

УДК 53.06+556

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЯ АСТРОКЛИМАТА В КОРОТКОВОЛНОВОЙ ЧАСТИ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН НА ПЛАТО СУФФА

Г. М. Бубнов^{1,2*}, Ю. Н. Артеменко³, В. Ф. Вдовин^{1,2}, Д. Б. Данилевский⁴,
И. И. Зинченко¹, В. И. Носов¹, П. Л. Никифоров¹, Г. И. Шанин⁴, Д. А. Раупов⁴

¹ Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород; ² Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, г. Нижний Новгород;

³ Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева РАН, г. Москва, Россия

⁴ Радиоастрономическая обсерватория РТ-70 АН Республики Узбекистан, г. Ташкент, Узбекистан

В работе представлены результаты сезонных наблюдений астроклимата на месте строительства радиотелескопа РТ-70 на плато Суффа (высота 2400 м над уровнем моря). Наблюдения проводились в автоматическом режиме каждые 11 минут в течение года, начиная с ноября 2014 года. Рассмотрены кратковременные и долговременные закономерности изменения параметров прозрачности атмосферы, построены статистические диаграммы. Основным результатом работы являются характеризующие астроклимат статистические данные, позволяющие прогнозировать возможность радиоастрономических наблюдений в окнах прозрачности миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов длин волн.

ВВЕДЕНИЕ

С момента основания обсерватории РТ-70 в 1981-м году до 1991 года на плато Суффа (высота 2400 м над уровнем моря) работала метеостанция, следящая за астроклиматом [1, 2]. На ней проводились запуски метеозондов, велась запись давления, температуры, влажности, силы и направления ветра, синевы неба и других параметров. Эти данные были определяющими до начала наших измерений [3, 4]. В последнее время снова возник интерес к основному инструменту обсерватории — радиотелескопу с 70-метровым основным рефлектором РТ-70 проекта П-2 500, как к одному из самых крупных инструментов для коротковолновой части миллиметрового диапазона длин волн с уникальными проектными характеристиками. Рабочий диапазон частот радиотелескопа от 5 до 300 ГГц, диаграмма направленности — до трёх угловых секунд [5]. Современные технологии позволяют наделить этот инструмент рядом уникальных свойств: в частности, адаптивная поверхность зеркала увеличит эффективную площадь, а использование углепластика значительно снизит вес конструкции [6].

Помимо характеристик самого инструмента, немаловажную роль в эффективности работы обсерватории в целом играет астроклимат местности, в которой установлен радиотелескоп. Одной из важнейших проблем освоения коротковолновой части миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов для целей радиоастрономии и телекоммуникаций является значительное поглощение излучения этих диапазонов длин волн атмосферными газами. Оно подвержено значительным сезонным и суточным вариациям и существенно зависит от климата местности и высоты над уровнем моря. Наиболее достоверным способом определения астроклимата конкретной местности является проведение регулярных измерений интегрального атмосферного ослабления (т. е. оптической толщины) в окнах прозрачности атмосферы, наиболее близких к рабочим частотам радиотелескопа. Зачастую локальный климат конкретной территории (долины, ущелья, плато

