

XIV Всероссийская открытая научная конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»

ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ МИКРОВОЛНОВЫХ ЗОНДИРОВЩИКОВ

Караваев Д.М., Кулешов Ю.В., Лебедев А.Б., Щукин Г.Г.

ВКА имени А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург

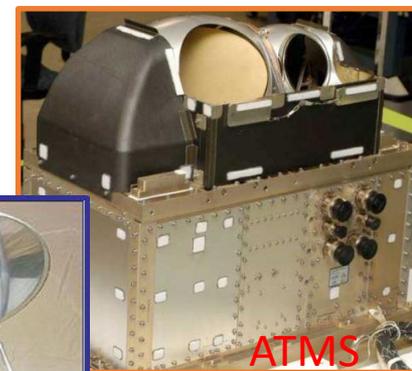
ИКИ РАН, Москва, 14-18 ноября 2016 г.

Спутниковые микроволновые радиометры

Радиометр	Спутник	Агентство	Период
ATMS	JPSS1-3, SNPP	NOAA,NASA	2011 -> 2038
AMSU-A	NOAA15-19, Metop-A,-B,-C	NOAA	2006 -> 2024
MHS	NOAA 18,19, Metop-A,-B,-C	NOAA	2005 -> 2021
SSMIS/ SSMI	DSMP F15-F20/ F08-F15	DoD, NOAA	1987 -> 2025
MTVZA-GY	Meteor-M №2	Роскосмос, Росгидромет	2014 -> 2019
MWTS	Feng-Yun-3	CMA, NRSCC	2008 -> 2015
MWHS-2	Feng-Yun-3	CMA, NRSCC	2013 -> 2024
AMSU-B	NOAA 15-17	UKSA	1998 -> 2016
SAPHIR	Megha-Tropiques	ISRO, CNES	2011 -> 2016
GMI	GPM Core observatory	NASA, JAXA, NOAA	2014 -> 2017
AMSR-2	GCOM-W1	JAXA	2012 -> 2017
WindSat	Coriolis	DoD, NASA	2003 -> 2015
MIRAS	SMOS	CNES, ESA	2009 -> 2017

Перспективные проекты

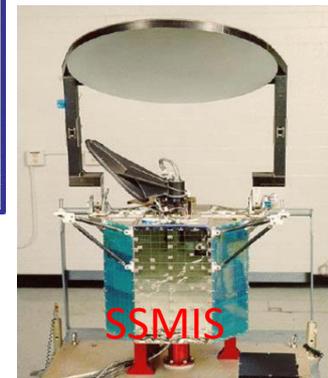
MIS	DMSP	DoD	≥2021
MWS	Metop-SG	Eumetsat, ESA	2021 -> 2042
MWI	Metop-SG	Eumetsat, ESA	2022 -> 2043
MTVZA-MP	Meteor-M	Roscosmos	2020 -> 2030
GeoSTAR	PATH	NASA	≥ 2016



ATMS



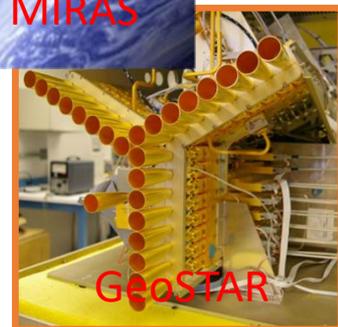
MTVZA-GY



SSMIS



MIRAS



GeoSTAR

Роль спутниковой микроволновой радиометрии в задачах прогноза

Использование спутникового зондирования в микроволновом диапазоне

- Определение параметров атмосферы (температура, влажность воздуха, приводный ветер, интегральные характеристики влагосодержания, осадки...);
- Определение характеристик поверхности (температура поверхности, характеристики снежных и ледовых покровов, влажностные характеристики почвогрунтов,...).

Перспективы методов комплексного зондирования

- Температурно-влажностное зондирование атмосферы
 - методы микроволновой радиометрии (ATMS, SSMIS, MTVZA,)
 - методы ИК-Фурье спектроскопии (CrIS, AIRS, IASI, ИКФС-2,)
 - методы лидарного зондирования

Бобровников С.М., Матвиенко Г.Г., Романовский О.А., Сериков И.Б., Суханов А.Я. Лидарный спектроскопический газоанализ атмосферы. Томск:- Изд.ИОА СО РАН, 2014.-581с.

- Зондирование осадков
 - радиолокационное зондирование (CloudSat,)
 - пассивно-активное зондирование (GPM, TRMM,)

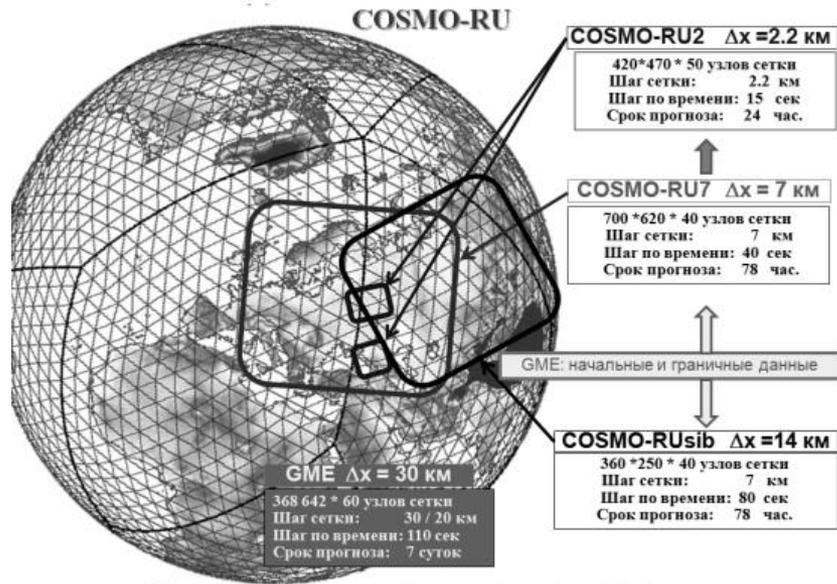
- Температурное зондирование поверхности суши и океана
 - методы микроволновой радиометрии (WindSat, AMSR-2, MTVZA,...)
 - методы комплексного анализа СВЧ- ИК радиометрических данных

Образцов С.П., Щукин Г.Г. 2004. Восстановление параметров атмосферы и по данным спутниковых наблюдений в видимом, ИК и СВЧ-диапазонах электромагнитного спектра длин волн. Прикладная метеорология 5 (553). с.65-98.

