раза превышают значения, полученные в пункте установки БТА. В отличие от пункта БТА, где юго-западный барический перенос взаимодействует вначале с ГКХ, а затем с хребтом Абишира-Ахуба, астропункт “Звездный” находится под непосредственным воздействием воздушных масс, переваливших ГКХ. В этом случае влияние рельефа местности на барический перенос проявляется сильнее, что приводит к значительному увеличению скорости приземного ветра.

Поскольку сравнения метеорологических характеристик двух пунктов выполнены только в июле-сентябре, рассмотрим, какие атмосферные процессы являются доминирующими в этот период. Анализ многолетних наблюдений температуры, давления и скорости ветра (пример см. на Рис. 4)

показывает, что в летне-осеннее время район БТА реже подвергается воздействиям барических переносов. Летом вариации давления полностью укладываются в 8-миллиметровый интервал, тогда как зимой атмосферное давление испытывает регулярные (3–5 раз в месяц) вариации вдвое большей амплитуды, оставаясь в среднем на 7–8 мм рт.ст. ниже, чем летом. Сильные вариации скорости ветра коррелируют с изменениями давления, что указывает на барический характер переноса воздушных масс. Изменения температуры с недельным характерным временем также являются следствием барического переноса (циклональная активность).

В отсутствие крупномасштабных барических возмущений, т.е. когда сильные ветры не наблюдаются, скорость ветра на БТА определяется местными ветрами горно-долинной циркуляции. Рассмотрим эффект подробнее. На Рис. 5 приведен пример изменений температуры воздуха и скорости ветра в летнее время. Резкий подъем температуры после восхода Солнца, к полудню, вследствие появления и развития местной облачности, сменяется колебаниями с общим понижением температуры к вечеру. Быстрые вариации скорости ветра в дневное время связаны с изменением термического режима вследствие развития облачности. Горно-долинная циркуляция захватывает приповерхностные ($h < 30$ м) и пограничные ($h < 1$ км) слои атмосферы. Направление горно-долинного ветра в приземном слое изменчиво: днем — в горы, ночью — в долины. На высоте около 1 км возникает компенсационный поток, и ветер меняет направление [63]. В этом случае циркуляционные процессы являются основным фактором, определяющим флуктуации температуры воздуха в первом километре атмосферы над телескопом. В окрестностях БТА горно-долинная циркуляция наблюдается и в зимнее время (Рис. 6), но в этом случае приземная скорость ветра в 2–3 раза ниже. Зимой, в районе полуночи, в ясное время регулярно наблюдается повторный небольшой подъем температуры, сопровождаемый, иногда, небольшим увеличением скорости ветра. В это время долина холоднее склонов и появляется слабый горный ветер, скорость которого на вершине еще удается измерить. Под утро ветер склонов прекращается. Детальное сравнение местных циркуляционных процессов для “Звездного” и БТА выполнить невозможно, т.к. в работе [34], даны значения, средние по измерениям в три ночных срока (через час после захода Солнца, в полночь и за час до восхода Солнца). Интересно отметить, что в концепции отдельной изолированной вершины феномен горно-долинной циркуляции не рассматривается. По крайней мере, мы нигде не видели упоминания о компенсационных потоках.