* payalnik89@gmail.com

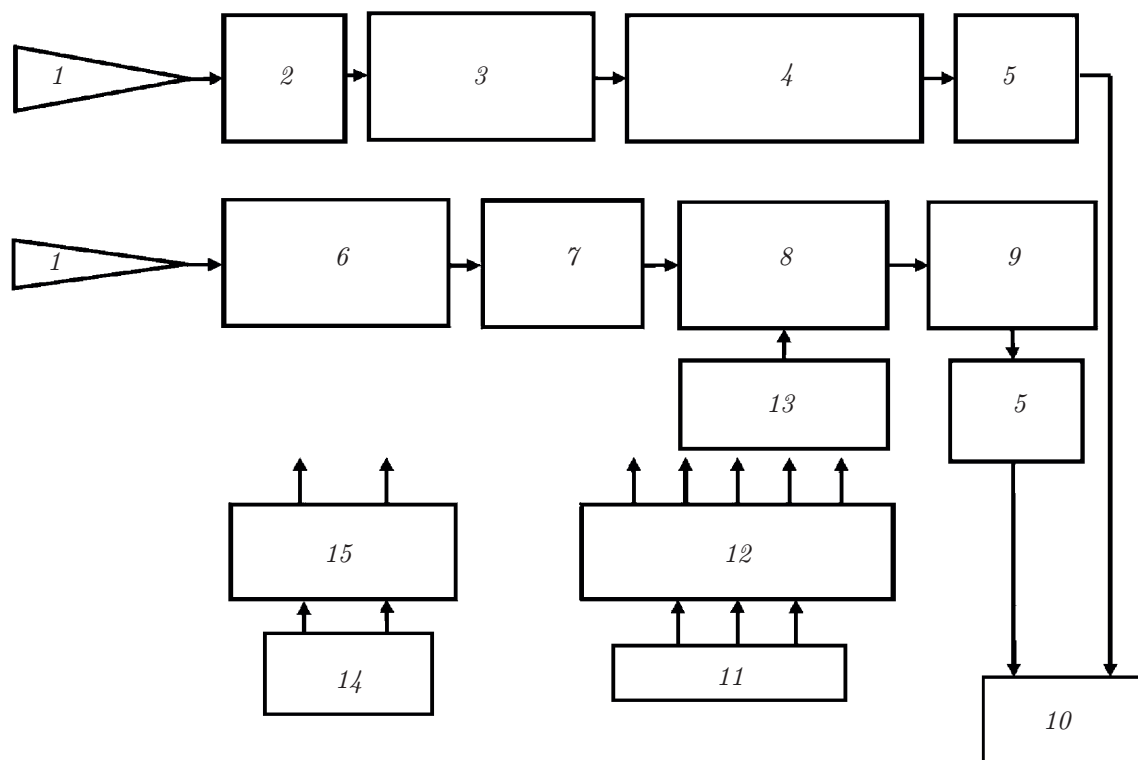


Рис. 1. Функциональная схема блока приёмников радиометра МИАП-2: 1 — рупорные антенны, 2 — фильтр высоких частот (75 ГГц), 3 — модулятор-калибратор на диоде с барьером Шоттки (84÷99 ГГц), 4 — вентиль, усилитель, детектор (84÷99 ГГц), 5 — усилитель постоянного тока, фильтр низких частот, 6 — модулятор-калибратор на диоде с барьером Шоттки (132÷148 ГГц), 7 — вентиль WFI-170, 8 — смеситель (132÷148 ГГц), 9 — усилитель постоянной частоты, 10 — аналого-цифровой преобразователь (USB-4716), 11 — блок питания, 12 — блок управления питанием, 13 — гетеродин (140 ГГц), 14 — цифро-аналоговый преобразователь (USB-4716), 15 — драйверы модуляторов

и т. д.) является определяющим, и поэтому использование метеоданных, данных спутников и аэрозондирования (не с данной площадки) возможно лишь для оценки.

Исследование авторами астроклимата в обсерватории «Суффа» начались ещё в 2013 году [7], однако полностью запустить измерительный комплекс удалось лишь в конце 2014 года. Результаты постоянного мониторинга астроклимата в окнах прозрачности вблизи 2 и 3 мм, начавшегося в ноябре 2014 года, представлены в данной статье.

1. ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ АППАРАТУРЫ ОБСЕРВАТОРИИ «СУФФА»

Измерительная аппаратура представляет собой радиометрическую систему, включающую два радиометра (в общем корпусе) с рабочими диапазонами 84÷99 и 132÷148 ГГц с рупорно-линзовыми антеннами, опорно-поворотное устройство и систему управления, сбора и обработки данных на базе персонального компьютера и модуля USB-4716 фирмы «Advantech». Комплекс имеет рабочее название МИАП-2 (микроволновый измеритель атмосферного поглощения 2-х канальный). Комплекс МИАП-2 позволяет определить оптическую толщину атмосферы в окнах прозрачности вблизи 2 и 3 мм при помощи метода «атмосферных разрезов». Структура и принцип действия комплекса МИАП-2 подробно описаны в работах [8, 9]. Функциональная схема блока приёмников