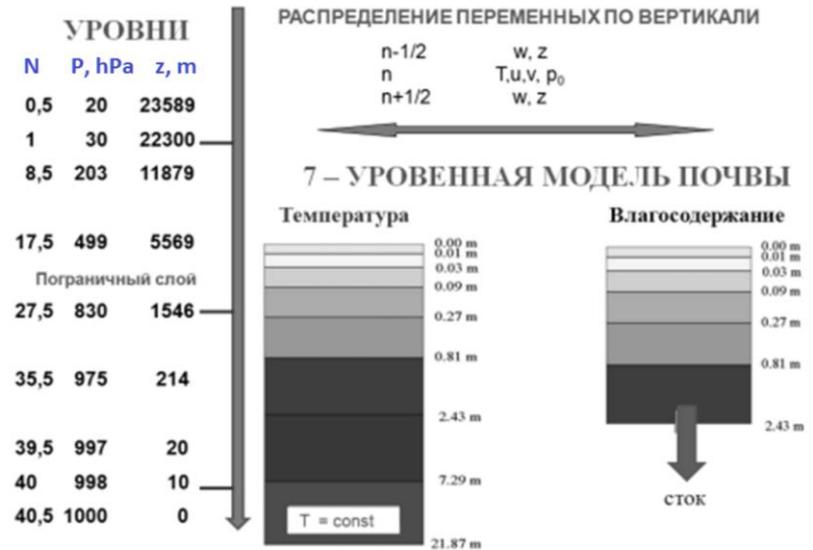
«.....Данные КА Metop-A вносят наибольший вклад в численные прогнозы погоды, составляя почти 40% вклада всех спутниковых наблюдений (более, чем КА серии NOAA благодаря наличию аппаратуры IASI и ASCAT). По данным MetOffice и ЕЦСПП, исключение данных Metop-A из прогностических схем дает ухудшение точности прогноза на 8-12%.....»

В. В. Асмус, В. А. Кровотынцев, Л. А. Макриденко, О. Е. Милехин, А. Н. Рублев, В. И. Соловьев, А. Б. Успенский, А. В. Фролов, М. Н. Хайлов. 2016. Спутники серий «Метеор-М», «Канопус-В» и их использование для оперативного гидрометеорологического обеспечения и мониторинга окружающей среды. Четвертая международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования Земли», 19 апреля, 2016 г., АО «Корпорация ВНИИЭМ».

Гидродинамические прогнозы на базе модели COSMO



Пространственные характеристики реализаций гидродинамических прогнозов на базе мезомасштабной негидростатической модели COSMO



Вертикальная структура модели COSMO-RU07

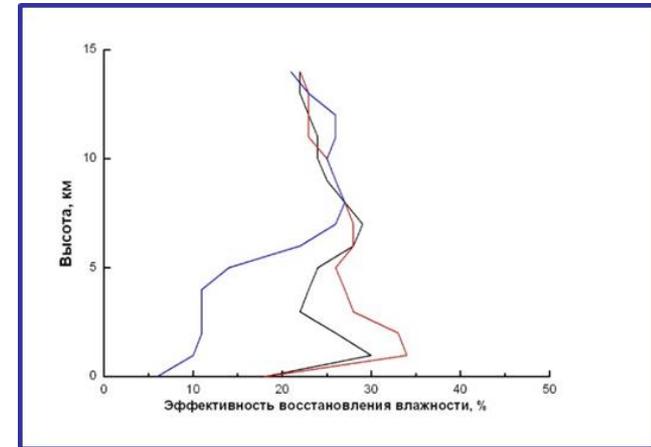
Ривин Г.С., Розинкина И.А., Багров А.Н., Блинов Д.В. Мезомасштабная модель COSMO-RU07 и результаты ее оперативных испытаний // Информационный сборник №39. – М., Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2012. – С. 15-42.

Информационные продукты спутниковых микроволновых радиометров

	ATMS	MIS	SSMIS	MTVZA-GY	GMI	AMSR-2
Частота, ГГц	- - - 23.8(V) 31.40(V) 50.3-57.290(H) - 88.2 (V) 165.5 (V) 183.3 ±1;3;7(H) 183.3 ±1.8;4.5(H)	6,3-7,2 (full) 10,6 (full) 18,7 (V,H) 23,8 (V,H) 36,5 (full) 50,3-60,5 (V) - 89,3 (V,H) 165(H) 183,3 ±1; 3;7 (H) -	- - 19.35 (V,H) 22.235 (V) 37.0 (V,H) 50.3-59.4 (H,rC) 60.79-63.28 (rC) 91.65 (V,H) 150 (H) 183.3 ±1;3;6.6(H) -	- 10.6 (V,H) 18.7 (V,H) 23.8 (V) 31.5;36.7;42;48(V,H) 52.8-57.290 (V) - 91.65 (V,H) - 183.3 ±1; 3;7(V) -	- 10.65 (V,H) 18.7(V,H) 23.8(V) 36.5(V,H) - - 89(V,H) 166 (V,H) 183.3 ± 3;7(V) -	6.93(V,H) 10.65 (V,H) 18.7(V,H) 23.8(V,H) 36.5(V,H) - - 89(V,H) - - -
Количество каналов	22	41	24	29	13	12
Полоса обзора, км	2200	1700	1700	1500	850	1450
Сканирование	линейное	коническое	коническое	коническое	коническое	коническое
Разрешение, км*км	16*16-75*75	46*82-8*15	42*70 – 13*15	89*199 – 9*21	19*32- 4.4*7.2	74*43 – 6*4

