



СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ РОССИЙСКИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Балагуров А.М. Доклад на совещании ЦАО. 15.09.2026

Обеспечение единства аэрологических измерений направлено на поддержание точности, достоверности и сопоставимости аэрологических данных. Оно включает в себя использование сертифицированных средств измерений (СИ), аттестованных методик и систему контроля качества измерений. Важным фактором является проведение международных сравнений аэрологических СИ, включая новые методы получения аэрологических данных (спутники, дистанционное зондирование, беспилотные аппараты). Целью доклада является обсуждение состояния обеспечения единства аэрологических измерений, перспективы дальнейшего совершенствования за счет технологической модернизации, снижения зависимости от импортных технологий, повышения точности измерений, оптимизации работы аэрологической сети Росгидромета.



1. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Когда говорим о единстве измерений, то под «аэрологическими измерениями» следует понимать не только систему радиозондирования, но и ракетные, самолетные, дистанционные (наземные и спутниковые), беспилотные СИ.



3-я Всесоюзная конференция аэрологов Госкомгидромета СССР
Москва ВДНХ СССР 23 июня – 3 июля 1985 года



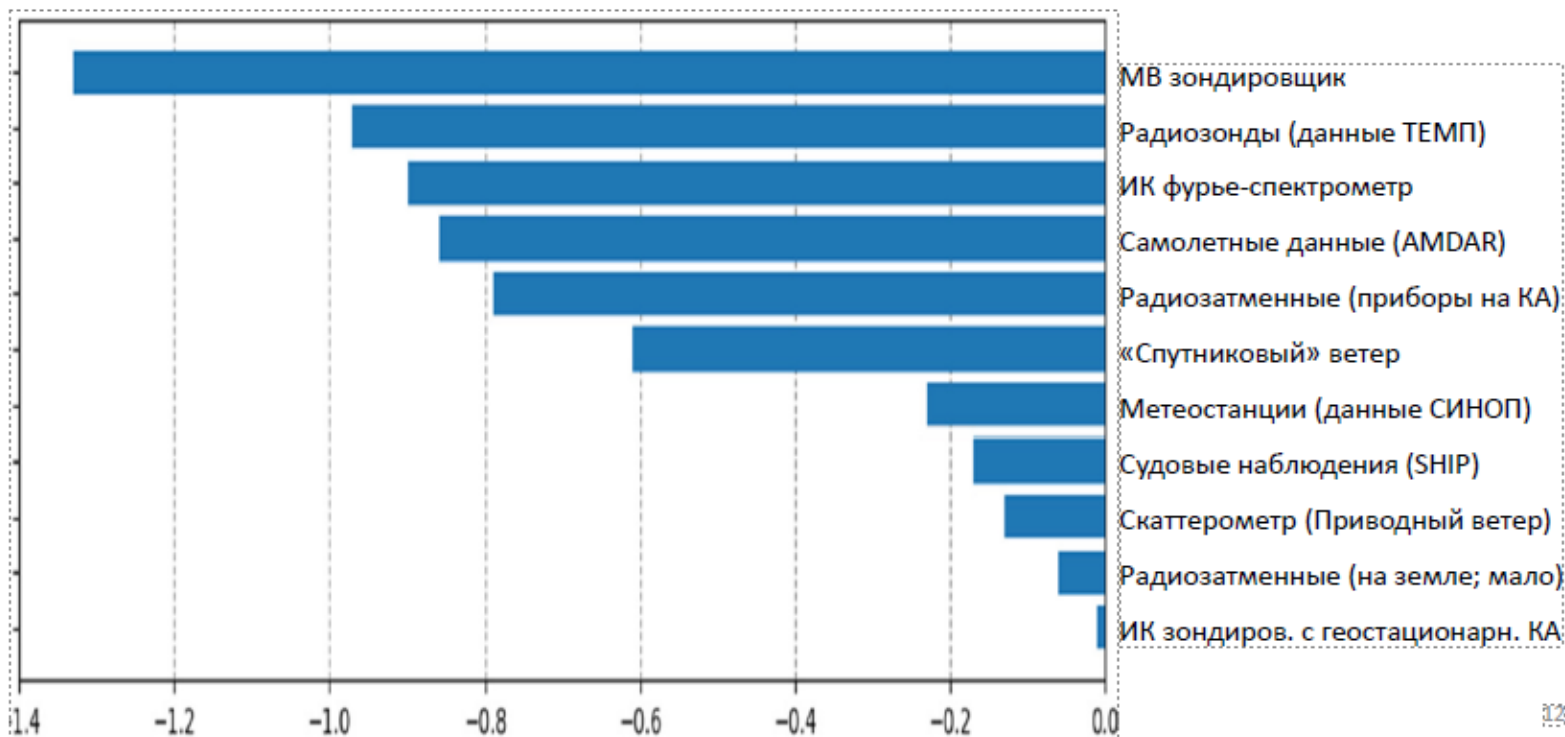
1. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Зона компетенции и ответственности ЦАО - атмосфера от приземного слоя до 100 км. **Спутниковая информация глобального покрытия стала наиболее важным видом информации для численных прогнозов погоды (ЧПП).** При этом важным фактором качества спутниковых данных является их валидация с использованием данных радиозондирования. Таким образом, **радиозондовые и спутниковые системы зондирования являются взаимодополняющими и при совместном использовании обеспечивают наиболее надёжную глобальную систему наблюдения.** При проектировании и модернизации аэрологических измерений необходимо учитывать требования по обеспечению их соответствия согласованным потребностям российских пользователей (Гидрометцентр, Авиаметтелеком, Минобороны, МЧС и др.). Эти требования формируются на стыке отраслевых задач, национальных и международных документов, Стратегии деятельности в области гидрометеорологии до 2030 года и норм ВМО. **Радиозонд является средством измерения (СИ) разового действия и в лабораторных условиях практически невозможно воспроизвести весь комплекс величин, влияющих на результаты радиозондовых измерений,** измерения являются косвенными, динамическими и однократными, отсутствуют эталонные средства измерений, имеющие необходимые диапазоны измерений, динамику и возможность учета влияющих факторов.

1. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Влияние различных источников информации на качество ЧПП

(Изменение средней ошибки прогнозов (%%) при поочередном исключении наблюдений перечисленных типов. Ошибки прогнозов усреднялись по прогнозируемым величинам, территории и заблаговременности прогнозов (от 12 до 144 часов). Прогнозы оценивались в сравнении с **данными наблюдений**)



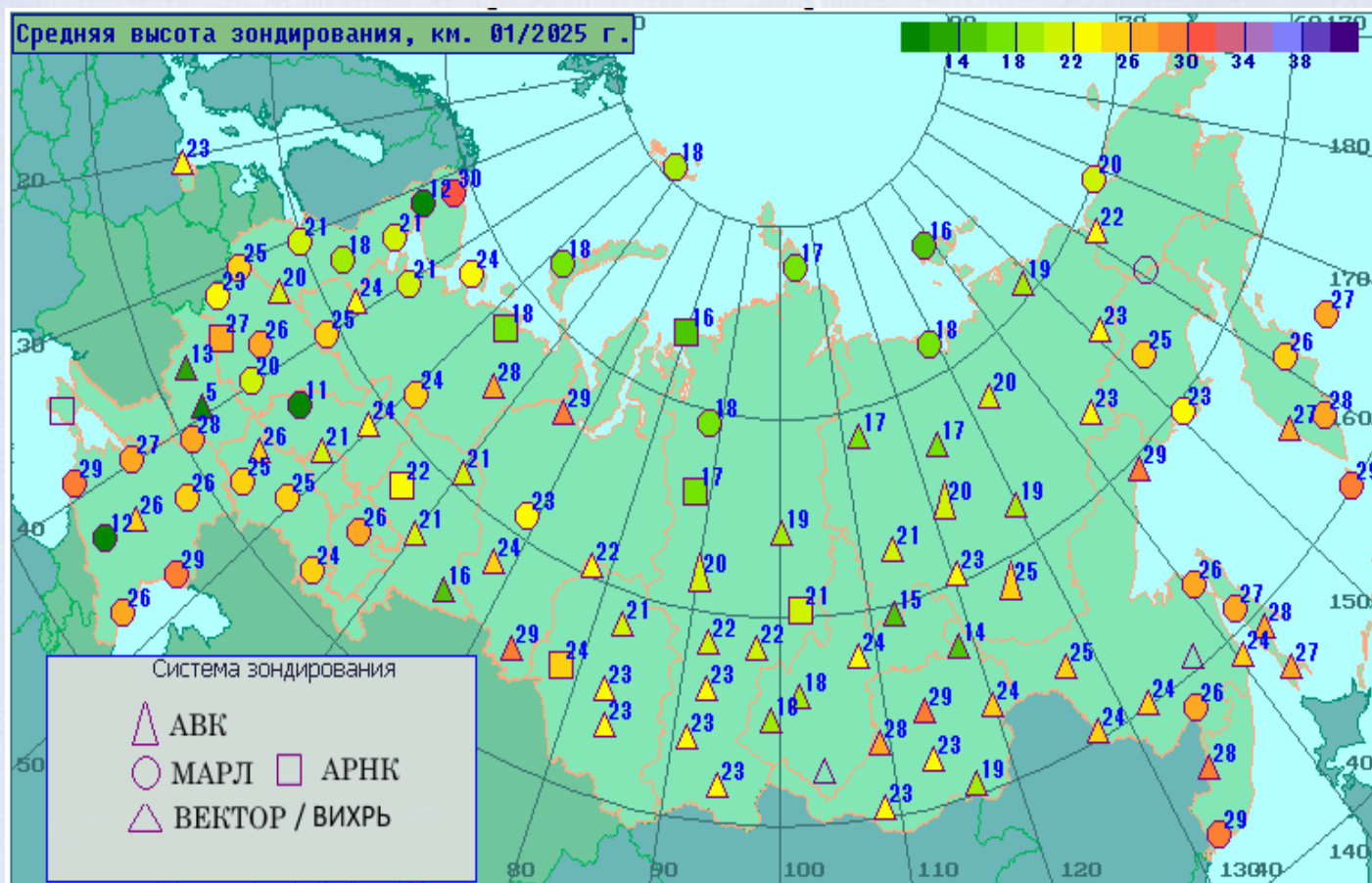
Из доклада 19 декабря 2024 г. в ИКИ РАН д.т.н. Р.М. Вильфанда. «Значение спутниковой информации и дистанционного зондирования Земли из космоса для гидрометеорологического прогнозирования».



