

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Розанова Сергея Борисовича

на диссертационную работу Бубнова Григория Михайловича

«Исследования поглощения волн миллиметрового диапазона в атмосфере Земли и материалах криогенных рефлекторов»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – «Радиофизика»

Актуальность. Актуальность диссертационной работы Г.М.Бубнова определяется происходящим в последние десятилетия активным развитием радиоастрономии, дистанционного зондирования атмосферы Земли, средств связи, в т.ч. на линиях «Земля-космос», радиолокации и других научных и прикладных работ в миллиметровом (ММ), субтерагерцовом (субТГц) и терагерцовом (ТГц) диапазонах электромагнитного излучения. Очевидными трендами этого развития являются повышение рабочей частоты и расширение полосы используемых устройств, а также повышение чувствительности приемной аппаратуры. Наличие информации о локальном астроклимате в различных пунктах на поверхности Земли, в т.ч. в труднодоступных высокогорных районах, а также оптимальный выбор материалов для создания высокочастотных приемных и передающих антенн в большой степени определяют успех решения различных задач в перечисленных выше научных и технических направлениях. В свою очередь, необходимость получения достоверной информации о характеристиках атмосферы и различных материалов стимулирует разработку и усовершенствование специальной аппаратуры для проведения требуемых натуральных и лабораторных измерений.

Научная новизна. Автором диссертации, с использованием существенно усовершенствованных им двухчастотных экспедиционных радиометров МИАП-2, работающих в коротковолновой части ММ диапазона, впервые экспериментально исследован астроклимат 22 площадок, перспективных для размещения инструментов субТГц диапазона. Выявлены три лидирующих пункта с достаточно благоприятным астроклиматом.

Г.М.Бубновым значительно улучшена и экспериментально апробирована новая методика обработки данных измерений оптической толщины атмосферы с использованием приборов МИАП-2. Это позволило значительно, на 30% в 3-мм диапазоне, снизить ошибки расчета оптической толщины и провести статистический анализ полученных данных.

В части лабораторной спектроскопии ММ и субТГц диапазонов при непосредственном участии автора диссертации была проведена модернизация резонаторного спектрометра ИПФ РАН, что позволило достичь уникальной чувствительности $4 \cdot 10^{-9} \text{ см}^{-1}$ по коэффициенту поглощения исследуемых газов в широких диапазонах частот и давлений. Столь высокая чувствительность прибора дала возможность впервые экспериментально измерить спектр димера воды в ММ диапазоне волн.

Проведенная модернизация резонаторного спектрометра позволила также впервые измерить при криогенных температурах значения коэффициентов отражения от различных металлов, металлических покрытий и высокотемпературного сверхпроводника.

Практическая значимость. Практическая значимость диссертационной работы Г.М.Бубнова определяется

- 1) широким географическим охватом территорий, расположенных в различных климатических зонах России на разных высотах над уровнем моря. Измерения проводились с использованием однотипных приборов, что дает возможность корректного сравнения результатов для различных площадок;
- 2) выработкой рекомендаций по корректировке проектного рабочего диапазона телескопа РТ-70 на плато Суффа и целесообразности установки неподалеку от РТ-70 дополнительного субТГц телескопа меньшего диаметра на высоте более 3 км над уровнем моря;
- 3) впервые измеренными значениями коэффициентов отражения от материалов, перспективных для покрытия зеркал разрабатываемого в настоящее время космического телескопа «Миллиметрон»;
- 4) уточнением баз данных спектральных линий атмосферных газов в результате более точных измерений их параметров на модернизированном резонаторном спектрометре ИПФ РАН.

Достоверность. Достоверность результатов, полученных Г.М.Бубновым в части измерений характеристик атмосферы, подтверждается многочисленными сравнениями с доступными метеорологическими, радиозондовыми, спутниковыми и радиометрическими данными, относящимися к районам проведения наземных измерений с помощью приборов МИАП-2.

В части лабораторных измерений положительные результаты модернизации резонаторного спектрометра ИПФ РАН подтверждаются проведенной валидацией результатов измерений спектров атмосферных газов и коэффициентов отражения различных поверхностей по аналогичным измерениям на других спектрометрах.

Обоснованность выводов. Выводы диссертации в части исследований атмосферы основаны на большом массиве экспериментальных данных, полученных автором с помощью приборов МИАП-2, создававшихся и эксплуатировавшихся с использованием многолетнего опыта ИПФ РАН в разработке аппаратуры ММ диапазоне и атмосферных измерений с этой аппаратурой. При выполнении диссертационной работы автором были использованы понятные или общепринятые методы калибровки радиометрической аппаратуры, проведения измерений и обработки результатов.