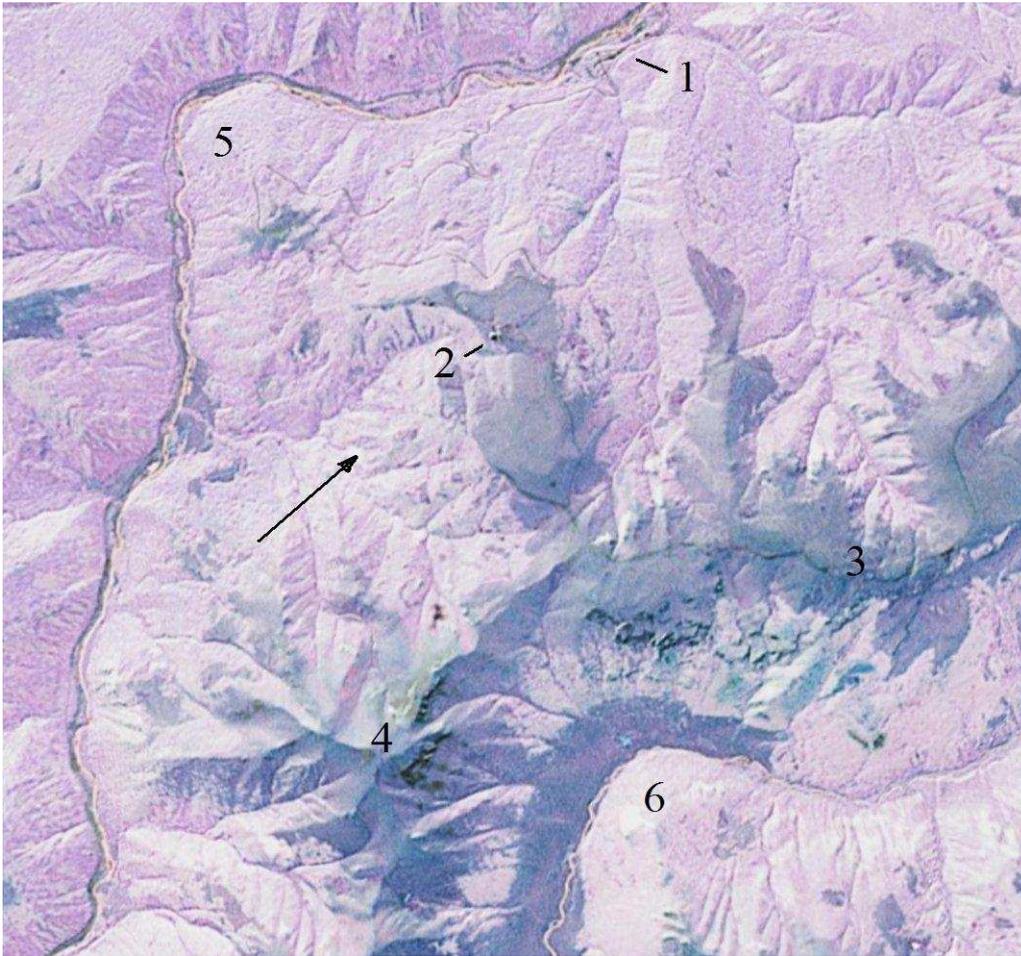


Рис. 3. Рельеф местности в районе установки БТА. Север — вверху, запад — слева. Обозначения: 1 — поселок Нижний Архыз, 2 — башня БТА, 3 — астропункт "Звездный" 4 — вершина горы Пастухова, 5 — излучина реки Большой Зеленчук, 6 — излучина реки Марух. Стрелкой указано преимущественное направление сильных ветров.

Если скорость ветра выше 10 м/сек, то наблюдения на БТА запрещены. Это значение скорости превышает максимальные значения (5 м/сек), достигаемые местными ветрами в ночное время. По данным автоматической метеостанции мы подсчитали долю 15-минутных интервалов, в течение которых было зарегистрирована скорость $v > 10$ м/сек. В течение года насчитывается в среднем около 500 часов с $v > 10$ м/сек, на ночное время приходится около 250 таких часов, из них не более 45%, т.е. 112 часов — это потери ясного ночного времени. Эта оценка согласуется с данными измерений в [56]: 160 ясных ночных часов при скорости ветра выше 6 м/с. Анализ архива ASPID показывает, что при $v \approx 7-9$ м/сек изображения заметно ухудшаются. При ветре 8–9 м/сек, когда наблюдения еще разрешены, телескоп, если он развернут в подветренную сторону, заметно раскачивается при сильных порывах ветра. Поэтому, при интенсивном барическом переносе воздушных

масс, эффективность телескопа снижается не только за счет пасмурного времени, но и за счет указанных эффектов, сопровождающих сильный ветер в ясное время.

При характеристике астропунктов чаще всего используются усредненные характеристики, что приводит к более оптимистичным оценкам скорости ветра. Так, для САО в 2007–2009 гг. зимние и летние медианные ночные скорости составляют 2.0 и 1.3 м/сек, соответственно, а для пункта Шаджатмаз годовая медианная ночная скорость за эти же годы составляет 2.3 м/сек [50], последнее можно сравнить со среднегодовой (за 1983–1985 гг.) скоростью 2.5 м/сек для ГАС ГАО [61]. Такие характеристики (как и медианные за месяц) не дают информации о частоте повторяемости сильных ветров по сезонам (см. Рис. 4b). Например, в 1972–1974 гг. на пике Терскол среднемесячная скорость ветра в полдень изменялась от 1.1 до 4.4 м/сек [38], т.е., с точки зрения эксплуата-