2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ СИСТЕМЫ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ



Данные радиозондирования поступают в государственный фонд данных и в международный обмен данными о состоянии природной среды. Система радиозондирования Росгидромета (113 станций) не в полной мере отвечает требованиям по качеству измерений, пространственно-временному разрешению, особенно на севере и северо-востоке России.



Январь 2025г.
В зимний период среднемесячная высота зондирования на большей части арктических станций не превысила 20 км, расстояние между АЭ в Арктике существенно больше максимально рекомендованного ВМО 500 км.



2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ СИСТЕМЫ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ

N	Измерения	Обязательные метрологические требования к измерениям	
		Диапазон измерений	Предельно допустимая погрешность
Основные измерения при осуществлении деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях			
9.21	Измерение температуры воздуха при аэрологическом зондировании атмосферы, °C	от минус 90 до 50 °C	от поверхности Земли до 100 гПа: Δ = ±1,25 °C; на уровнях выше 100 гПа: Δ = ±2,5 °C
9.22	Измерение относительной влажности воздуха при аэрологическом зондировании атмосферы, %	от 0 до 98 %	от поверхности Земли до тропопаузы: Δ = ±15 %

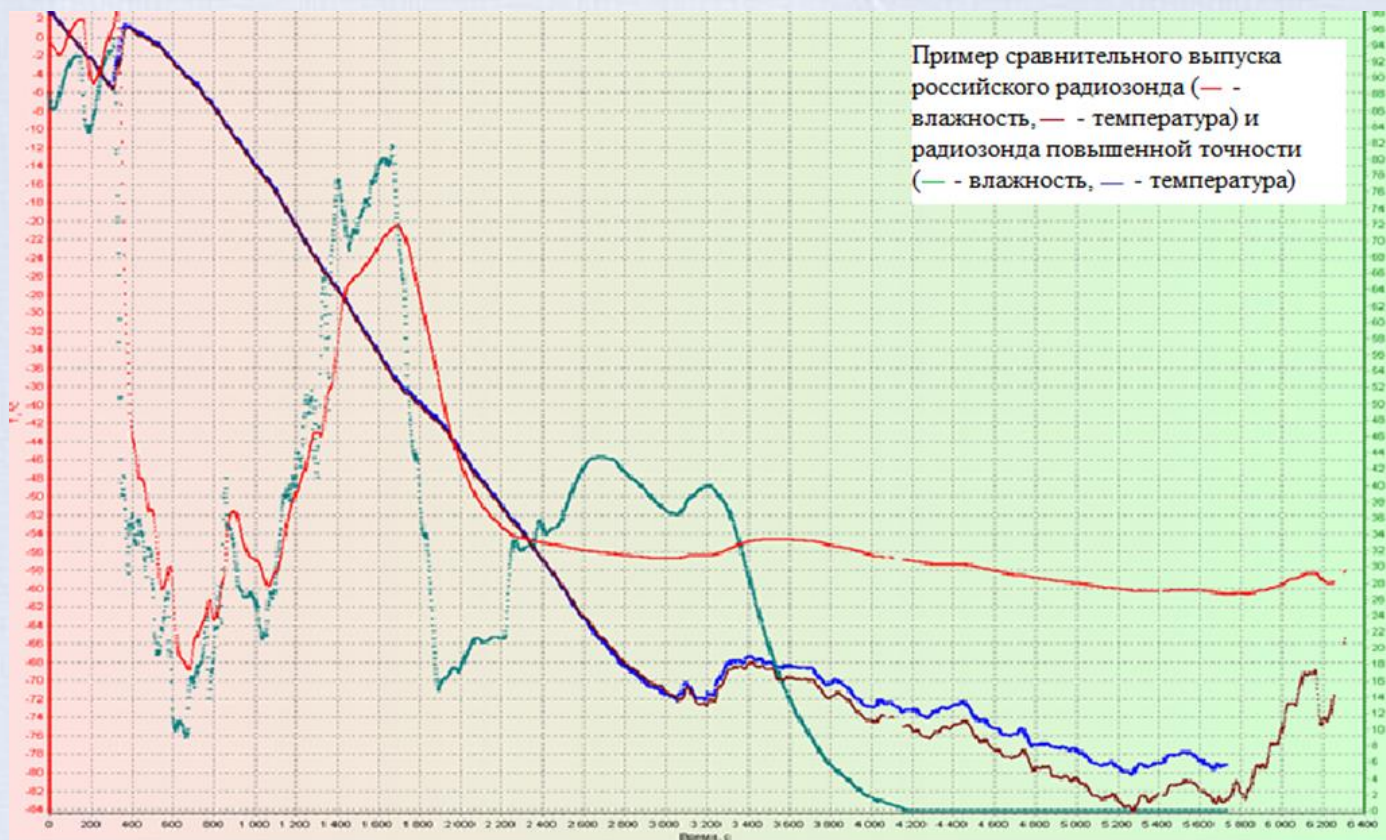
В соответствии с **новым Постановлением Правительства РФ от 2 июня 2026 г. № 683 (взамен №1847) «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений»** установлены метрологические требования к измерениям температуры и влажности при радиозондировании. Соответствие этим требованиям является основой для участия РФ в международном обмене аэрологическими данными. В нижней табл. приведены погрешности, записанные в сертификатах, выдаваемых Росстандартом. Они в 2-3 раза лучше, чем предельно допустимые по Постановлению 683.

Измеряемый параметр	МРЗ-3АК1	МРЗ-3МК	РЗМ-2	АК2-02м
Температура	$\pm 0,6 \text{ °C}$	$\pm 0,6 \text{ °C}$	$\pm 1,0 \text{ °C}$	$\pm 1,0 \text{ °C}$