В части лабораторной спектроскопии продемонстрированная в диссертации успешная модернизация резонаторного спектрометра также основана на многолетнем положительном опыте коллектива исследователей ИПФ РАН, работающих с этим прибором в контакте с аналогичными группами в других институтах в России и за рубежом.

Результаты исследований, вошедших в диссертацию, опубликованы в ведущих научных и научно-технических журналах из списка ВАК, а также в трудах и тезисах представительных международных и российских конференций.

Диссертация достаточно хорошо оформлена. Небольшие лингвистические замечания касаются не всегда корректной пунктуации и стилистических погрешностей.

Автореферат и публикации по теме диссертации с должной полнотой отражают ее содержание. Указан личный вклад автора в полученные результаты, во многих публикациях по теме диссертации этот вклад был определяющим. Использование данных из работ других авторов сопровождается корректными ссылками на их публикации.

По тексту диссертации имеется ряд замечаний:

- 1) На стр.63 и 116 приведены различные величины снижения погрешности определения оптической толщины атмосферы в 2-мм диапазоне при использовании новой методики обработки данных: на 2% на Стр.63 и на 5% на Стр.116. Судя по Рис.2.34, правильным кажется второе значение;
- 2) АЧХ волновода, показанная на Рис.2.21 синим пунктиром, не должна уходить выше уровня 0 дБ (на рисунке она достигает этого уровня, продолжая возрастать с увеличением частоты, после чего исчезает);
- 3) На Стр.72-73 присутствует путаница в таблицах 3.2, 3.3 и формулах (3.2). Именно, для правильного понимания представленных (вполне верных!) результатов расчетов надо внести в таблицы и формулы следующие изменения:
 - в заголовке предпоследней колонки в Табл.3.2 вместо «Ширина пучка на раскрыве $\omega(z=0)$, мм» написать «Диаметр пучка на раскрыве $2\omega(z=0)$, мм»;
 - в формулах (3.2) вместо величины z поставить сумму $z+\delta z$, где δz – заглубление перетяжки эквивалентного гауссова пучка внутрь рупора, отсчитанное от среза рупора (положительная величина);
 - назвать правильно этот параметр δz , представленный как z , в первом столбце Табл.3.3, т.е. заменить в этом столбце z на δz и добавить единицу измерения - мм;
- 4) Указанная на Стр.28 частота модуляции модулятора-калибратора 36 Гц не соответствует ни одной из приводимых далее длительностей этапов и циклов работы устройства: 12 мс, 24 мс или 36 мс.
- 5) Модель Либе позволяет рассчитывать ослабление в атмосфере для радиосигналов с частотами от 1 до 1000 ГГц, а не от 10 до 1000 ГГц, как указано на Стр.92;
- 6) На Рис.4.4 нет графика количества осажденной воды, анонсированного в тексте на Стр.96 и в подписи к этому рисунку;
- 7) Ссылка [75] представляет собой некую статью по бактериологии и не имеет отношения к исследованиям атмосферы.

Все перечисленные замечания являются частными и не снижают общей высокой оценки диссертационной работы Г.М.Бубнова.

Диссертация Бубнова Григория Михайловича представляет собой законченное научное исследование и по объему результатов, достоверности, научной и практической значимости выводов удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Бубнов Григорий Михайлович, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – «Радиофизика»..

Официальный оппонент,

Ведущий научный сотрудник
Отдела спектроскопии Отделения оптики
Физического института им. П.Н.Лебедева РАН,
канд. физ.-мат. наук

С.Б.Розанов

" 28 " 04 2022 г.

Подпись ведущего научного сотрудника, к.ф.-м.н. С.Б.Розанова заверяю.

Ученый секретарь,
заместитель директора Физического института
им. П.Н.Лебедева РАН по научной работе,
канд. физ.-мат. наук



А.В.Колобов

" 28 " 04 2022 г.

Информация об оппоненте:

Ф.И.О.: Розанов Сергей Борисович

Учёная степень: кандидат физико-математических наук по специальности
01.03.02 – астрофизика, радиоастрономия;

Почтовый адрес: 119991 ГСП-1, г. Москва, Ленинский проспект, д.53, ФИАН

Рабочий телефон: 8 (499) 132-68-99, 132-66-11;

E-mail: rozanovsb@lebedev.ru

Организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН (ФИАН);

Учёное звание: нет;

Должность: ведущий научный сотрудник;

Подразделение: Отделение оптики, Отдел спектроскопии.