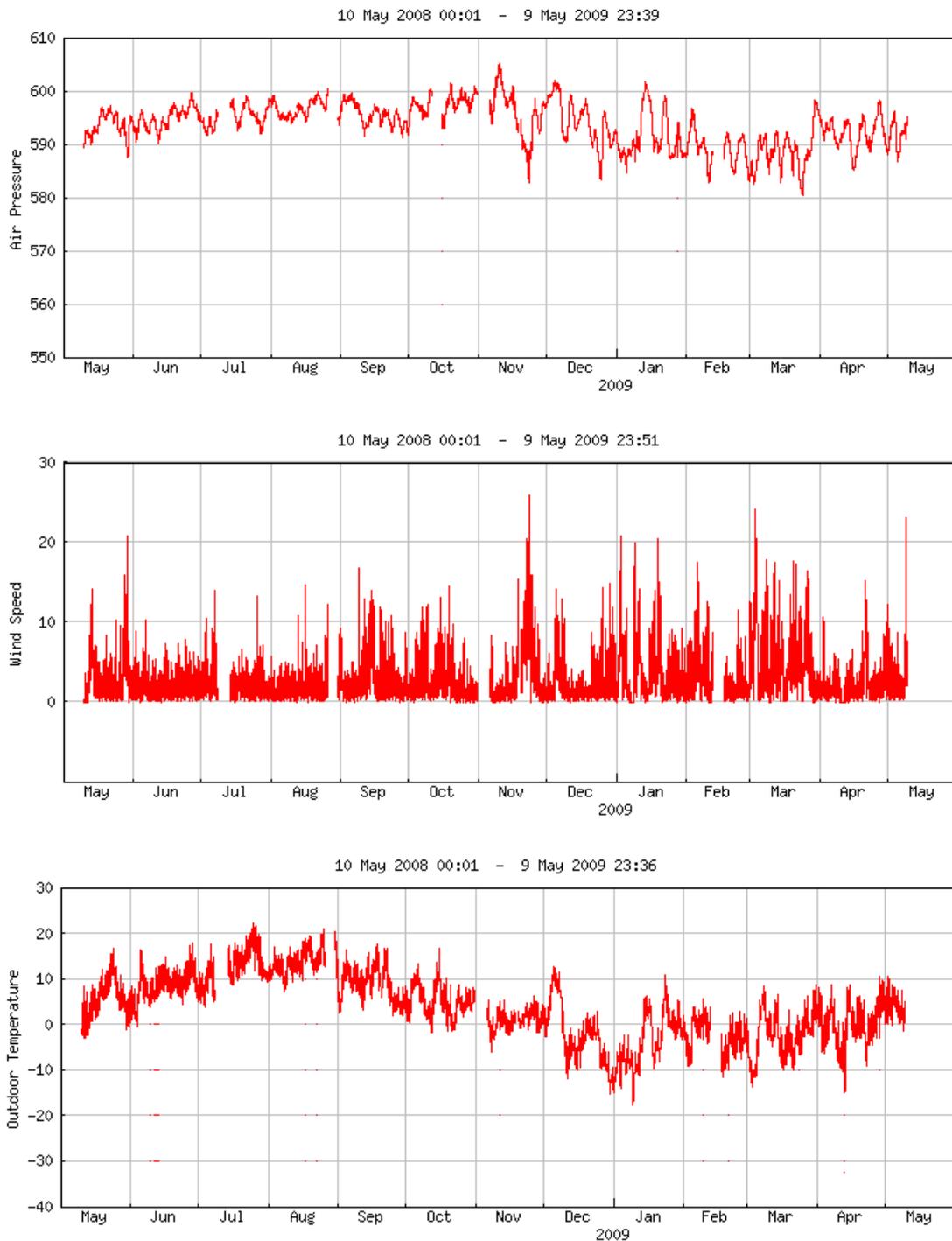


Рис. 4. (а) БТА, изменения атмосферного давления (мм рт.ст.) в течение года; (б) БТА, изменения скорости ветра (м/сек) в течение года; (с) сезонные изменения температуры воздуха в пункте установки БТА.

ции большого телескопа, ветер был в допустимых пределах. С другой стороны [64], общее количество времени, пригодного для наблюдений Солнца, “снижено за счет сильного ветра западного на-

правления”. Это направление выделено понижением рельефа в системе ГКХ — перевал Азау и др.

2.14. Содержание водяного пара

Количество энергии, переносимой в атмосфере, в значительной мере определяется концентрацией