Влажность	$\pm (\text{от } 5 \text{ до } 8) \text{ %}$	$\pm (\text{от } 5 \text{ до } 8) \text{ %}$	$\pm 10 \text{ %}$	$\pm 5 \text{ %}$



2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ СИСТЕМЫ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ

Однако, российские оперативные радиозонды не соответствуют требованиям по диапазону и точности измерений, имеют значительные дополнительные погрешности, радиационные, динамические, влияние осадков и т.п. Их реальные погрешности в 2-3 раза хуже установленных Постановлением №683 предельно допустимых погрешностей.



Результаты сравнительного выпуска оперативного радиозонда с радиозондом повышенной точности. Видно, что по Т (коричневое и синее) погрешность достигает 4°C, а по влажности (красное и зеленое) - 40% (при Т - 42°C). При Т ниже - 50°C влажность не измеряется.



2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ СИСТЕМЫ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ

Важным фактором ОЕАИ являются международные сравнения радиозондов ВМО. В 80-х гг. в ЦАО была создана эталонная база измерений влажности атмосферы, сертифицированная Росстандартом. В 1995–1997 гг. на основе этой уникальной лабораторной базы в ЦАО проводились первые Международные сравнения датчиков влажности радиозондов, организованные Росгидрометом под эгидой ВМО. Также ЦАО организовала и приняла участие в проведении 3-ей фазы Международных сравнений радиозондов ВМО (Джамбул, СССР, 1989г.), и в Полевой фазе Международных сравнений датчиков влажности радиозондов ВМО (о.Уоллопс, США, 1995гг.). Был разработан российско-финский радиозонд повышенной точности РФ95, организовано его производство и внедрение на 20 аэрологических станциях Росгидромета (общее число выпусков составило более 25 тысяч), что позволило поддержать работу сети радиозондирования РФ. В отчете по качеству данных мировой сети высотного зондирования атмосферы, опубликованном ВМО (январь 2004г.), указано, что качество данных радиозондирования при этом улучшилось в 2-3 раза.