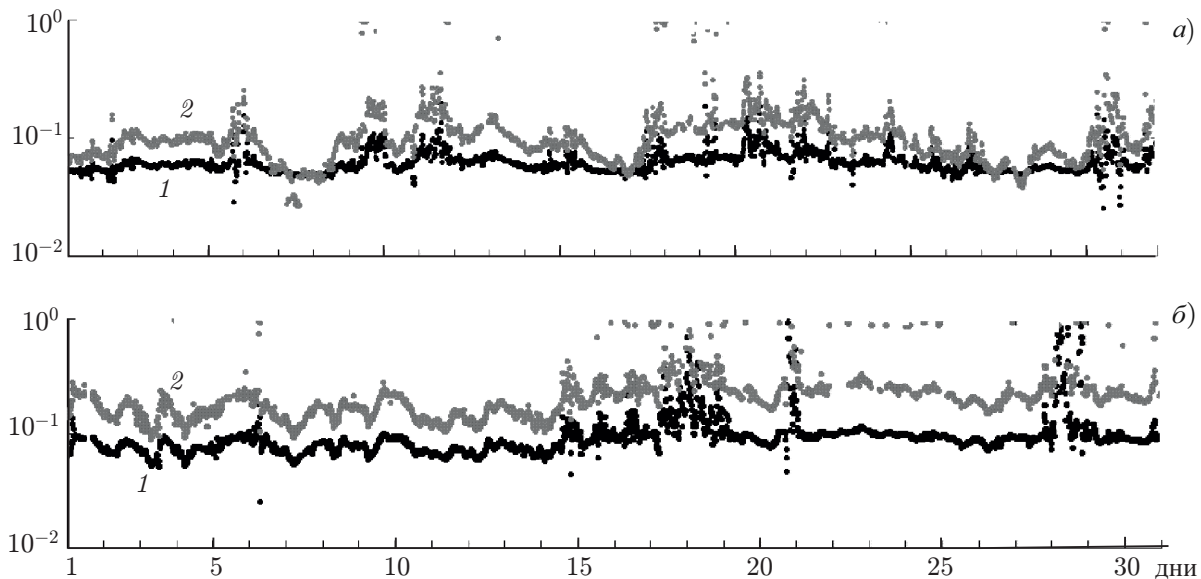


Рис. 2. Месячные записи атмосферного поглощения в двух каналах на плато Суффа: за январь (а) и июль (б) 2015 года. Кривые 1 соответствуют измерениям в 3-х миллиметровом канале, 2 — в 2-х миллиметровом канале. Средние значения в январе $\langle \tau \rangle = 0,063$ Нп (канал 3 мм), $\langle \tau \rangle = 0,214$ Нп (канал 2 мм), в июле $\langle \tau \rangle = 0,010$ Нп (канал 3 мм), $\langle \tau \rangle = 0,391$ Нп (канал 2 мм)

радиометра МИАП-2 представлена на рис. 1.

Заметим, что в 3-миллиметровом канале радиометра была выявлена недостаточная степень подавления со стороны нижних частот интенсивной полосы кислорода (с центральной частотой 60 ГГц), которая ограничивалась только сечением волновода. Установка на входе данного канала волноводного фильтра (элемент 2 на рис. 1) с сечением фильтрующей части 1×2 мм и частотой среза около 75 ГГц частично решила эту проблему.

Следует также отметить, что радиометр расположен на столе в помещении, а окно напротив него открыто. Это позволяет избегать климатических воздействий на аппаратуру без ущерба для наблюдений.

2. СТАТИСТИКА НАБЛЮДЕНИЙ

Радиометрический комплекс запрограммирован на измерение атмосферной оптической толщины каждые 10 минут, при этом одно измерение занимает около 50 с. Таким образом, комплекс записывает временную динамику атмосферной толщины в двух окнах прозрачности атмосферы. В качестве примера на рис. 2 представлены записи за январь и июль 2015 года.

На обоих графиках наблюдаются суточные вариации атмосферного поглощения с величиной около 0,03 Нп. Ясное (без видимых облачных образований) время характеризуется малым разбросом точек; с появлением облачности не выполняются условия применимости плоскостной модели атмосферы, принятой в методе «разрезов», в результате чего появляется заметный разброс точек. Значения атмосферной толщины в летний период примерно в 2 раза больше, чем в зимний, в основном за счёт частой облачности и увеличения интегрального влагосодержания (так называемого количества осаждаемой воды, PWV).

Для наглядного представления статистики оптической толщины и тенденции её изменения с сезоном строятся гистограммы и кумулятивные распределения (интегральные гистограммы), усреднённые по сезонам в двух каналах (см. рис. 3). Сезоны были выбраны по принципу схожих

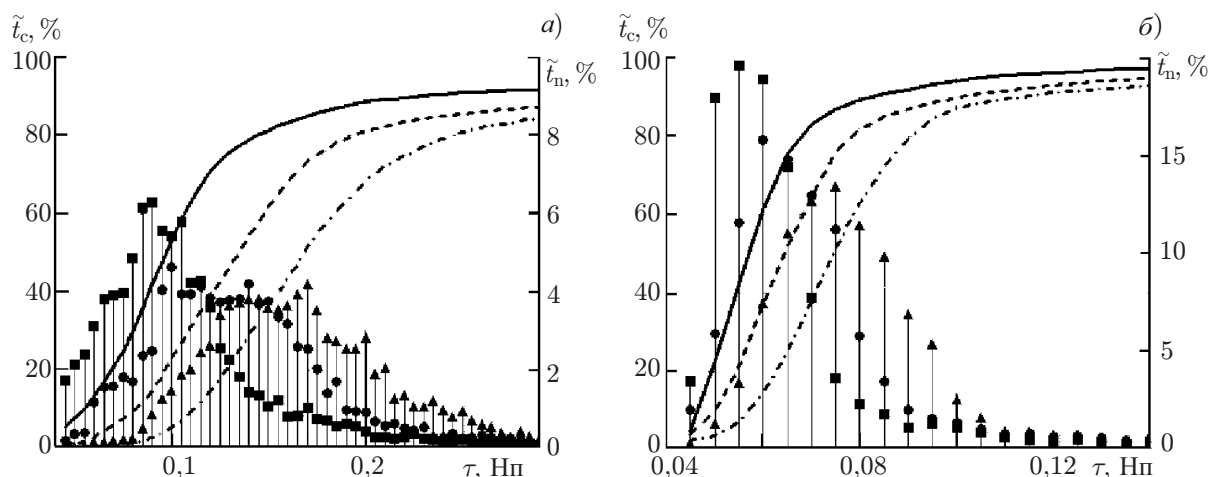


Рис. 3. Гистограммы (символы, правая шкала) и кумулятивные распределения (линии, левая шкала) оптической толщины, усреднённые по трём сезонам за 2015 год в канале 2 мм (а) и 3 мм (б). Зимнему сезону соответствуют квадраты и сплошные линии, переходному сезону — круги и штриховые линии, летнему сезону — треугольники и штрихпунктирные линии

погодных условий: к зимнему сезону относятся ноябрь, декабрь, январь и февраль; к переходному сезону относятся март, апрель, сентябрь и октябрь; к летнему — май, июнь, июль и август.