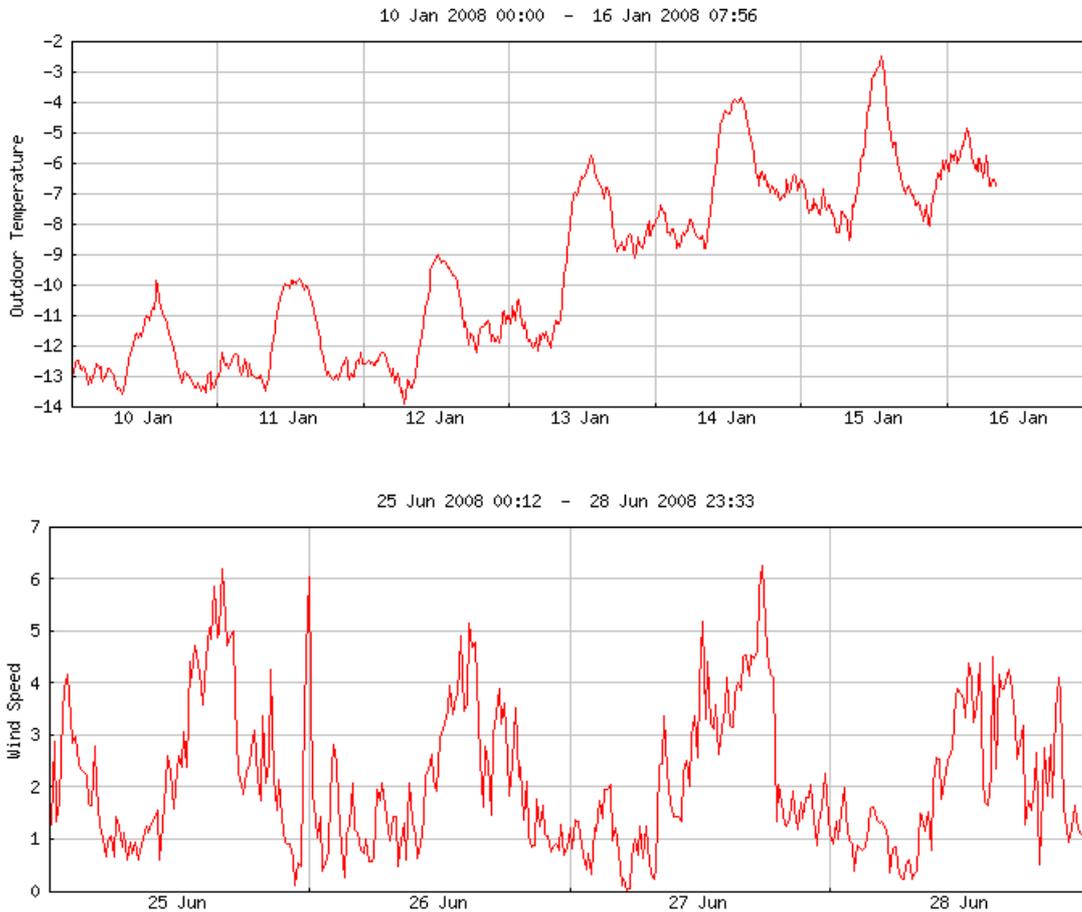


Рис. 5. (а) БТА, суточные вариации температуры воздуха летом. Вертикальные линии — границы суток; (б) БТА, суточные вариации скорости ветра летом.

водяного пара. Содержание водяного пара можно представить интегральной характеристикой — количеством осажженной воды (т.е. высотой столбика воды, полученного путем осаждения водяного пара по всей высоте атмосферы). Используются преимущественно четыре метода измерений: а) аэрологическое радиозондирование; б) фотометрия, центрированная на полосы воды в ближнем ИК-диапазоне; в) ИК-мониторинг собственного излучения безоблачного неба; г) измерение задержки микроволновых сигналов GPS, вызванной концентрацией водяного пара. По этим методам сделаем некоторые замечания.

Из-за плохой чувствительности датчиков влажности в сухой атмосфере, аэрологическое зондирование дает систематические ошибки при низких количествах осажженной воды.

Фотометрия в ближнем ИК-диапазоне страдает другими недостатками: во-первых, измерения можно выполнять только ясным солнечным днем, во-вторых, при большой концентрации водяного

пара профиль колебательной полосы насыщается и чувствительность метода падает, в-третьих, в сухой атмосфере относительный вклад вращательных линий водяного пара на ширине полосы интерференционного фильтра невелик, и чувствительность также падает. Поэтому желательно использовать измерения в двух полосах разной интенсивности, имеющих различный ход насыщения.

Измерения яркостной температуры неба в диапазоне 5–10 мкм являются “всепогодным” методом, ориентированным преимущественно на определение балла облачности. Абсолютная калибровка этого метода, выполненная путем измерений интенсивностей отдельных вращательных линий водяного пара на спектрах с высоким разрешением, линейна в диапазоне от 1 мм до 6 мм осажженной воды, при значениях меньше 3 мм точность составляет 0.3 мм [65].