По ряду причин российские системы радиозондирования не смогли принять участие в 4-х последних сравнениях ВМО, включая сравнения в Китае в 2010 г. и в Германии в 2022 г.



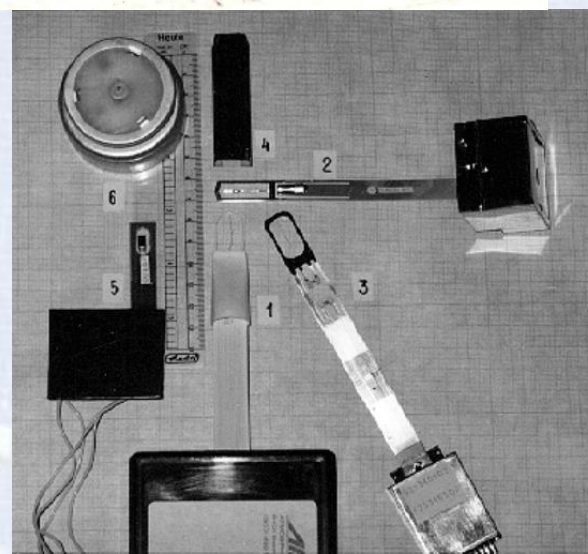
2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ СИСТЕМЫ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ



RS92-SGP Vaisala, Финляндия



Lockheed Martin Simipcan, Inc. (LMS), США



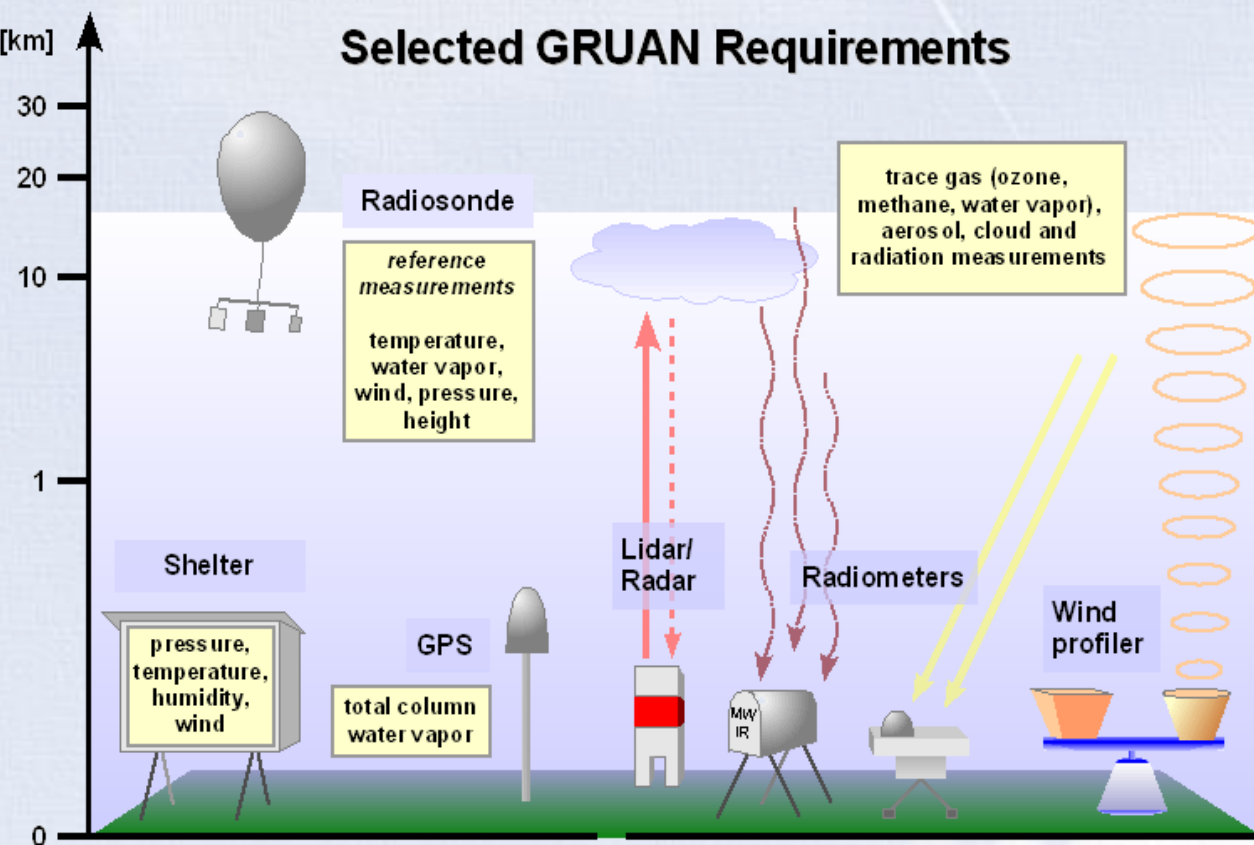


3. ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ МЕТОДОВ АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ



Одним из вариантов повышения качества аэрологических данных является разработка и применение новых методов проведения аэрологических измерений - спутниковые, дистанционные наземные, измерения с использованием беспилотных аппаратов. В международной сети радиозондирования высокой точности GRUAN, их сейчас в мире 17 станций, включены дистанционные СИ.

Здесь представлены требования к оборудованию головной станции ГРУАН в Линденберге. На сети ГРУАН должны устанавливаться различные дистанционные СИ. АЭ Долгопрудный в 2017г. включена кандидатом в сеть ГРУАН. К сожалению, пока не было выделено средств на применение образцовых радиозондов и дистанционных СИ..





3. ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ МЕТОДОВ АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ



Ветровой профилемер - содар. Даёт полный профиль ветра на разных высотах, что важно для расчёта распространения выбросов. Используется для контроля выбросов в промзонах и карьерах. Незаменим в случае ЧС. Это сложные системы, которые могут измерять ветер на больших высотах



Принцип работы содара основан на использовании акустических волн для измерения скорости и направления ветра в атмосфере. Они работают по принципу доплеровского эффекта: звуковые волны отражаются от неоднородностей в атмосфере, а затем анализируется их частотное изменение. Основные преимущества содаров - оперативность (непрерывные автоматизированные измерения) и низкая стоимость эксплуатации.



3. ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ МЕТОДОВ АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ



Температурные профилемеры (ТПМ) (одноканальные микроволновые) на ГНС Росгидромета уже применяются, как часть основных средств аэрологических наблюдений, что утверждено нормативными документами. До 2024 г. 22 пункта наблюдений были оснащены температурными профилемерами типа МТР-5 и МТП-5. Однако, такого небольшого количества профилемеров для большой территории РФ явно недостаточно. Эти приборы прошли циклы успешных сравнений как в РФ, так и в крупных метеорологических центрах других стран (США, Японии, Швейцарии). Как средства измерения температурного профиля пограничного слоя атмосферы, ТПМ утверждены и рекомендованы Центральной методической комиссией по прогнозам (ЦМКП) Росгидромета для использования на наблюдательной сети Росгидромета



3. ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ МЕТОДОВ АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ



Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в последние годы активно внедряются в аэрологические исследования. позволяют получать данные в труднодоступных районах и экстремальных условиях. БПЛА могут нести различные СИ параметров атмосферы – датчики температуры, влажности, давления, ветра, газоанализаторы, и т.п. Для метеобеспечения авиации БПЛА могут обеспечивать измерения турбулентности и ветровых сдвигов, контроль за обледенением и условиями видимости.

В 2022 году под эгидой ВМО в Японии (Цукуба) были проведены сравнения данных БПЛА с данными радиозондирования. Точность метеорологических данных, собранных БПЛА, в целом была сопоставима с точностью данных РЗ (температура: 0,11–0,26 К; относительная влажность: 0,85%–1,49%; скорость ветра: 0,27–0,57 м с⁻¹), и удовлетворяла требованиям ВМО для метода численного прогнозирования погоды с высоким разрешением.



4. НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ



Влияние реальных факторов работы систем аэрологических измерений на успешность ЧПП можно оценить путем генерации псевдослучайного шума на архивы данных с соответствующими характеристиками (смещение, среднеквадратическое отклонение и вертикальные корреляции). Использование полученных измененных архивов данных при расчете среднеквадратичной ошибки прогноза и сравнение с предыдущим прогнозом, полученным по исходным архивам данных, позволит оценить влияние на ЧПП вышеуказанных факторов. В результате могут быть получены оценки обоснования текущего количества и расположения АЭ Росгидромета, объема получаемых данных (2-х или 4-х разового зондирования), требований к минимально необходимой высоте аэрологического зондирования, требований к точности и непрерывности данных аэрологического зондирования для оперативных прогнозов погоды и для климатических наблюдений. На основании сформулированных и согласованных потребностей российских пользователей, кроме повышения качества данных, в дальнейшем могут быть сформулированы предложения по оптимизации работы аэрологической сети. Сформулированные предложения по конфигурации сети, количеству выпусков, необходимым погрешностям и высоте зондирования могут привести к достижению эффективной работы средств аэрологических измерений.



4. НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Сейчас важным фактором является оптимизация программы наблюдений сети радиозондирования. Исследованиями, проведенными в ЦАО в 70-х годах, было установлено, что, при определенных атмосферных условиях наблюдается малая изменчивость метеорологических параметров в атмосфере и относительно устойчивая атмосферная циркуляция. При этом возникает возможность осуществления регулируемого сокращения числа выпусков радиозондов на ряде аэрологических станций. Был сделан вывод — «в дальнейшем, когда выяснятся возможности спутникового и беспилотного зондирования, пропорции между этими видами измерений и радиозондированием в объеме получаемой информации за различные сроки будут уточнены». При этом, за счет регулируемого сокращения числа выпусков можно решить вопрос увеличения количества зондирования в районах активного воздушного движения до 4-х раз в сутки в европейской части России. Дополнительно наличие данных дистанционных и беспилотных измерений обеспечит реальный процесс оптимизации программы аэрологических наблюдений. Это особенно важно для сверхкраткосрочных прогнозов погоды в период ее резких изменений.



4. НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ



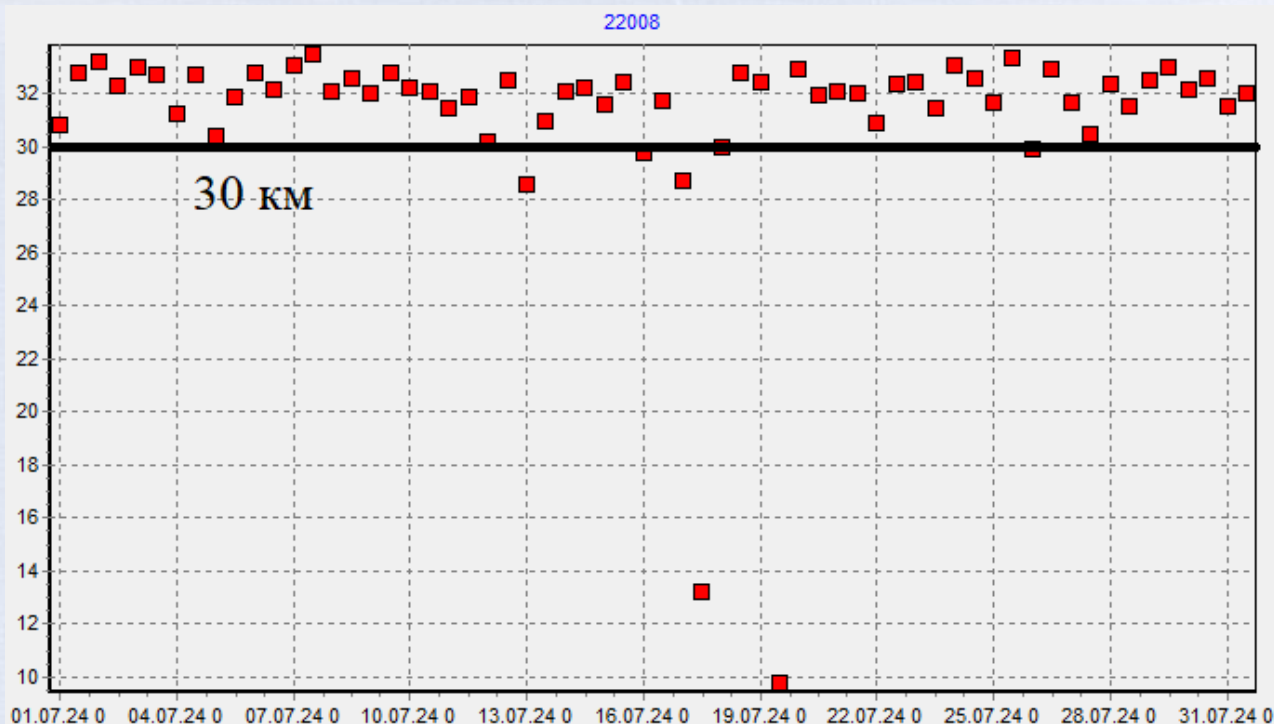
При реализации этих предложений планирование работы сети, закупка и обеспечение работы аэрологического оборудования, закупка расходных аэрологических материалов могут быть существенно оптимизированы. Так, например, только за счет оптимизации закупки и использования радиозондовых оболочек может быть сэкономлено более 30 млн.руб. Оценка возможной экономии на функционирование сети радиозондирования по результатам оптимизации составляет до 20% от общих затрат, что эквивалентно 100 млн.руб. в год.