Для построения гистограмм все значения оптической толщины для каждого канала были разбиты на 52 диапазона: 1-й диапазон от 0 до 0,04 Нп, далее 50 диапазонов с шагом 0,005 Нп от 0,045 до 0,3 Нп, 52-й диапазон собирал «мусор» от облачности со значениями от 0,3 до 10 Нп. Путём умножения количества точек, попавших в каждый диапазон (столбец гистограммы), на среднее время между измерениями и деления на продолжительность месяца, получалась гистограмма, отражающая величину $\tilde{t}_n$ — процент времени из месяца для каждого диапазона значений оптической толщины. Кумулятивное распределение ($\tilde{t}_c$) представляет собой интеграл от гистограммы по оптической толщине.

По графикам кумулятивных распределений удобно определять, какова была доля времени с заданным поглощением в соответствующий сезон (или месяц). На каждом из графиков видна тенденция ухудшения условий наблюдений к летнему сезону и улучшение — к зимнему, сопровождаемая смещением моды гистограммы и наклоном графиков кумулятивного распределения в соответствующую сторону.

Наблюдения в двух окнах прозрачности позволяют рассчитывать оптическую толщину в любых окнах прозрачности миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов. Данный расчёт про-

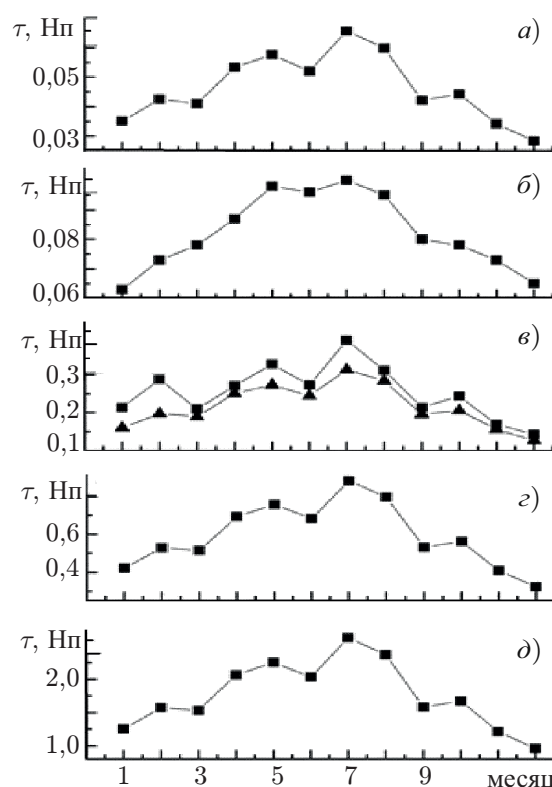


Рис. 4. Среднемесячные значения оптической толщины в окнах прозрачности атмосферы 8 (а); 3 (б); 2 (в); 1,3 (г) и 0,8 мм (д)

водится на основе формулы

$$\tau[\text{Нп}] = \alpha[\text{Нп}] \exp(-h[\text{км}]/h_0[\text{км}]) + \beta[\text{Нп}/\text{мм}] \text{PWV}[\text{мм}] + \gamma[\text{Нп} \cdot \text{м}^3/\text{кг}] Q[\text{кг}/\text{м}^3]. \quad (1)$$

Здесь τ — наблюдаемая оптическая толщина, приведённая к зениту, h — высота пункта наблюдения, $h_0 = 5,3$ км — характеристическая высота поглощения в кислороде, PWV — количество осаждаемой воды, Q — водозапас облаков, α — кислородная часть оптической толщины на уровне моря, β — удельное поглощение в парах воды, γ — удельное поглощение в облаках. По измеренным в 3-миллиметровом канале значениям τ находились значения PWV, затем рассчитывались величины τ для других каналов.

На рис. 4 представлены рассчитанные указанным способом среднемесячные значения оптической толщины в окнах прозрачности атмосферы вблизи 8; 3; 2; 1,3 и 0,8 мм. Для 2-миллиметрового канала представлены два графика — измеренные (квадраты) и рассчитанные (треугольники) значения оптической толщины. Они немного отличаются из-за того, что облачность вносит большее поглощение в 2-миллиметровом канале, чем в 3-миллиметровом.

Представленные значения оптической толщины соответствуют полному поглощению в атмосфере в зените. Его можно привести к поглощению при любом угле, а так же экстраполировать на любую высоту с учётом стандартной модели атмосферы [10].