Точность полуавтоматического определения содержания осажженной воды по данным GPS-мониторинга составляет около 1 мм. Это предельная точность, которую можно получить в микро-

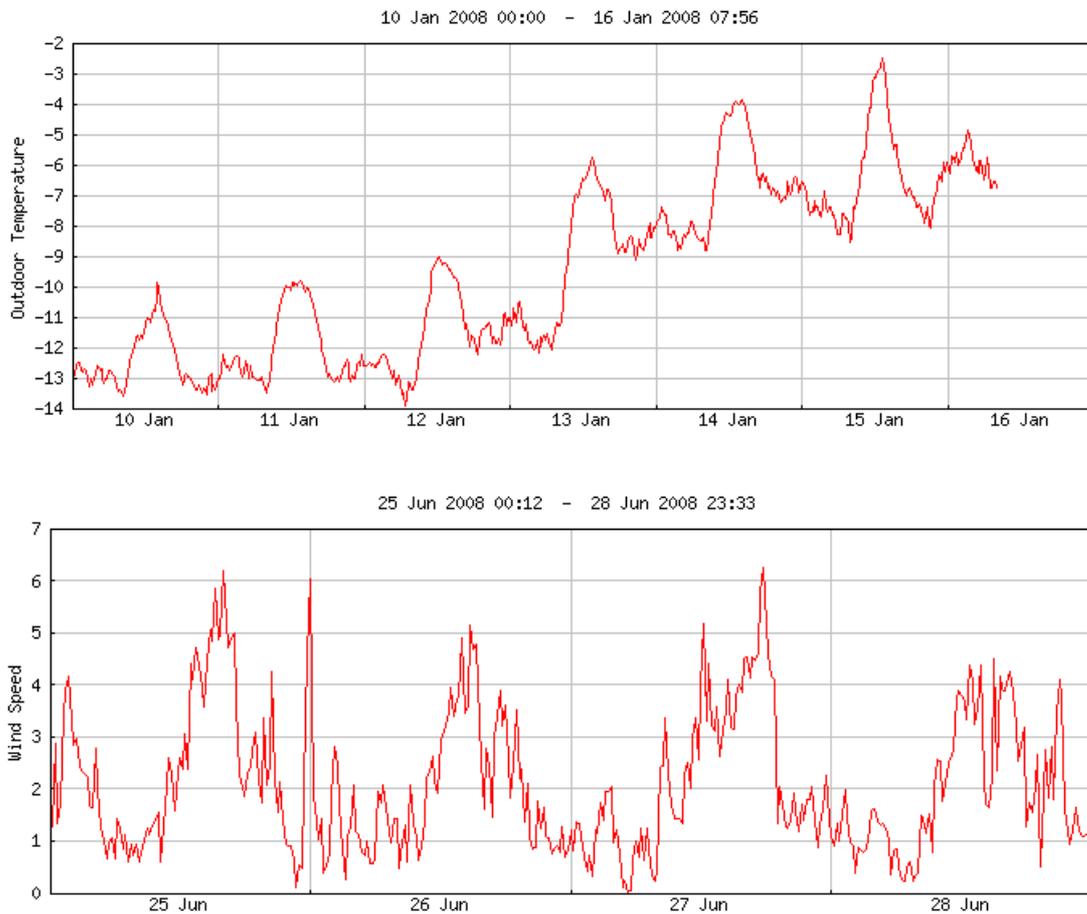


Рис. 6. (а) БТА, суточные вариации температуры воздуха зимой; (б) БТА, суточные вариации скорости ветра зимой.

волновом диапазоне. Кроме задержки сигналов GPS, вследствие изменения содержания водяного пара в тропосфере, наблюдаются более значительные задержки вследствие изменения коэффициента преломления микроволн на свободных электронах ионосферы. Ионосферный вклад можно частично исключить, используя две рабочие частоты. К нейтральной тропосфере такой прием неприменим, т.к. для микроволн тропосфера является недисперсной средой распространения.

Метеорологические измерения влажности в приземном слое, с последующей экстраполяцией на свободную атмосферу по экспоненциальному закону, также не являются адекватной заменой измерений содержания осаждаемой воды вдоль луча зрения.

В САО измерения осаждаемой воды выполнены в дневное время (с октября 1975 по август 1976) путем сравнения солнечной радиации, пропущенной в фильтре, центрированном на полосу водяного пара, с радиацией, пропущенной в фильтре, центрированном на соседний участок спектра [66]. За

11 месяцев наблюдения выполнены для 89 безоблачных дней. Соотношение потоков для двух пар интерференционных фильтров (0.94 мкм/0.88 мкм и 1.13 мкм/1.05 мкм) были откалиброваны по данным аэрологического зондирования. Интересно, что среднемесячные количества осаждаемой воды, вычисленные для САО в [67] на основании Атласа влажности северного полушария, практически совпали с результатами наблюдений [66]. В период МГГ (1958–1959 гг.) в Приэльбрусье выполнено свыше полутора сотен запусков метеорологических радиозондов, среднемесячные значения осаждаемой воды приведены в [38, Табл. 16] В Табл. 4 приводим данные из работ [38, 66]. Для пункта Шаджатмаз в работе [50] опубликовано медианное значение в ночное время — 7.75 мм, полученное методом задержки сигналов GPS.