При этом наиболее оптимальным вариантом является передача головной организации - ЦАО всех основных работ по обеспечению функционирования аэрологической сети Росгидромета, включая планирование работы сети, участие в закупке и обеспечении работы аэрологического оборудования, участие в закупке расходных аэрологических материалов, например, в форме экспертной оценки. Эти ключевые вопросы должны решать специалисты. Для эффективного применения сэкономленных средств необходимо их выделять ЦАО, например, в форме оплаты за методическое сопровождение, проведение испытаний и т.п., которые должны использоваться на развитие работ по дальнейшему совершенствованию системы радиозондирования и, в условиях постоянного сокращения финансирования, получить оптимальные результаты.



4. НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

При реализации этих предложений планирование работы сети, закупка и обеспечение работы аэрологического оборудования, закупка расходных аэрологических материалов могут быть существенно оптимизированы. Приведена высота зондирования на АЭ Мурманск в июле 2024г. 90% выпусков достигли уровня выше 30 км. Средняя высота 32 км. Стоимость оболочек 500 гр. 2600р. А можно было применять оболочки 350 гр. Высота 28 км, а стоимость 1500р. Только за счет оптимизации закупки правильных радиозондовых оболочек может быть сэкономлено более 30 млн.руб. в год.





4. НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

СЕРТИФИКАТ

ВЫДАН В СВЯЗИ С 85-ЛЕТИЕМ

Центральной аэрологической обсерватории

в том, что за 85 ЛЕТ своей работы она успешно выполняла одну из главных задач мет(ео)рологии – измерять, и при этом неукоснительно исполняла завет Третьей книги Моисея: «Не делайте неправды в суде, в мере, в весе и в измерении: да будут у вас весы верные, гири верные, ефа верная и гин верный» **БУЛАТ БАЛАГУР**

ПОВЕЛЕВАЕТСЯ: В СООТВЕТСТВИИ С УСТАВОМ МЕТ(ЕО)РОЛОГИИ СОЗДАННЫЕ В ЦАО И ПРИОБРЕТЕННЫЕ ДЛЯ РАБОТЫ МЕРЫ "БЛЮСТИ БЕЗ ПАКОСТИ, НИ УМАЛИВАТИ, НИ УМНОЖИВАТИ И НА ВСЯКИЙ ГОД ВЗВЕШИВАТИ" ПЕТР I

8 СЕНТЯБРЯ
2026

Х

1

Наука России



ПОДПИСАНО, главный мет(ео)ролог мет(ео)рологической службы



4. НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ



Одним из ключевых вопросов повышения качества аэрологических данных является обеспечение необходимых диапазонов и точности измерений системы радиозондирования в соответствии с нормативными документами. В условиях импортозамещения для этого необходимо разработать и обеспечить производство в России современных высокоточных датчиков температуры и влажности для радиозондов, соответствующих лучшим мировым образцам. При этом следующим этапом должно стать возобновление производства в Росгидромете радиозондов повышенной точности с использованием таких датчиков. На основе этих работ решить вопрос о возложении на ЦАО (как вариант – созданного Центра сертификации и испытаний), в пределах ее компетенции, прав и обязанностей по государственному регулированию обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях так, как это сделано в Росатоме и Минобороны. ОЕАИ является для деятельности Росгидромета стратегическим фактором, поскольку качество и своевременность получения данных о состоянии тропосферы и нижней стратосферы, является обязательным условием получения надежной информации о состоянии окружающей среды, высокой оправдываемости прогнозов погоды, снижения рисков угрозы жизни населения, ущерба экономике страны от опасных гидрометеорологических явлений, рисков возможного причинения ущерба правам, законным интересам, здоровью граждан, обороне и безопасности государства.

Спасибо за внимание!