Информационные продукты:

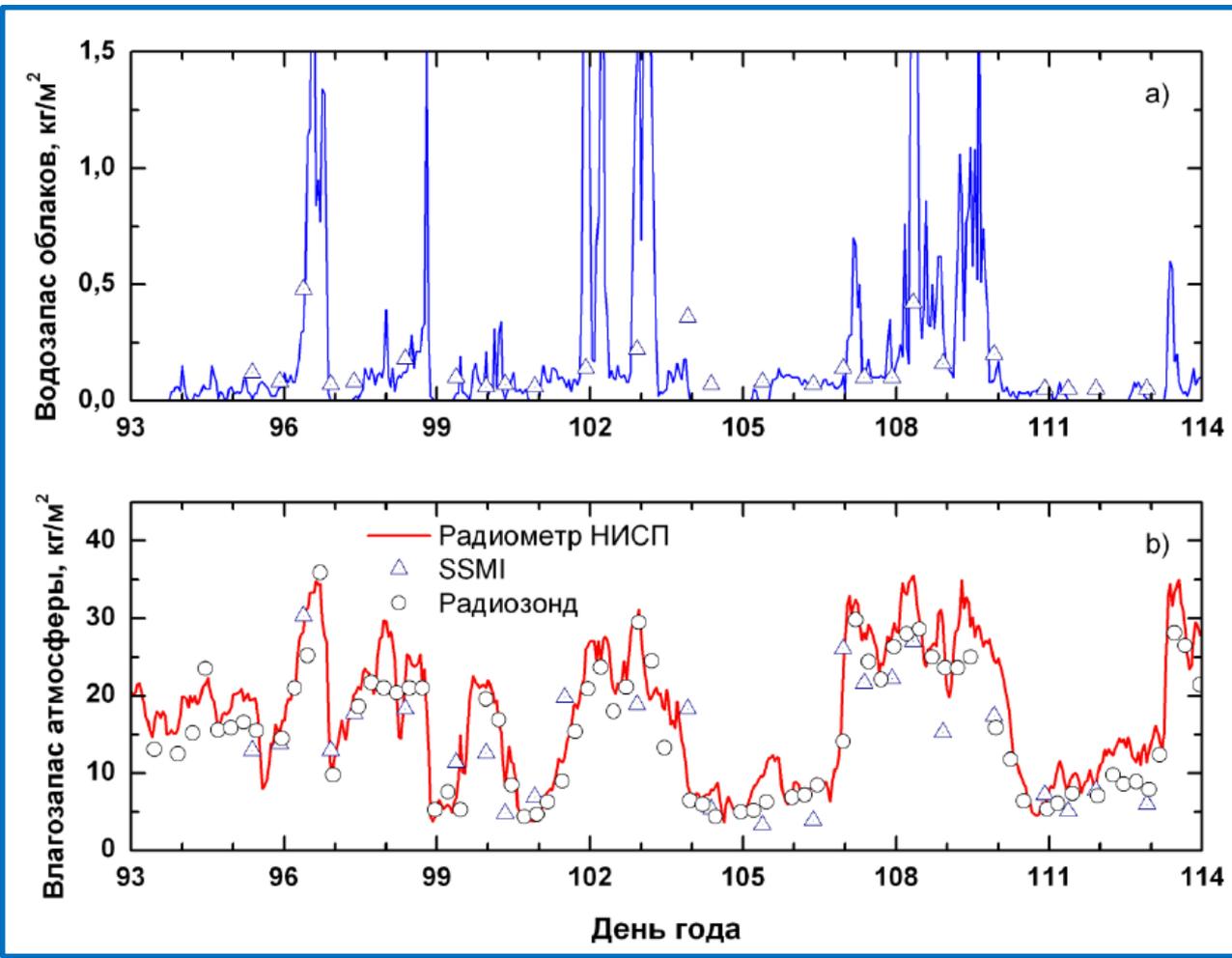
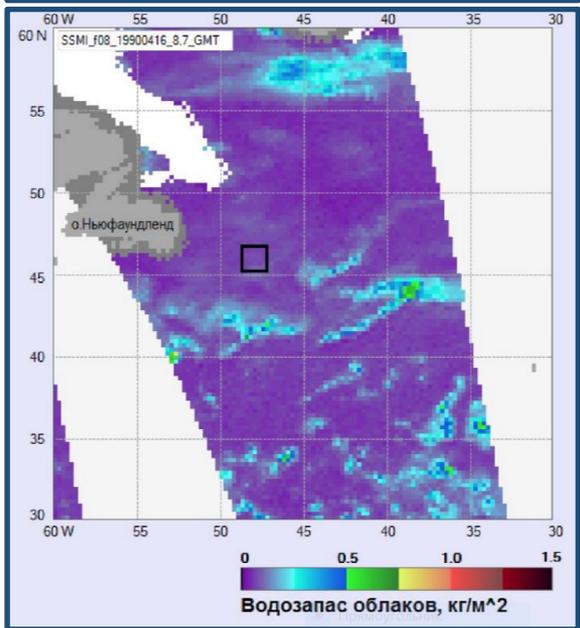
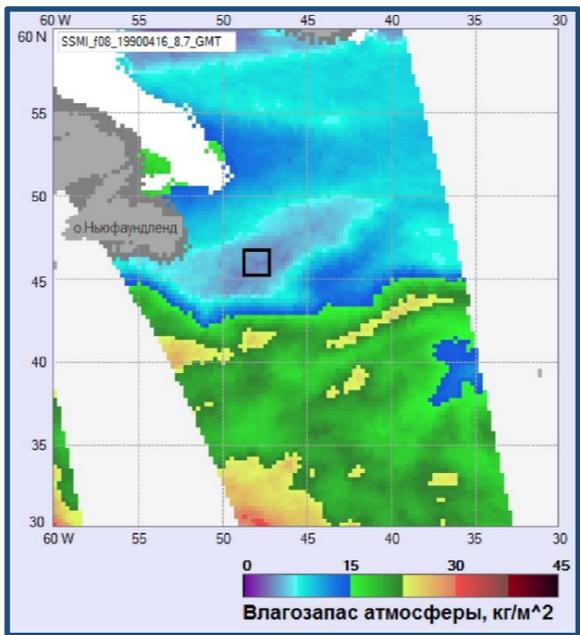
- Профили температуры атмосферы;
- Профили влажности атмосферы;
- Влагозапас атмосферы и водозапас облаков над океаном;
- Скорость приводного ветра;
- Температура поверхности океана;
- Интенсивность осадков;
- Водный эквивалент снежного покрова;
- Концентрация ледяного покрова водной поверхности;
- Льдозапас облаков;
- Калиброванные радиояркостные температуры; и др.