2.15. Температура воздуха

Максимальная амплитуда суточных колебаний температуры воздуха вблизи БТА составляет 6°С

Таблица 4. Среднемесячное количество осаждаемой воды (в мм), полученное методом аэрологического зондирования (Приэльбрусье, Терскол) и методом узкополосной фотометрии (Семиродники, САО)

	Месяц												Среднее за год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Приэльбрусье	-	4.9	3.6	3.6	7.6	16.2	14.7	11.4	7.5	4.8	-	3.8	7.81
Семиродники	1.0	1.4	1.4	4.4	4.5	7.0	7.7	9.6	-	3.9	2.6	2.0	4.14

летом и 8°C зимой. В периоды интенсивного барического переноса температура воздуха за двое суток может измениться на величину, превышающую 10°C (см. правую часть Рис. 4b). Вследствие высокой тепловой инерционности главного зеркала БТА установлены ограничения на эксплуатацию телескопа: при разности температур “зеркало – атмосфера” $\Delta T > 10^{\circ}\text{C}$ наблюдения запрещены. По данным автоматической метеостанции и системы температурных датчиков БТА мы подсчитали число 15-минутных интервалов, в которые $\Delta T > 10^{\circ}\text{C}$. За год в среднем получается около 85 часов. При этом в категорию температурных потерь включены и светлое время суток, и периоды облачности. Завышение оценки за счет пасмурного времени менее существенно, т.к. резкое понижение температуры сопровождается, как правило, прояснением и исчезновением облачности. Получили, что ночные потери окажутся приблизительно вдвое меньшими (порядка 43 часов). Другую оценку можно сделать по данным журналов наблюдений на БТА. Например, в 1977 году потери по метеоусловиям (облачность, осадки) составили 1353 часа, а наблюдательного времени было 1447 часов, из которых по перепаду температур ($\Delta T > 10^{\circ}\text{C}$) потеряно 56 часов [59]. Итак, потери ясного ночного времени по перепаду температур в среднем вдвое меньше потерь по скорости ветра.

Связь температуры воздуха с другими метеорологическими характеристиками, а также температурный режим башни БТА планируем рассмотреть в отдельных публикациях.

2.16. Прозрачность

Прозрачность атмосферы в районе установки БТА исследована как экспедиционными средствами [68], так и в период эксплуатации телескопа: [69, 70] — ночная атмосфера, [66] — дневная атмосфера. Было установлено, что коэффициент экстинкции имеет значения, типичные для данной высоты.

3. ВЫВОДЫ

Большинство действующих обсерваторий Крыма и Кавказа (за исключением КраО и Шемахинской АО) были выбраны без предварительных и

статистически репрезентативных астроклиматических исследований.

При критическом рассмотрении процесса поиска и выбора места установки БТА следует учитывать то обстоятельство, что в начале 50-х годов не существовало других астроклиматических доктрин, способных конкурировать с концепцией Данжона-Кудэ. Вторым фактором является дефицит времени и ресурсов, что не позволило набрать достоверную статистику даже теми методами, которые впоследствии были раскритикованы. Важным фактором является также своеобразный методический нигилизм: при появлении новых методов старые не проверялись настолько быстро, что не удавалось получить статистически достоверные ряды параллельных наблюдений как старой, так и новой методикой. В результате исследователи пользуются сегодня короткими рядами, полученными в рамках однотипных методик. Серьезной ошибкой является определенное снижение объема астроклиматических исследований после того, как выбор места установки телескопа состоялся. Отметим, что в течение 35 лет работы БТА проблема астроклимата места установки и башни телескопа оставалась внутренней проблемой САО, тогда как известные специалисты в лучшем случае игнорировали эту проблему, а в худшем случае давали свободную интерпретацию имеющихся данных. В публикациях отечественных специалистов астроклиматические характеристики САО как занижались, так и продолжают занижаться. В целом можно прийти к выводу, что на изучение астроклимата предполагаемого места установки БТА было затрачено гораздо меньше усилий, чем на последующие работы по доказательству правильности или ошибочности этого выбора.