3. КОЛИЧЕСТВО ОСАЖДАЕМОЙ ВОДЫ И СЕЗОННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

Наблюдения в двух окнах прозрачности позволяют рассчитывать количество осаждаемой воды (интегральное влагосодержание или precipitable water vapor, PWV) по методике, представленной в работе [11], с применением способов расчёта коэффициентов удельного поглощения (β) для данного радиометра, приведённых в нашей работе [12] (см. формулу (1)). Результаты расчётов PWV представлены на рис. 5. Величины PWV находятся отдельно для каждого канала, но в ясное время они совпадают с точностью до ошибки измерений, а в периоды облачности точный анализ данных, полученных методом «разрезов», крайне затруднителен. Результирующим является среднее арифметическое между значениями для двух каналов в каждой точке по времени (кривая 1 на рис. 5).

Так же на рис. 5 представлены данные спутника AIRS [13–15] и данные автоматической метеостанции. Спутник AIRS зондирует атмосферу Земли в инфракрасном диапазоне длин волн четыре раза в сутки, а система расчёта, наряду с прочими данными, позволяет получить временную динамику PWV в любой точке с заданными координатами с разрешением $1^\circ \times 1^\circ$ (кривая 2). Среди прочих параметров на автоматической метеостанции каждые 3 часа измеряется абсолютная приземная влажность H и по полученному значению

$$\text{PWVP}_{\text{syhr}}[\text{мм}] = 2,054H[\text{г}/\text{м}^3] + 0,279 \quad (2)$$

рассчитывается PWV (кривая 3). Коэффициенты в этой формуле получены экспериментальным путём по данным аэрозондирования в 1991–1981 годах [16].

Зависимости, приведённые на рис. 5, отражают временную динамику осаждаемой воды в январе (а) и июле (б) 2015 года и являются характерными для двух крайних состояний климата. Среднее значение осаждаемой воды в январе составляет около 6,2 мм, а в июне оно в два раза больше — около 13,3 мм. Суточные вариации PWV в летний период гораздо более существенны, чем в зимний. Летом чаще бывает облачная погода, сопровождаемая разбросом точек, а зимой состояние атмосферы стабильнее, и в некоторые ночи декабря и января PWV опускается до минимальных значений около 2 мм.