Образцов С.П., Шукин Г.Г., Определение температурно-влажностных характеристик атмосферы и подстилающей поверхности по данным спутниковых СВЧ-радиометрических измерений // Метеорология. Ученые Записки. 2006, №3. - С.28-45.

Эффективность восстановления (в %) влажности воздуха на частотах MTVZA для различных условий над сушей, б/о (черный); над морем, б/о (красный); над сушей, облачность в слое 1-6км (синий). Погрешность измерений $dT_y = 0.5K$.

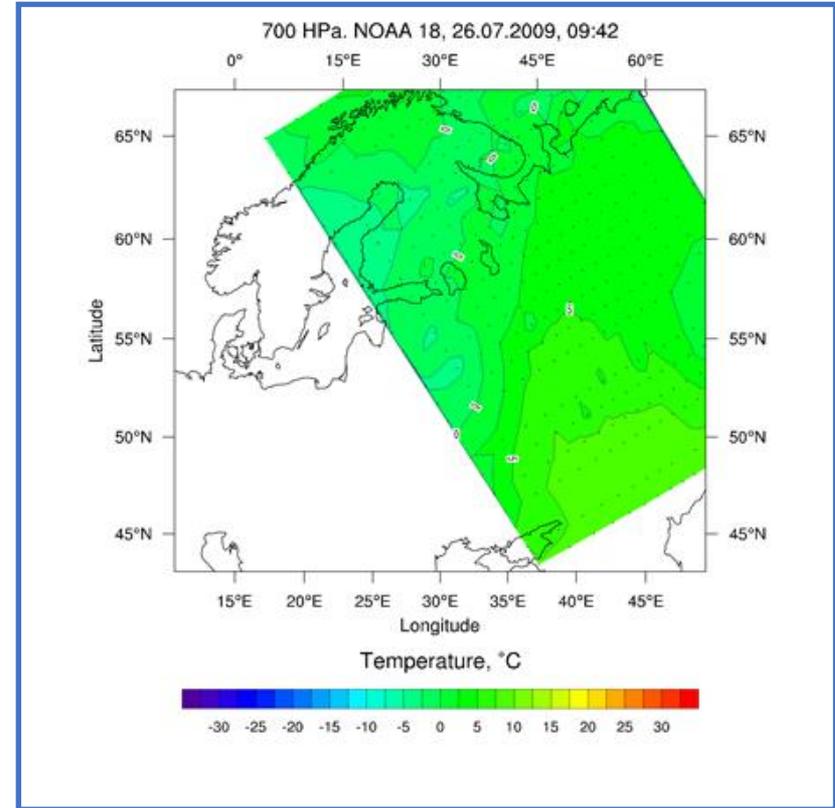
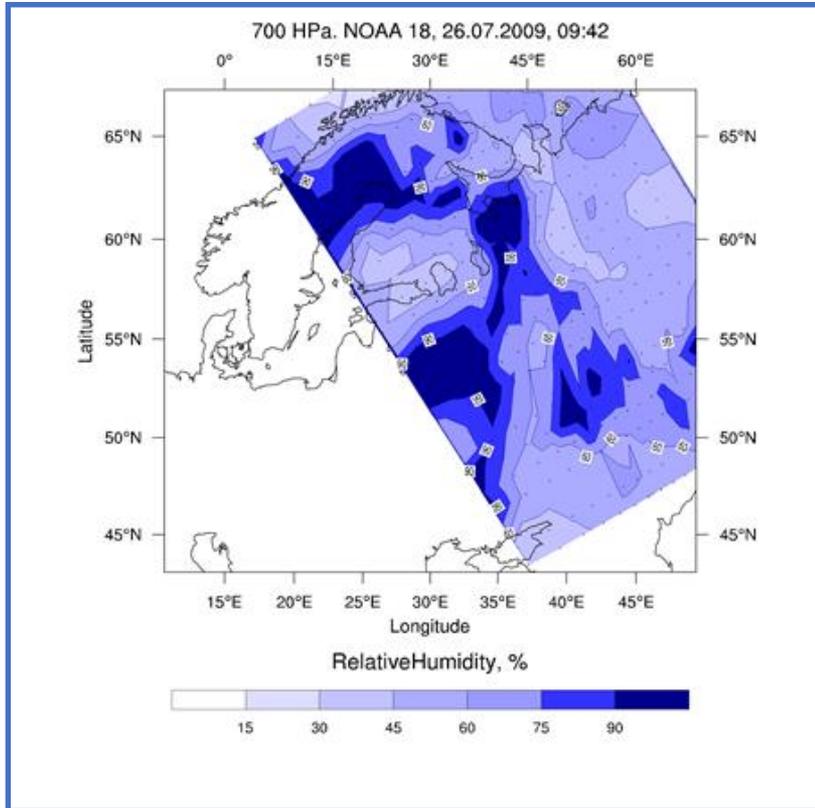
Влагозапас атмосферы водозапас облаков над океаном