Сравнение астроклиматических данных для САО, ГАС ГАО и Терскола пока не позволяет утверждать, что зафиксированы значимые различия, определяемые орографическими особенностями районов. Пока можно уверенно утверждать лишь то, что уровень потерь наблюдательного времени на Северном Кавказе определяется барическими процессами, общими для трех обсерваторий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г. А. Тихов, *Шестьдесят лет у телескопа*, (Детгиз, Москва, 1959).
2. И. И. Неяченко, Историко-астрономические исследования **13**, 43 (1977).
3. В. В. Стратонов, Труды Главной Российской астрофизической обсерватории **1**, 1 (1922).
4. В. Г. Фесенков, Русский астрономический журнал **3**, 45 (1926).
5. М. Ф. Субботин, Русский астрономический журнал **3**, 233 (1926).
6. В. А. Бронштэн, Историко-астрономические исследования **23**, 403 (1992).
7. Б. В. Нумеров, Бюл. Астрон. ин-та **28**, 87 (1931).
8. Е. Я. Воробьева, В сб. *Вопросы истории астрономии* (Москва, 1974), с. 139.
9. А. Данжон и А. Кудэ, Астрон. ж. **17**, 77 (1940).
10. А. В. Марков и В. Б. Никонов, Бюл. Астрон. ин-та, №31, 119 (1932).
11. И. А. Бенашвили, Бюл. Астрон. ин-та, **31**, 126 (1932).
12. S. W. Burnham, *Astronom. and Astrophys.* **12**, 595 (1893).
13. В. Б. Никонов, Бюл. Астрон. ин-та **38**, 337 (1935).
14. П. П. Добронравин, Бюл. Астрон. ин-та **38**, 345 (1935).
15. П. П. Добронравин, Бюл. Астрон. ин-та **38**, 332 (1935).
16. Г. А. Шайн, Изв. Крымской АО **1**, 5 (1947).
17. В. Ф. Газе, Изв. Крымской АО **3**, 99 (1948).
18. Астрономический журнал **21**, 57 (1944).
19. Г. Б. Гельфрейх и Э. В. Кононович, *История астрономии в России и СССР*, ред. В. В. Соболев, (Янус-К, Москва, 1999), с.167.
20. М. Н. Гневышев, Историко-астрономические исследования **16**, 70 (1983).
21. М. Н. Гневышев, *Кисловодская горная астрономическая станция* (Наука, Москва, 1965).
22. К. Г. Гневышева, Изв. ГАО в Пулкове **207**, 77 (1991).
23. В. А. Амбарцумян, *Эпизоды жизни* ("Титутюн", Ереван, 2001).
24. Ш. П. Дарчия, *Каталог астроклиматических характеристик за 1953 год* (Новосибирск, 1964).
25. И. М. Копылов, И. М. Копылов — полвека в астрофизике (Изд. САО РАН, 2003), с. 8.
26. Н. И. Кучеров, Труды сектора астроботаники АН КазССР **1**, 73 (1953).
27. А. Х. Дарчия, Л. Ф. Чмиль и Ш. П. Дарчия, Известия ГАО в Пулкове **21**, 52 (1960).
28. Н. А. Бошнякович, Н. В. Быстрова, А. Н. Демидова и др., Известия ГАО в Пулкове **21**, 155 (1962).
29. О. Б. Васильев и В. В. Вязовов, Известия ГАО в Пулкове **22**, 144 (1962).
30. Г. И. Большакова, Н. М. Бронникова, Т. Ф. Вийк и др., Известия ГАО в Пулкове **24**, 254 (1967).
31. О. Б. Васильев и Н. Ф. Нелюбин, Астрофизические исследования (Изв. САО АН СССР) **1**, 125 (1970).
32. О. Б. Васильев и Н. Н. Яковлева, Астрофизические исследования (Изв. САО АН СССР) **1**, 100 (1970).
33. Ш. П. Дарчия, *Об астрономическом климате СССР* (Наука, Москва, 1985).
34. О. Б. Васильев и Н. Ф. Нелюбин, Сообщения САО АН СССР **1**, 3 (1968).
35. Л. Р. Лисина и Э. С. Хэйло, Астрометрия и астрофизика **5**, 118 (1969).
36. Я. С. Яцкив, В. С. Кислюк и Р. И. Костык, *Главная астрономическая обсерватория АН УССР* ("Наукова думка", Киев, 1976).
37. Р. Р. Кондратюк, Астрометрия и астрофизика **23**, 98 (1974).
38. Е. А. Депенчук, Р. Р. Кондратюк и А. П. Койфман, Астрометрия и астрофизика **31**, 99 (1977).
39. Р. Р. Кондратюк, С. Б. Новиков и А. А. Овчинников, Астрономический Циркуляр **928**, 3 (1976).
40. Н. С. Комаров, Е. А. Депенчук и Р. И. Чуприна, Астрометрия и астрофизика **24**, 115 (1974).
41. А. Ф. Пугач, Р. Р. Кондратюк и А. Э. Розенбуш, Астрометрия и астрофизика **25**, 111 (1975).
42. В. В. Аврамчук и Т. П. Семенов, Астрометрия и астрофизика **26**, 113 (1975).
43. А. Ф. Пугач и Р. Р. Кондратюк, Астрометрия и астрофизика **31**, 99 (1976).
44. Ю. Шток и Дж. Келлер, *Телескопы*, (ИЛ, Москва, 1963), с. 176.
45. С. Б. Новиков, Астрономический циркуляр **482**, 3 (1968).
46. Э. А. Винокурова, Л. М. Гиндилис, А. А. Капусткин и др., Труды ГАИШ **34**, 20 (1966).
47. M. Sarazin and F. Roddier, *Astronom. and Astrophys.* **227**, 294 (1990).
48. A. Tokovinin, V. Kornilov, N. Shatsky, and O. Voziakova, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **343**, 891 (2003).
49. V. Kornilov, A. Tokovinin, N. Shatsky, et al., *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **382**, 1268 (2007).
50. V. Kornilov, N. Shatsky, O. Voziakova, et al., *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **408**, 1233 (2010).
51. Б. Л. Дзердзеевский, *Общая циркуляция атмосферы и климат* (Наука, Москва, 1975).
52. Г. В. Новикова, Астрономический циркуляр **482**, 9 (1968).
53. Г. В. Новикова, В сб. *Атмосферная оптика*, (Наука, Москва, 1970), с.10.
54. П. В. Щеглов, *Проблемы оптической астрономии* (Наука, Москва, 1980).
55. Е. А. Кусаев, В сб. *Молодые звездные комплексы. Астроклимат*, ("Фан", Ташкент, 1972), с. 164.
56. В. В. Леушин, В. Б. Небелицкий, Н. Ф. Нелюбин и С. Б. Новиков, Астрономический Циркуляр **866**, 6 (1975).
57. В. А. Кузнецов, *В верховьях Большого Зеленчука*, (Искусство, Москва, 1977), 167с.
58. В. Н. Ерохин, Научно-технический отчет САО АН СССР № 34 (1977).
59. В. Н. Ерохин, Научно-технический отчет САО АН СССР № 60 (1979).