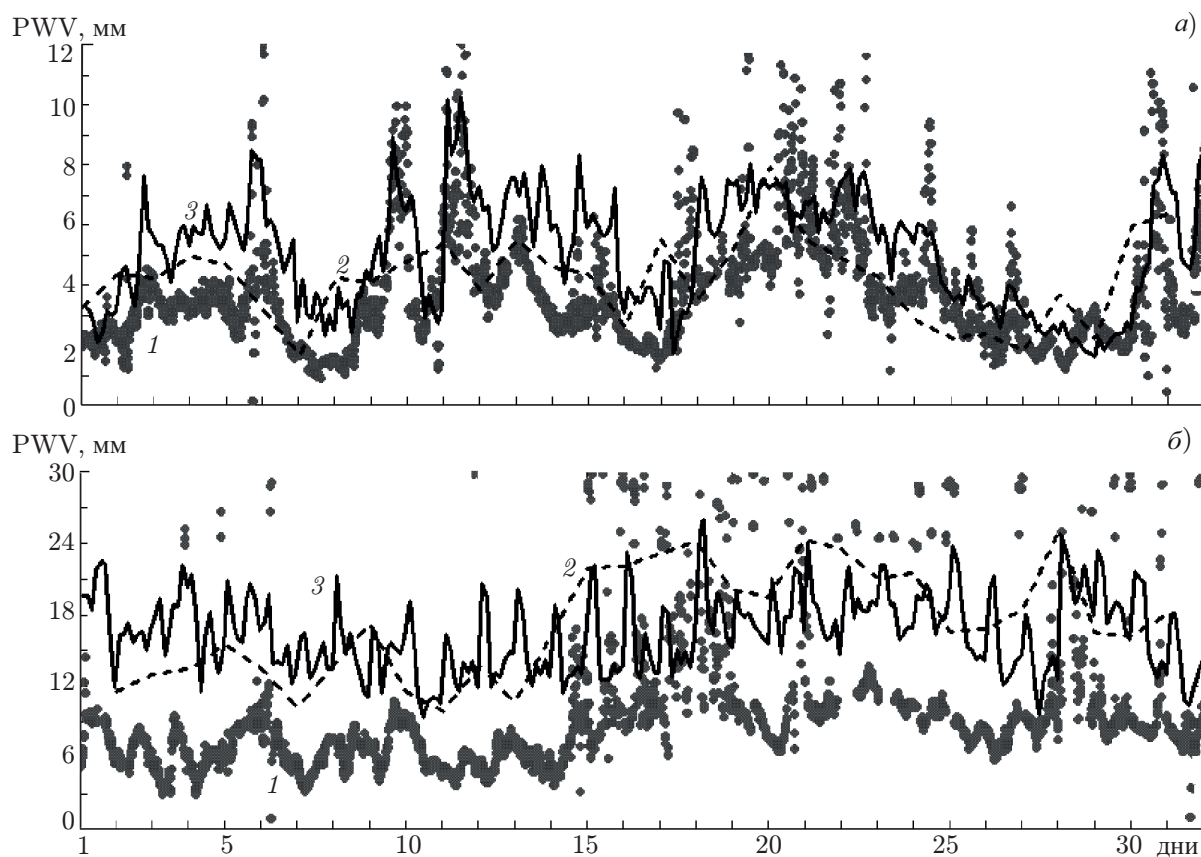


Рис. 5. Значения интегрального влагосодержания за январь (а) и июль (б) 2015 года, рассчитанные по радиометрическим данным (кривые 1), по данным спутника AIRS (2) и метеостанции (3)

При сравнении данных разных источников в зимний и летний период наблюдается следующая тенденция: характер вариаций и средний уровень PWV по данным метеостанции и спутника AIRS практически совпадают с данными радиометров в зимний период, но увеличиваются на некоторую константу в летний. Это связано, прежде всего, с характером локального климата плато Суффа. Спутник AIRS покрывает довольно большую площадь при максимальном разрешении $1^\circ \times 1^\circ$, при этом «зацепляя» ближайшие долины и ущелья, летняя влажность в которых заметно больше, чем на плато. Однако зимой долины вымораживаются и разница показаний спутника и радиометра сводится к минимуму из-за довольно холодных ночей, характерных для резкоконтинентального климата. Разница в показаниях метеостанции и радиометра зачастую вызвана туманом, при котором приземный слой воздуха высотой несколько метров имеет влажность почти 100 %, а выше этого слоя влажность скачкообразно падает. Характерный приземный слой тумана наблюдался и нашей экспедицией в ноябре 2014 года. На рис. 6 приведена фотография плато Суффа, сделанная с ближайшей вершины (высота 3400 м). Видно, как туман закрыл всё плато и существенно ухудшил показатели прозрачности для наблюдений с самого плато, в то время как на вершине остаётся ясное небо и минимальная влажность.



Рис. 6. Фотография плато Суффа с ближайшей вершины

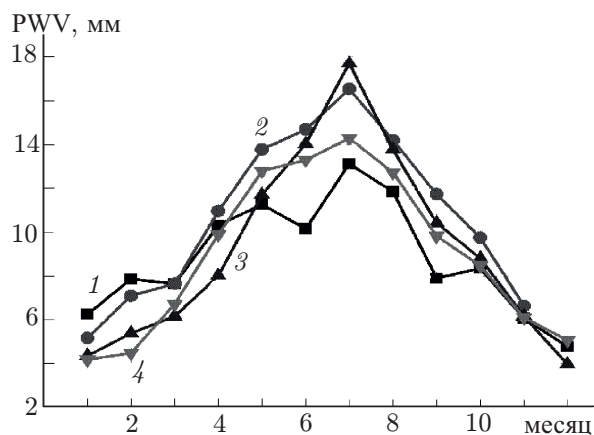


Рис. 7. Среднемесячные значения интегрального влагосодержания на плато Суффа в 2015 году, рассчитанные по данным радиометра (кривая 1), метеостанции (2) и спутника AIRS (3). Кривая 4 соответствует данным аэрозондирования за 1981–1991 годы

точек в месяц); метеостанция 1 раз в 3 часа (248 точек в месяц); спутник AIRS — 4 точки в день (124 точки в месяц). Наблюдается несовпадение данных, обусловленное ошибками измерений в каждом из методов, описанных выше. Для планирования радиоастрономических наблюдений на РТ-70 следует ориентироваться на радиометрические данные, а данные спутника и наземной метеостанции оставить для ориентировочного (предварительного) сравнения площадок или для оценки астроклимата на равнине.

Одним из вариантов сравнения качества разных площадок для наблюдений в миллиметровой и субмиллиметровой радиоастрономии является построение сравнительного кумулятивного распределения количества осаждаемой воды, усреднённое за год (в нашем случае за 2015 год), представленного на рис. 9. Справедливо сравнивать данные от одного источника (спутника AIRS) и следует полагать, что для всех графиков природа ошибки и её порядок одинаковы. При этом следует иметь в виду, что спутник AIRS оценивает, скорее, худший вариант статистики, чем может оказаться в результате локальных климатических особенностей.

Очевидно, наилучшими параметрами обладает плато Атакама в Чили. Эту площадку следует принять за эталон астроклиматических условий [17]. За ним следуют сибирские площадки с резкоконтинентальным климатом и особо холодными сухими зимами: гора Мус-Хая (высота 1 950 м) в Якутии и обсерватория «Бадары» (813 м над уровнем моря) западнее Байкала, однако лето на этих площадках относительно влажное. Астроклимат горной Якутии уже изучался и подробно описан в наших работах [7, 12, 18]. Предварительные результаты исследования астроклимата на обсерватории «Бадары» ожидаются к концу 2016 года.