Влагозапас атмосферы и водозапас облаков по данным судового микроволнового радиометра и данным SSMI DSMP (www.remms.com), СКО (радиометр НИСП-радиозонд) ~2 кг/м².

Караваяев Д.М., Кулешов Ю.В., Щукин Г.Г., Успенский А.Б. Валидация информационных продуктов спутниковых радиометров микроволнового диапазона // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т.11, №3. – С.259-267.

Сравнительные эксперименты: ATOVS - радиозондирование



Результаты восстановления профилей температуры и влажности воздуха по данным ATOVS
(HIRS/4 (3,759-14,959 мкм, 19 кан.; Vis-1 кан.), AMSU-A (23.8-89 ГГц, 15 кан.), MHS (89-190,3ГГц, 5кан.))

Регион	Температура, К	Влажность, г/кг	Выборка
Северо-Запад, 2008-2009	2.0 (300-850 гПа) <4.6 (850-1000 гПа)	0.2-0.6 (300-850 гПа) <2.9 (850-1000гПа)	3000
Западная Сибирь, 2011-2012	2.0 (300-850 гПа) <4.9 (850-1000 гПа)	0.5 (300-850 гПа) <1.7 (850-1000гПа)	953

Современные проблемы и перспективы развития

Перспективные направления исследований в области спутниковой микроволновой радиометрии:

- разработка и создание образцов мультиспектральных (гиперспектральных) микроволновых радиометров с улучшенными тактико-техническими характеристиками;
- совершенствование метрологического обеспечения микроволновых измерений и создание эталонной базы в микроволновом диапазоне;
- уточнение моделей формирования микроволнового излучения системы «атмосфера-подстилающая поверхность» с учетом эффектов рассеяния и поляризации;
- развитие методических вопросов и алгоритмов тематической обработки спутниковых данных, целевого использования оперативной спутниковой информации;
- создание комплексов приема, обработки, распространения и усвоения спутниковой информации;
- развитие методик и инструментов оперативной оценки качества информации спутниковых микроволновых сканеров, зондировщиков;
- создание подсистемы калибровки-валидации информационных продуктов спутниковых микроволновых радиометров по параметрам атмосферы и поверхности.

Проблема валидации спутниковой информации

В России отсутствует постоянно-действующая система калибровки-валидации информационных продуктов спутниковых микроволновых зондировщиков.

Подтверждение достоверности спутниковых данных, оценка качества информационных продуктов микроволновых сканеров, зондировщиков на постоянно действующей основе – актуальная проблема, ее решение определит эффективность целевого использования спутниковой информации в ВС РФ.

Создаваемая на базе наблюдательной системы Росгидромета, полигонов ААНИИ, СПбГУ, ГГИ, ИФА РАН, ИЛ СО РАН и других организаций система калибровки и валидации должна развиваться.