60. В. Н. Ерохин и С. П. Пляскин, *Астрофизические исследования (Известия САО АН СССР)* **17**, 40 (1983).
61. В. П. Рыльков и В. В. Бобылев, *Изв. ГАО в Пулковке* **207**, 89 (1991).
62. В. Афанасьев, Е. Афанасьева, Г. Афанасьева и др., <http://alcor.sao.ru/db/aspid/about.html>.
63. Э. А. Бурман, *Местные ветры* (Гидромет, Ленинград, 1969).
64. В. И. Троян, *Астрометрия и астрофизика* **47**, 80 (1982).
65. A. Ardeberg, in *Proceedings of an International Conference "Identification, Optimization, and Protection of Optical Telescope Sites"*, Ed. by R. L. Mills, O. G. Franz, H. D. Ables, and C. C. Dahn, (1986), p. 20.
66. Ю. К. Бергнер, А. В. Крат, С. М. Морозова и др., *Астрофизические исследования (Изв. САО АН СССР)* **10**, 52 (1978).
67. G. P. Kuiper, *Comm. Lunar Planet Lab.* **8**, 121 (1970).
68. О. Б. Васильев и В. Н. Фролов, *Известия ГАО* **178**, 207 (1965).
69. Т. А. Карташева и Н. М. Чунакова, *Астрофизические исследования (Изв. САО АН СССР)* **10**, 44 (1978).
70. С. И. Неизвестный, *Астрофизические исследования (Изв. САО АН СССР)* **17**, 26 (1983).

ASTROCLIMATE OF NORTHERN CAUCASUS—MYTHS AND REALITY

V.E. Panchuk, V.L. Afanas'ev

We list the principal stages of astroclimatic studies concerned with choosing the sites for astrophysical observatories in Caucasus and Crimea. We show that the sites for three observatories in Northern Caucasus (Kislovodsk Mountain Astronomical Station of Pulkovo Main Astronomical Observatory of the Russian Academy of Sciences, Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences, Terskol Observatory) were chosen without obtaining representative statistical data in terms of the number of clear night hours and seeing. We report the data on the number of clear night hours and seeing for the 6-m telescope of the Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences based on results of long-term observations. We discuss the possible causes of the discrepancies between experimental and forecast data and conclude that currently none of the three observatories in the North Caucasus can be preferred because of the great variety of the methods employed and limited statistics in terms of astroclimatic and meteorological parameters for some sites.

Key words: *Site testing—History and philosophy of astronomy*