Единственной среди представленных площадок точкой за полярным кругом является архипелаг Шпицберген (наивысшая точка имеет высоту 1 712 м, более доступна точкой с высотой 1 500 м). Для этой климатической зоны характерны относительно низкие температуры в течение всего года, и, как следствие, малое интегральное влагосодержание даже летом. Но ввиду близости к морю, Шпицберген несколько проигрывает площадкам Сибири.

Следующие две площадки были исследованы в течение последних двух лет — CAO РАН на Северном Кавказе (высота 2 040 м) и плато Суффа (высота 2 400 м). Изучение астроклимата в CAO РАН показало [12] аналогичную с обсерваторией «Суффа» разницу в показаниях AIRS

Аналогичная тенденция наблюдается и в среднемесячных значениях PWV, приведённых на рис. 7. На нём также представлены данные аэрозондирования, проведённого в период 1981–1991 годов и опубликованные в работе [3]. Видно, что последние наиболее близки к радиометрическим измерениям, что косвенно подтверждает правильность выбранной стратегии наблюдения астроклимата.

На рис. 8 приведены гистограммы и кумулятивные распределения за 2015 год для соответствующих источников данных. Принцип их построения аналогичен описанному выше: ось абсцисс разбивается на 52 отрезка, 51 отрезок от 0 до 26 мм с шагом 0,5 мм и 52-й — от 26 до 30 мм. Так же следует иметь в виду, что у представленных источников разная частота измерений: у радиометра — 1 раз в 11 минут (около 4 тысяч

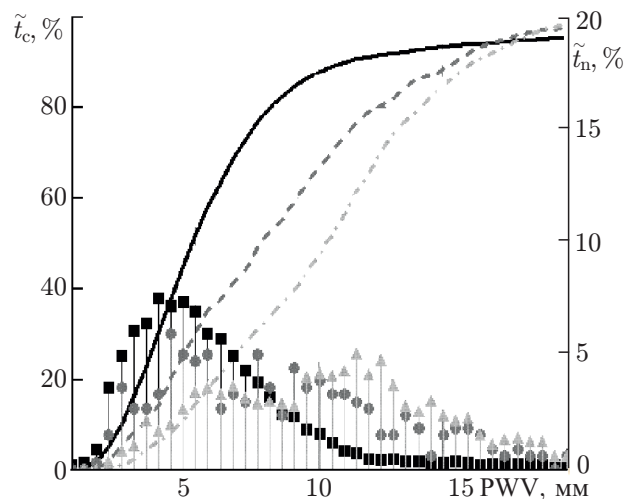


Рис. 8. Гистограммы (символы, правая шкала) и кумулятивные распределения (линии, левая шкала) за 2015 год, рассчитанные по данным радиометра МИАП-2 (сплошная линия и квадраты), спутника AIRS (штриховая линия и круги) и метеостанции (штрихпунктирная линия и треугольники)

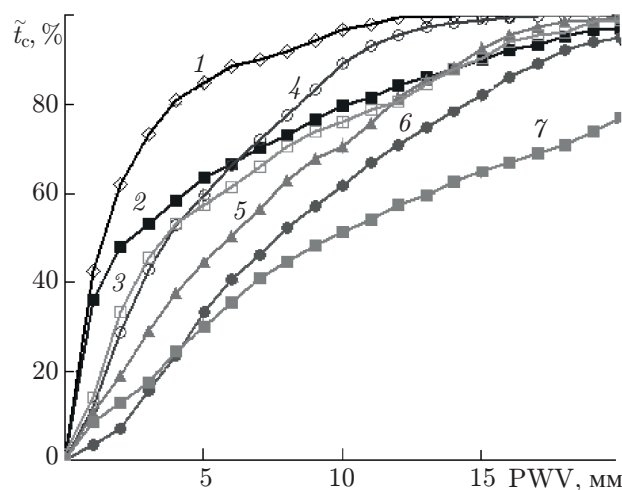


Рис. 9. Кумулятивное распределение интегрального влагосодержания по данным спутника AIRS на разных площадках: плато Алакама, Чили (кривая 1); гора Мус-Хая, Якутия (2); обсерватория «Бадары», Бурятия (3); архипелаг Шпицберген (4); плато Суффа, Узбекистан (5); САО РАН, Северный Кавказ (6); Нижегородская область (7)

и радиометра, но менее выраженную. Наихудшие условия характерны для центральной части России и представлены в наших работах [18, 19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбор площадки для строительства РТ-70 был обусловлен особенностями астроклимата на плато Суффа. Однако реализовать высокий коэффициент использования поверхности на 70-метровом зеркале для волн с длинами порядка 1 мм представляется весьма затруднительной задачей. Нет сомнений в возможности достижения заявленных параметров РТ-70 [1], ставится вопрос лишь о сохранении этих параметров со временем, их эффективности с точки зрения астроклимата и, как следствие, целесообразности отработки главного рефлектора до заявленной точности.