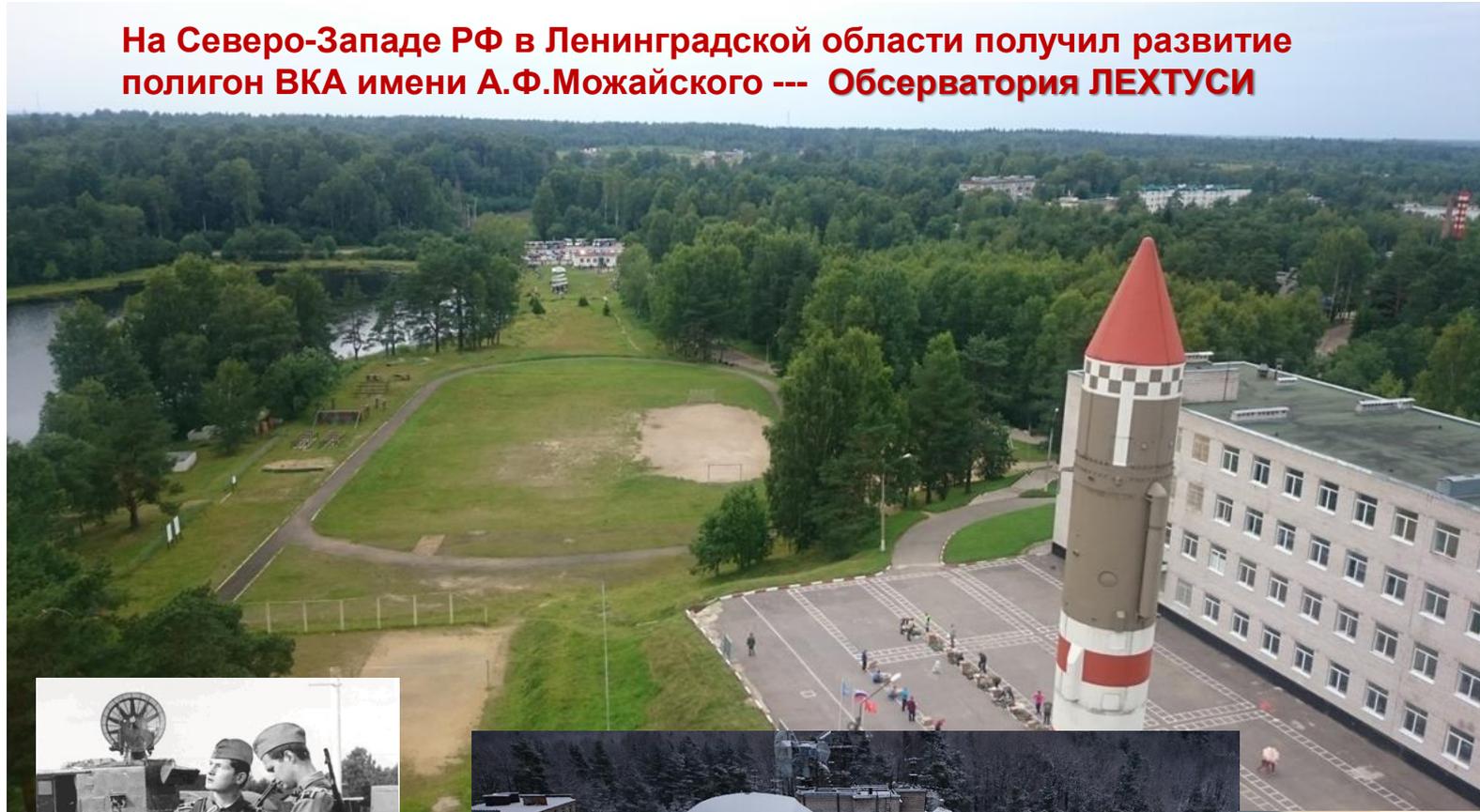
Подсистема калибровки и валидации спутниковых данных:

- наземные тестовые полигоны в различных регионах РФ, оснащенные измерительной аппаратурой мониторинга состояния атмосферы и поверхности
- сравнительные эксперименты с применением зарубежных аналогов целевой аппаратуры (интеркалибровка)
- подспутниковые эксперименты над океаном и над сушей (с применением самолетов, судов погоды)
- программы валидации на основе наблюдательной системы (аэрологическое зондирование, радиолокационное, наземные наблюдения), а также данных объективного анализа метеополей, климатологических исследований
- и др.

Необходимо организовать оперативно-методический Центр МО РФ по использованию спутниковой информации для повышения эффективности обеспечения ВС РФ

Полигон ВКА имени А.Ф.Можайского и его развитие

На Северо-Западе РФ в Ленинградской области получил развитие полигон ВКА имени А.Ф.Можайского --- Обсерватория ЛЕХТУСИ



Актинометрические измерения (1983 г.)

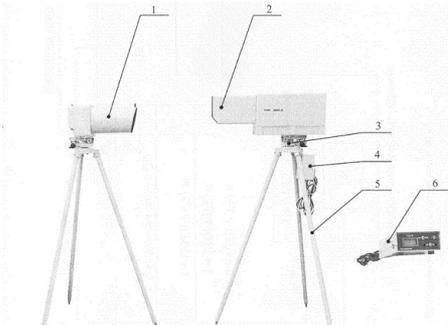
МРЛ-5, занятия в учебном корпусе(2013 г.)

Средства метеорологических измерений

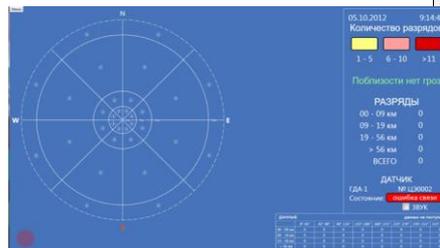


Метеорологическая площадка № 2 на крыше учебного корпуса

ИКО-1



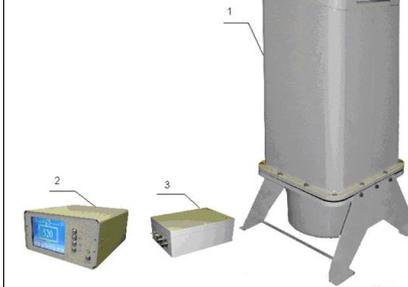
Измеритель дальности видимости ФИ-3



Грозоуловитель ГДА1



Измеритель высоты облачности ЛИНГОМ2



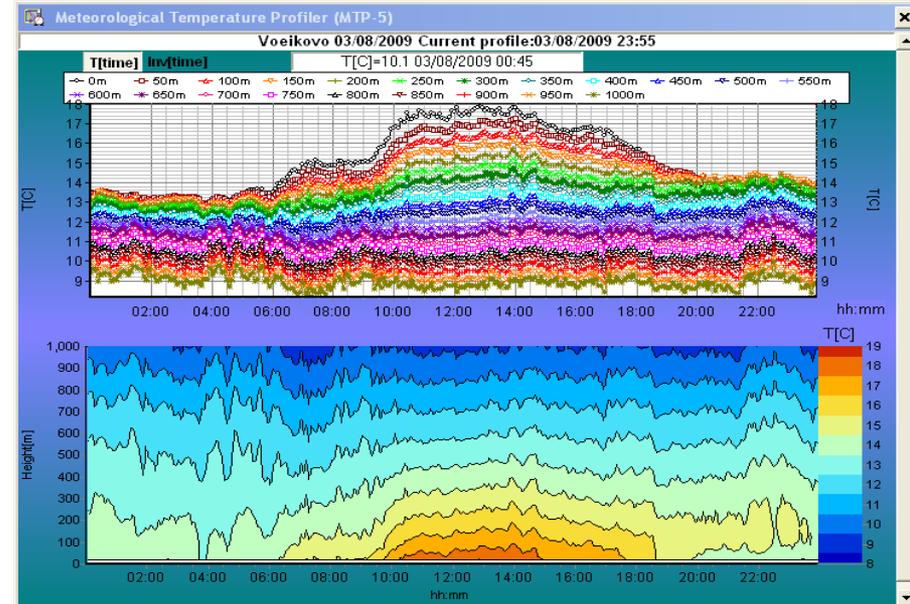
Микроволновые радиометры в подсистеме аэрологического зондирования

Задачи наземных микроволновых радиометров:

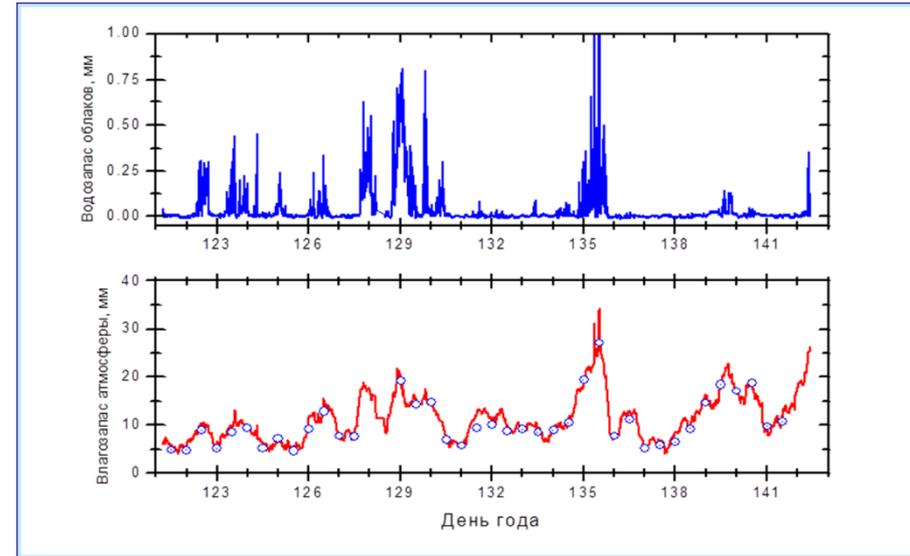
- Определение влагозапаса атмосферы и водозапаса облаков
- Определение профилей температуры и влажности в тропосфере
- Определение профилей температуры пограничного слоя атмосферы
- Определение средней водности облаков, интенсивности осадков, профилей водности конвективных облаков (совместно с радиолокационной информацией).

Степаненко В.Д., Шукин Г.Г., Бобылев В.П., Матросов С.Ю.
Радиотеплолокация в метеорологии. Л:Гидрометеиздат. 1987. 283с.

	Параметр	Значение
1	Температура	0.5K (0-1км)
	Погрешность	1.5K (1-5км) 2.0K (5-10 км)
	Разрешение	0.05 м (0-1км) 500м (1-5км) 1000м (5-10 км)
	2	Влажность
	Погрешность	250м (0-1км) 500м (1-5км) 1000м (5-10 км)
	Разрешение	



Суточный ход температуры пограничного слоя атмосферы по данным МТП5 в Ленинградской области