На основе проделанных измерений и с учётом известной модели атмосферы, можно обоснованно предполагать, что наблюдения в субмиллиметровом диапазоне (а именно, на длинах волн 1,3; 0,87 и, возможно, 0,75 и 0,65 мм) будут более эффективны с ближайшей вершины с высотой 3400 м. В этом контексте представляется целесообразным дополнить существующий проект РТ-70 более дешёвым инструментом малых размеров, расположив его на ближайшей вершине и переложив на него часть наблюдательных функций в субмиллиметровом диапазоне.

В настоящее время регулярные наблюдения астроклимата на плато Суффа продолжаются.

Коллектив авторов выражает благодарность сотрудникам ИПФ РАН А.А. Швецову, Ю.Ю. Куликову и О.С. Большакову за помощь в исследованиях, а так же сотрудникам NASA Э. Олсену (E. T. Olsen) и М. Чанин (M. Chahine) за возможность использования сервиса «Giovanni», содержащего данные спутника AIRS. Работа выполнена частично при поддержке РФФИ (грант 16-32-0038716) и в рамках государственного задания ИПФ РАН 0035-2014-0021 по теме «Приборы и методы микроволновой радиометрии».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. http://www.kik-sssr.ru/RT-70_Gigant.htm.
2. <http://asc-lebedev.ru/?dep=16>.
3. Семьянинов Р. В., Слущкий В. Е., Шанин Г. И. // Узбекский физ. журн. 1996. № 5–6. С. 108.
4. Данилевский Д. Б., Железнякова А. И., Слущкий В. Е., Шанин Г. И. // Узбекский физ. журн. 2011. Т. 13, № 1. С. 8.
5. Артеменко Ю. Н., Городецкий А. Е., Дубаренко В. В. и др. // Труды Всерос. радиоастроном. конф. Пуццино, 22–26 сентября 2014. С. 58.
6. Хайкин В. Б., Лебедев М. К., Байрамуков Р. Р. // Труды X Всерос. семинара по радиофизике миллиметровых и субмиллиметровых волн. Нижний Новгород, 29 февраля–3 марта 2016. С. 114.
7. Bubnov G. M., Vdovin V. F., Zinchenko I. I., et al. // 25th Intern. Symp. Space Terahertz Technology. Moscow, 27–30 April 2014. P. 76.
8. Носов В. И., Большаков О. С., Бубнов Г. М. и др. // Приборы и техника эксперимента. 2016. № 3. С. 49.
9. Артеменко Ю. Н., Бубнов Г. М., Большаков О. С. и др. // Узбекский физ. журнал. 2014. Т. 16, № 6. С. 421.
10. Liebe H. J., Rosenkranz P. W., Hufford G. A. // J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer. 1992. V. 48, No. 5/6. P. 629.
11. Ulich B. L. // Astroph. Lett. 1980. V. 21. P. 21.
12. Bubnov G., Abashin E., Balega Yu., et al. // IEEE Trans. Terahertz Science and Technology. 2015. V. 5, No. 1. P. 64.
13. Ye H., Fetzer E. J., Wong S., et al. // Geophys. Res. Lett. 2014. V. 41, No. 8. P. 2941.
14. Vergados P., Mannucci A. J., Ao C. O. // J. Geophys. Res.: Atmospheres. 2014. V. 119, No. 12. P. 7718.
15. <http://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovann>.
16. Семьянинов Р. В., Слущкий В. Е., Шанин Г. И. // Докл. АН РУз. 1997. № 7. С. 110.
17. <https://almascience.eso.org/documents-and-tools/about-alma/atmosphere-model>.
18. Абашин Е. Б., Бубнов Г. М., Вдовин В. Ф. и др. // 17 научн. конф. по радиофизике. Нижний Новгород, 13–17 мая 2013. С. 68.
19. Абашин Е. Б., Большаков О. С., Бубнов Г. М. и др. // Научный отчёт по НИР «Астроклимат РТ-22 Пуццино». Нижний Новгород: НГТУ, 2013. 25 с.

Поступила в редакцию 26 апреля 2016 г.; принята в печать 28 июня 2016 г.

THE RESULTS OF ASTROCLIMATE OBSERVATIONS IN THE SHORTWAVE INTERVAL OF THE MILLIMETER-WAVELENGTH RANGE ON THE SUFFA PLATEAU

G. M. Bubnov, Yu. N. Artemenko, V. F. Vdovin, D. B. Danilevsky, I. I. Zinchenko, V. I. Nosov, P. L. Nikiforov, G. I. Shanin, and D. A. Raupov

In this work, we present the results of seasonal astroclimatic observations at the place of the PT-70 radio-telescope construction on the Suffa Plateau (2400 m above sea level). Observations were performed automatically each 11 min round the year starting from November 2014. The short- and long-term laws of variations in the atmosphere-transparency parameters are considered and the

statistical diagrams are constructed. The statistical data characterizing the astroclimate and allowing one to predict the possibility of the radio-astronomy observations in the transparency windows of the millimeter and submillimeter wavelength ranges are the basic result of this work.