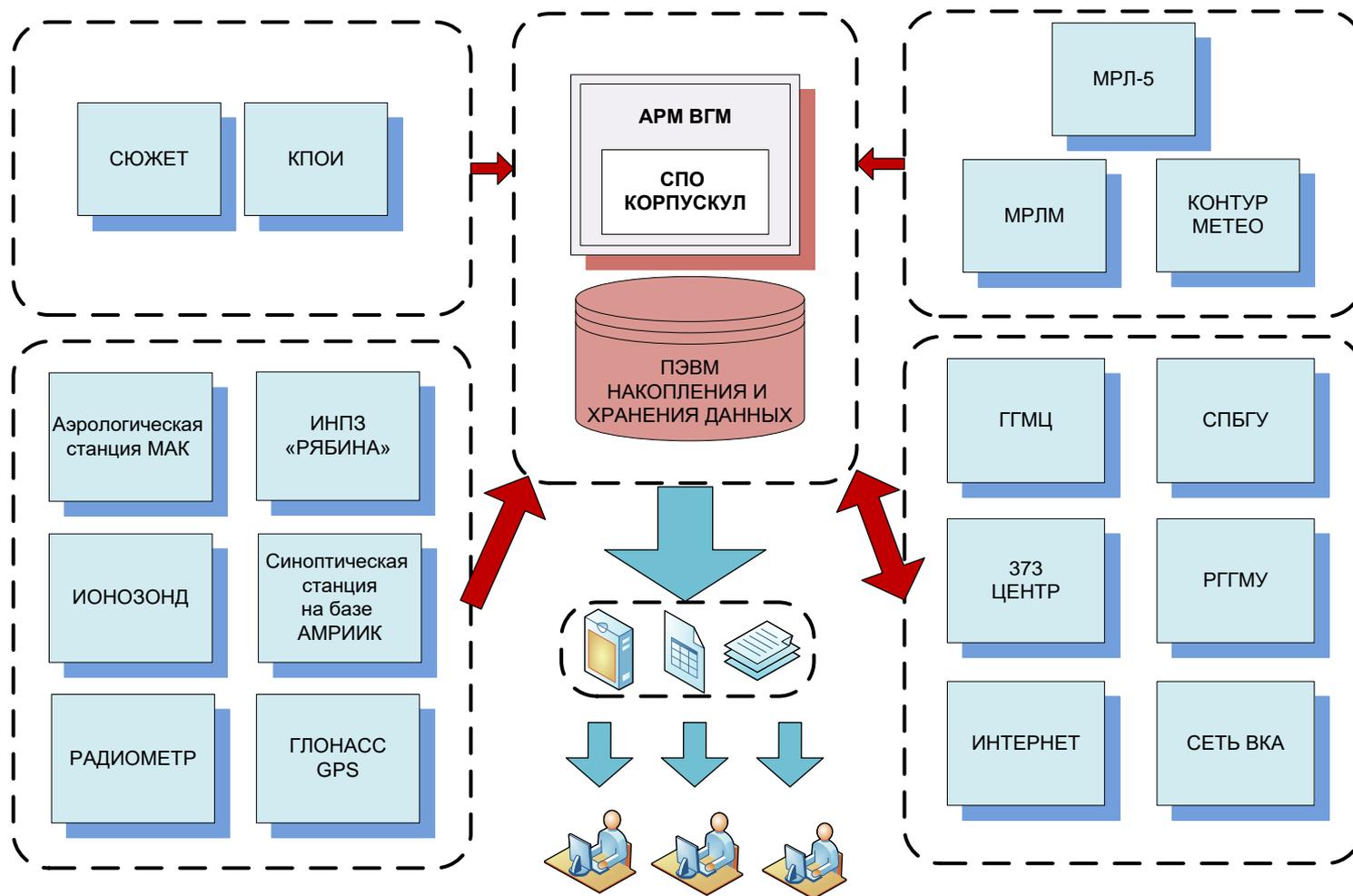


Влагозапас атмосферы и водозапас облаков по данным радиометра 22/36 ГГц в Ленинградской области. СКО (радиометр-радиозонд) составляет около 1 кг/м²

Известны микроволновые радиометры температурного и влажностного зондирования атмосферы:

- МР3000А (Radiometrics corp., США),
- HATPRO (Radiometer-Physics, Германия),
- Микрорадком (ЦАО, Россия),
- Прецизионный радиометр влажностного зондирования (СКБ ИРЭ РАН, Россия)

Методический центр и его структура



Структурная схема методического центра по проблеме использования спутниковых данных на базе ВКА имени А.Ф. Можайского

Задачи полигона

- **Методическое обеспечение испытаний** новых технологий и средств гидрометеорологического обеспечения ВС РФ
- **Подготовка специалистов**
- **Научные исследования:**
 - Валидация спутниковой информации;
 - Разработка технологий гидрометеорологического прогнозирования;
 - Разработка методов обработки радиолокационной информации;
 - Атмосферно-электрические исследования;
 - Ионосферные исследования;
 - Развитие методов микроволновой и ИК радиометрии атмосферы;
 - Развитие методов лидарного зондирования;
 - Развитие методов обработки спутниковых данных;
 - Исследования в области распространения радиоволн;
 - Комплексные экспериментальные исследования атмосферы;
 - Метеорологические исследования в экологии.

Щукин Г.Г., Кулешов Ю.В., Готюр И.А., Гончаров И.В., Караваев Д.М., Жуков В.Ю., Чернышов С.В. Метеорологический полигон ВКА имени А.Ф. Можайского и его развитие // Материалы IV Всероссийской научной конференции «Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды». 2016. С. 158-163.

Актуальность создания группировки МКА

Перспективные задачи:

- исследование условий зарождения тропических циклонов, тайфунов с целью разработки технологий раннего предупреждения
- мониторинг и прогноз опасных гидрометеорологических явлений (ливневых осадков, гроз и др.), стихийных бедствий
- Совершенствование оперативного гидрометеорологического обеспечения региональных потребителей

Необходимы новые научные исследования

с целью развития технологии получения и использования информации КС МКА гидрометеорологического и океанографического назначения:

- обосновать облик перспективного МКА, состав целевой аппаратуры бортового специального комплекса, требования с учетом опыта создания МТВЗА-ГЯ и аппаратуры КА Метеор-М, Канопус-В, Канопус-СТ и др.
- продолжить теоретические и методические исследования, направленные на реализацию и апробацию алгоритмов решения задач, целевого использования информации
- интенсифицировать экспериментальные исследования, направленные на проведение подспутниковых экспериментов с применением различных средств наземных, самолетных и судовых наблюдений системы «атмосфера-поверхность»

ВКА имени А.Ф.Можайского поддерживает подобные исследования и готова к участию в работах. Для этого есть научный задел, опыт специалистов, налажено оперативное взаимодействие с различными организациями МО РФ

Заключение

1. Рассмотрены состояние и перспективы развития спутниковой микроволновой радиометрии для решения актуальных задач гидрометеорологического обеспечения ВС РФ. Теоретические исследования возможностей спутникового зондирования системы «атмосфера-подстилающая поверхность» в микроволновом диапазоне частот подтверждаются в ряде экспериментов. Информационные возможности МТВЗА-ГЯ соответствуют зарубежным аналогам (AMSU-A,-B, SSMIS)
2. Получил развитие специализированный гидрометеорологический полигон (Обсерватория) ВКА имени А.Ф. Можайского, как информационно-методический центр по испытанию измерительных комплексов гидрометеорологического назначения, обеспечению учебного процесса подготовки специалистов МО РФ, валидации спутниковой информации, решению различных прикладных задач метеорологии
3. Сформулированы предложения по организации дополнительных научных исследований, связанных с созданием отечественной группировки МКА гидрометеорологического и океанографического специального назначения. ВКА имени А.Ф. Можайского поддерживает развитие спутниковой микроволновой радиометрии, готова к обсуждению перспективных проектов и участию в их реализации

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